

M O N O G R A F I E

# Lufttechnische Maßnahmen bei Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen

[www.bgfe.de](http://www.bgfe.de)



**BGFE**

Berufsgenossenschaft  
der Feinmechanik  
und Elektrotechnik



Herausgeber:

**Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik**

Gustav-Heinemann-Ufer 130, 50968 Köln

Alle Rechte vorbehalten.

1. Auflage 2005

# **LUFTECHNISCHE MASSNAHMEN BEI TÄTIGKEITEN MIT KÜHLSCHMIERSTOFFEN**

Autoren:  
Dipl.-Ing. Peter Bannert  
Dipl.-Ing. Peter E. Michels



# INHALT

---

<b>Einleitung</b> .....	4
<b>Gefahrstoff „Kühlschmierstoff“</b> .....	5
<b>Untersuchungsprojekt „Kühlschmierstoffe“</b> .....	6
● Aufgabenstellung .....	6
● Durchführung .....	6
● Messungen in der Luft an Arbeitsplätzen .....	6
● Messungen in Rohrleitungen lufttechnischer Einrichtungen .....	7
● Ergebnisse der Untersuchungen .....	9
<b>Maßnahmen zum Stand der Technik</b> .....	18
● Primärmaßnahmen .....	18
● Technische Maßnahmen .....	18
● Organisatorische Maßnahmen .....	20
<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	21
<b>Anhang</b>	
● Übersicht der Untersuchungsergebnisse in den Rohrleitungen der lufttechnischen Anlagen und an den Arbeitsplätzen .....	22
● Literaturhinweise .....	23

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, Gewindschneiden 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.

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 technische Maßnahmen erforderlich. Die KSS-Emissionen werden im Idealfall an der Entstehungsstelle erfasst und gefahrlos fortgeleitet. Mit Inkrafttreten der neuen Gefahrstoffverordnung am 01.01.2005 ist der Luftgrenzwert für KSS von  $10 \text{ mg/m}^3$  nicht mehr gültig. Zur Bewertung des Stands der Technik wird jedoch in der Praxis empfohlen diesen Luftgrenzwert weiterhin anzuwenden.

Bei der in der Praxis aus energetischen Gründen häufig angewandten Reinfluftrückführung, d. h. dem Zurückleiten der abgesaugten belasteten Luft über einen Abscheider in den Arbeitsbereich, zeigt sich das derzeit hauptsächlichste technische Problem.

Die zurzeit eingesetzte Abscheidetechnik ist nicht in der Lage KSS-Dämpfe abzuscheiden. Bei der Reinfluftrückführung 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 Raumlufotechnische 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 BGFE 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/BIA-Empfehlung führte die BGFE systematische Untersuchungen in ausgewählten Betrieben durch, um technische Maßnahmen beschreiben zu können, die den Stand der Technik darstellen.

## GEFAHRSTOFF „KÜHLSCHMIERSTOFF“

KSS sind in der Regel sehr komplexe Zubereitungen. Hauterkrankungen gehören zu den häufigsten Erkrankungen. Das Einatmen von KSS-Aerosolen und -Dämpfen kann zu Gesundheitsschäden führen.

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

Der damalige Luftgrenzwert für KSS, der weiterhin den Stand der Technik beschreibt, bezog sich auf die Summe aus KSS-Dampf und -Aerosol. Dieser war in der TRGS 900 mit  $10 \text{ mg/m}^3$  festgelegt. Er galt für wassermischbare und nichtwassermischbare KSS mit einem Flammpunkt  $> 100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Umfangreiche Untersuchungen zeigten, dass die KSS-Konzentrationen in der Luft an Arbeitsplätzen im Wesentlichen durch den Dampfanteil bestimmt werden (Abb.1).

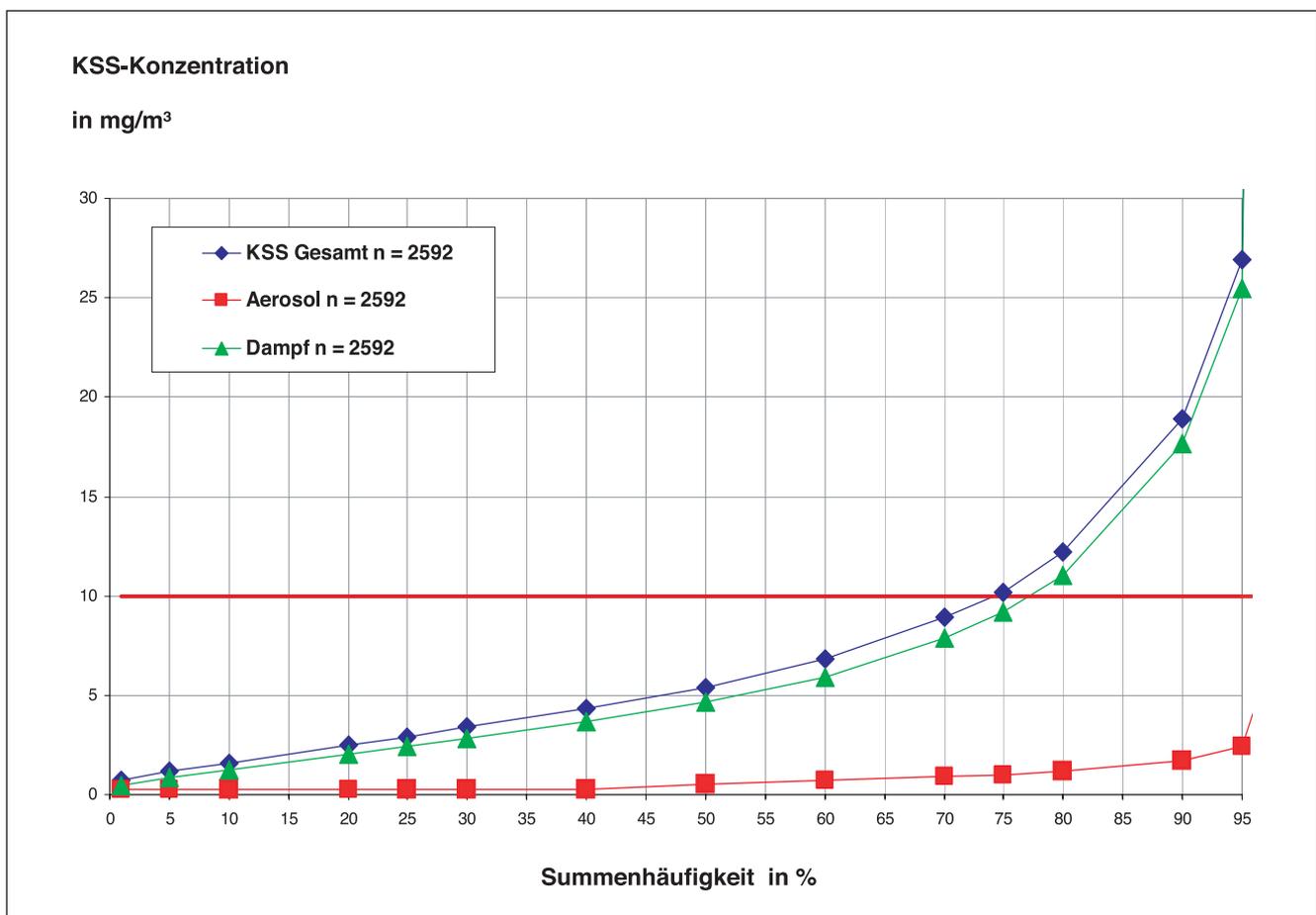


Abb. 1: Summenhäufigkeit der KSS-Konzentrationen differenziert nach KSS-Dampf und KSS-Aerosol (Quelle: BGIA)

## Aufgabenstellung

Ziel der Untersuchungen war es, geeignete lufttechnische Maßnahmen zu beschreiben, die den Stand der Technik wiedergeben. Das Projekt wurde in Abstimmung mit den Metall-Berufsgenossenschaften und dem 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, Späneabdringung, 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, Reinlufrückführung)

### Datenerhebung der lufttechnischen Einrichtungen und Beschreibung der Hallensituation

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

## Durchführung

Die Untersuchungen wurden bei der BGFE 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. 2 und 3)
- 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-Adsorbentharz 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 Querverbeeinflussungen durch andere Kohlenwasserstoffe außer KSS, z.B. Reinigungs- und Entfettungsmittel feststellen und später bewerten zu können.

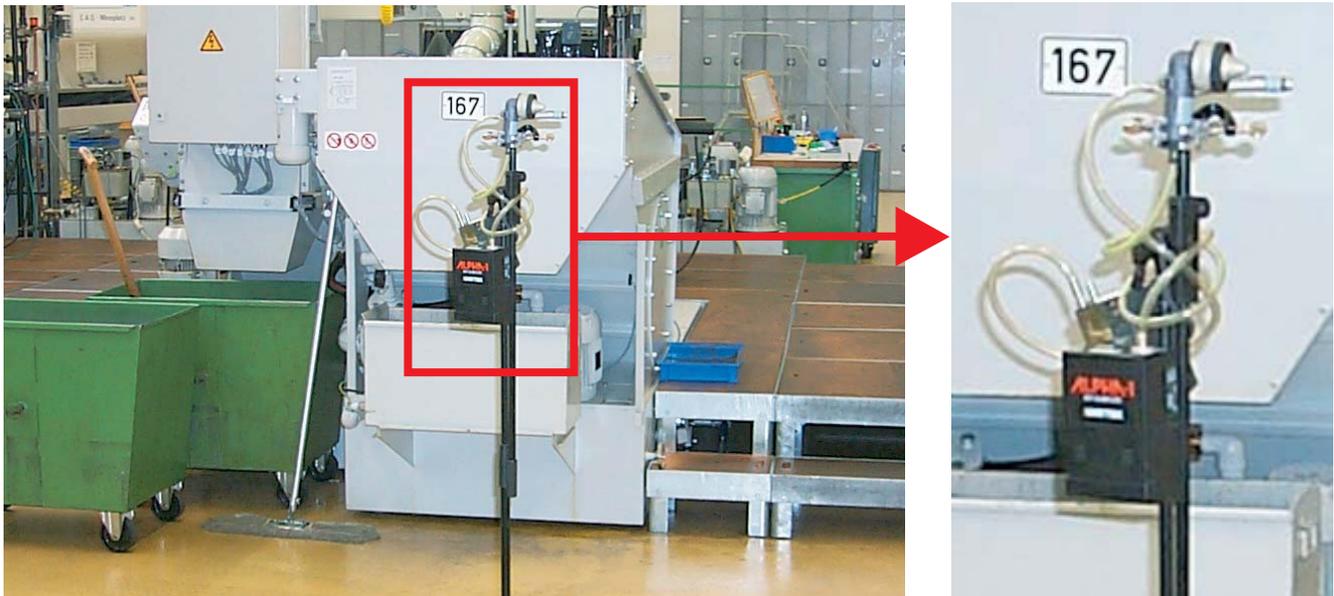


Abb. 2 und 3: Stationäre Probenahme mit PAS-Pumpe, Aktivkohleröhrchen und Gesamtstaub-Gas-Probenahmesystem (GGP), Mess- und Analyseverfahren sind detailliert in der BGIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ unter der Kennzahl 7750 veröffentlicht.

#### 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. 4)
- Temperatur des umlaufenden KSS
- KSS-Abdunstung von Werkstücken und Spänen (Abb. 5)
- 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 Arbeits-



Abb. 4: KSS-Abdunstung aus KSS-Lachen



Abb. 5: KSS-Abdunstung aus Spänewagen

platzmessungen auf einem Glasfaserfilter bzw. einem Adsorbens (XAD-Harz) abgeschieden und später im Labor mit Hilfe der Infrarotspektroskopie analysiert.

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. 6).

Das Messverfahren entspricht der Richtlinie VDI 2066 „Staubmessungen in strömenden Gasen, gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung“ Blatt 1 und 2. Der Aufbau des Probenahmesystems 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. 7 und Abb. 8).

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 Reinlufrückführung in den Arbeitsraum, die



Abb. 7: Isokinetische Teilstromentnahme in der Rohluft vor dem Abscheider

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. 9). Die Messungen in der Abluft oder Fortluft dienen dazu, festzustellen, wie

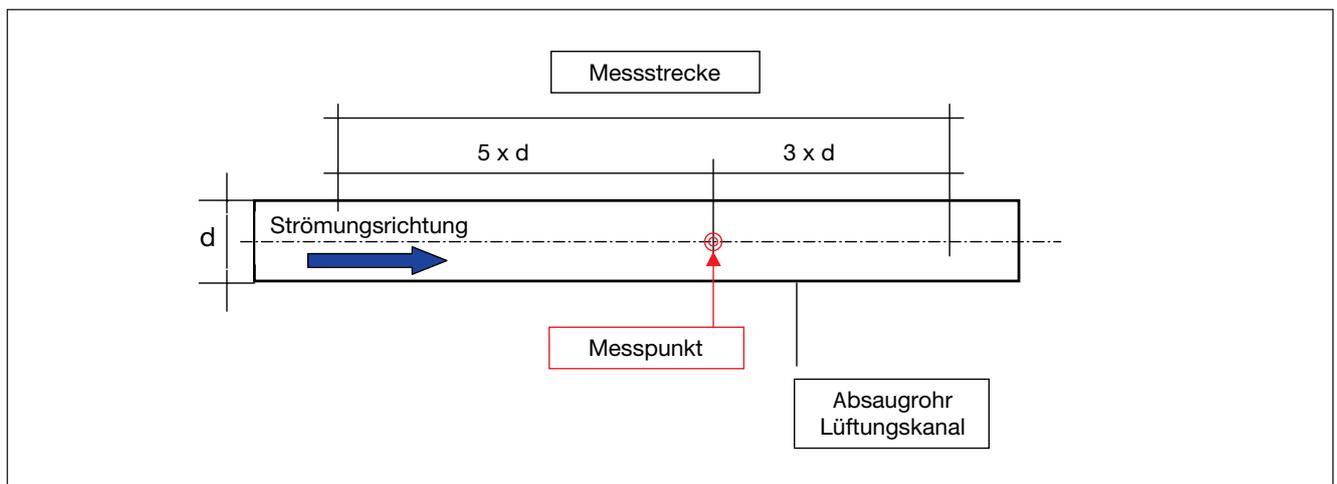


Abb. 6: Messstrecke in Rohrleitungen und Lüftungskanälen



Abb. 8: IPS in der Reinluft hinter einem Abscheider



Abb. 9: IPS in der Abluft einer RLT-Anlage

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.

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 (Reinlufrückführung) 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 Reinlufrückführung 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. 10, 13, 16, 19) der Hallenlüftungskonzepte eingezeichnet. Bei den Messwerten werden die KSS-Summenkonzentrationen aus Aerosol und Dampf in  $\text{mg}/\text{m}^3$  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)

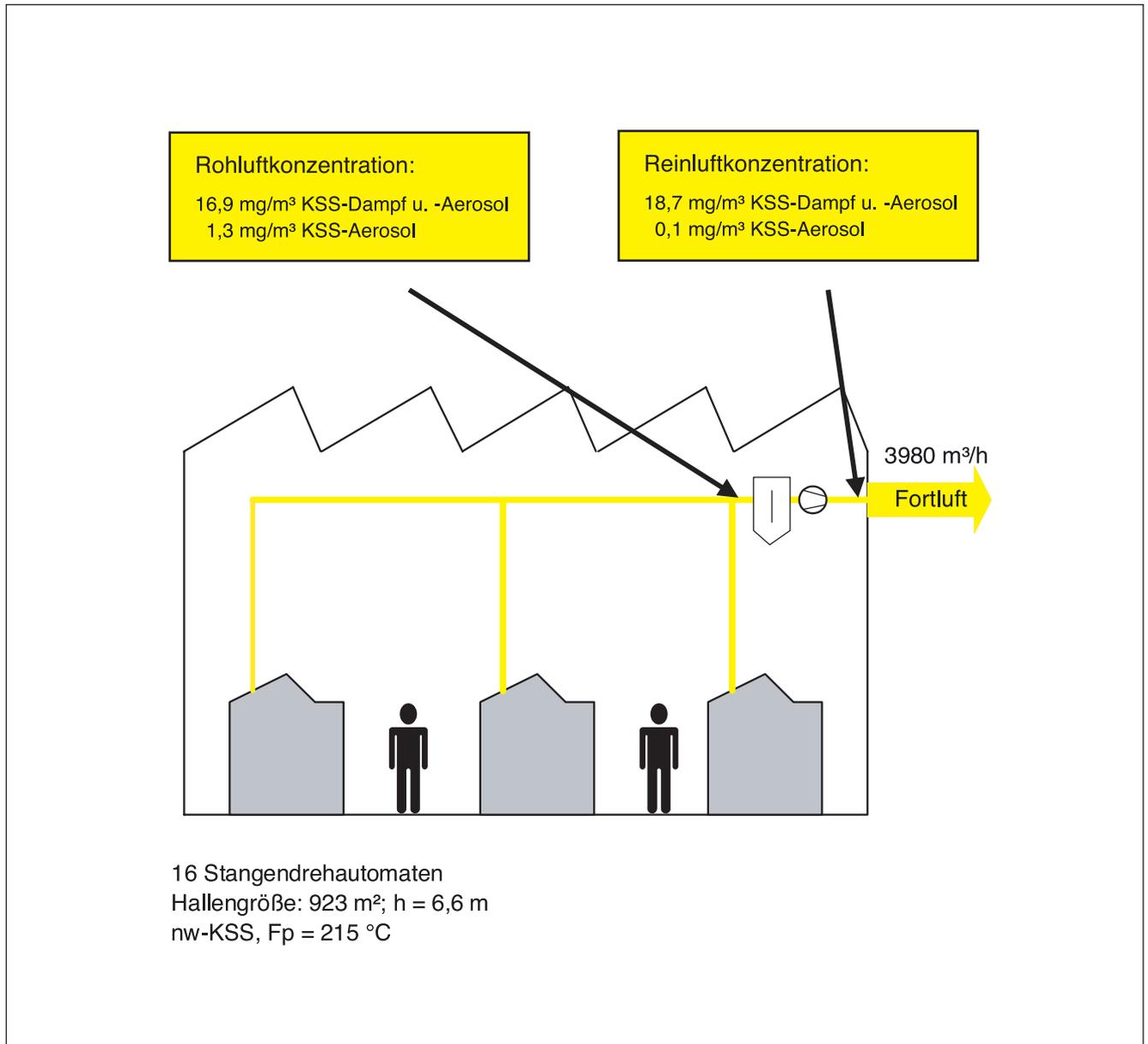


Abb. 10: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 1, Betrieb A

Die Messungen in den Rohrleitungen zeigten, dass der Volumenstrom mit 3980 m<sup>3</sup>/h deutlich unter den Sollwerten von 4400 bis 12000 m<sup>3</sup>/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. 11: Maschinenhalle mit Messstelle



Abb. 12: Abscheider

Messwerte, stationär in mg/m <sup>3</sup>					
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. 11) 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 damaligen Luftgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> zu unterschreiten und damit den Stand der Technik sicher zu stellen.

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

## Hallenlüftungskonzept 2

### Maschinenabsaugung mit Reinlufrückführung und RLT-Anlage (Betrieb B)

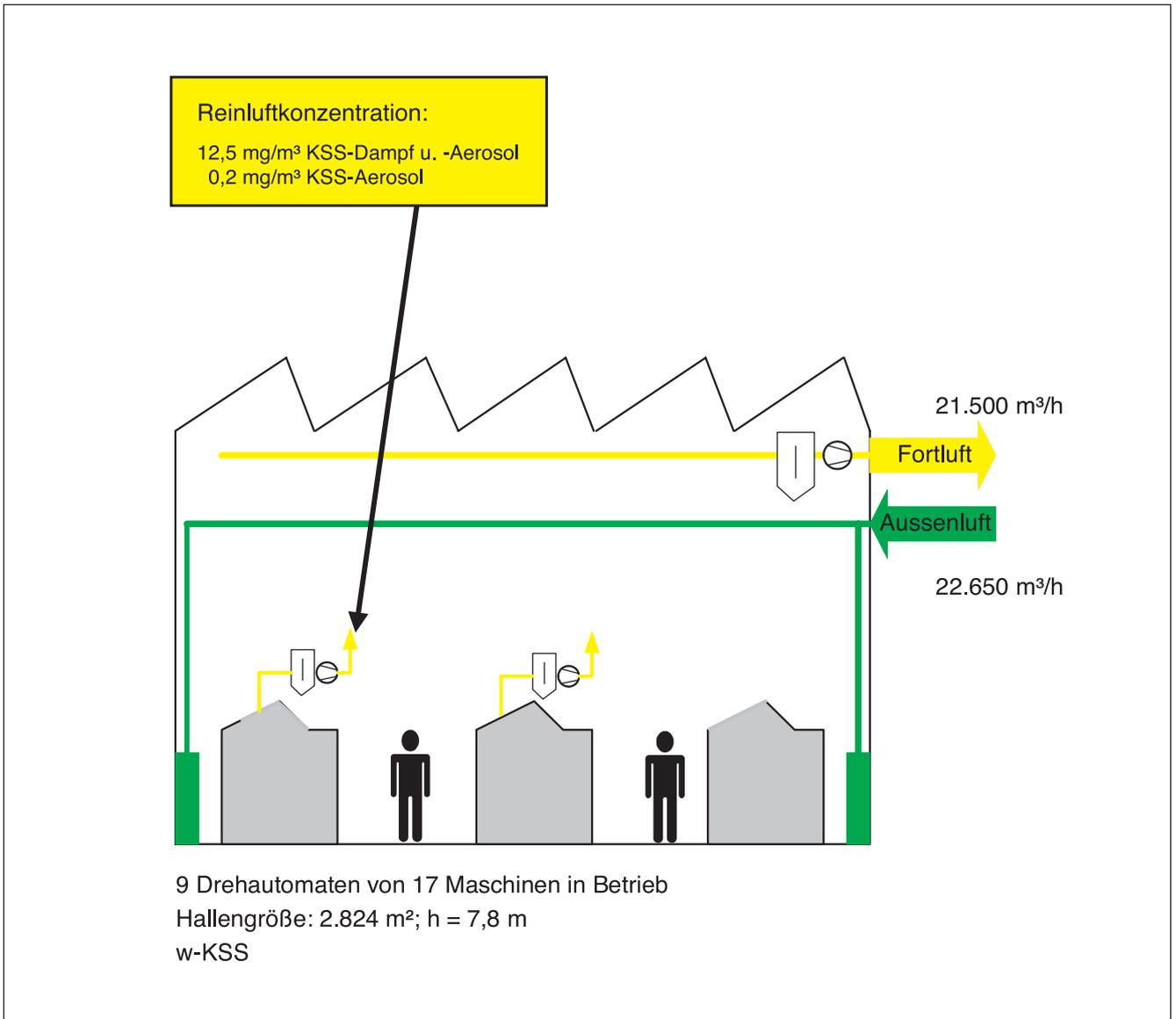


Abb. 13: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 2, Betrieb B

Fünf Bearbeitungsmaschinen wurden mit aufgesetzten, dezentralen Absauganlagen betrieben (Abb. 14). 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 m³/h in der untersuchten Absauganlage lag deutlich unter dem Sollwert von 1500 m³/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 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 0,2 mg/m³ (Aerosol). Der geforderte Wert nach BGR 143 und VDI 2262 Blatt 3 von 2 mg/m³ (Dampf und Aerosol) in der Reinluft wurde nicht eingehalten. Dadurch wurde die KSS-Konzentration am Arbeitsplatz ungünstig beeinflusst.



Abb.14: Maschine mit aufgesetztem Abscheider



Abb.15: Zuluft durch Quellluftdurchlass

Messwerte, stationär in mg/m <sup>3</sup>					
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 RL-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.15) und Abluft oben unter dem Dach aus der Halle.

Die Schichtlüftung mit Fortluftbetrieb der RL- 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 damalige Luftgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> 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)

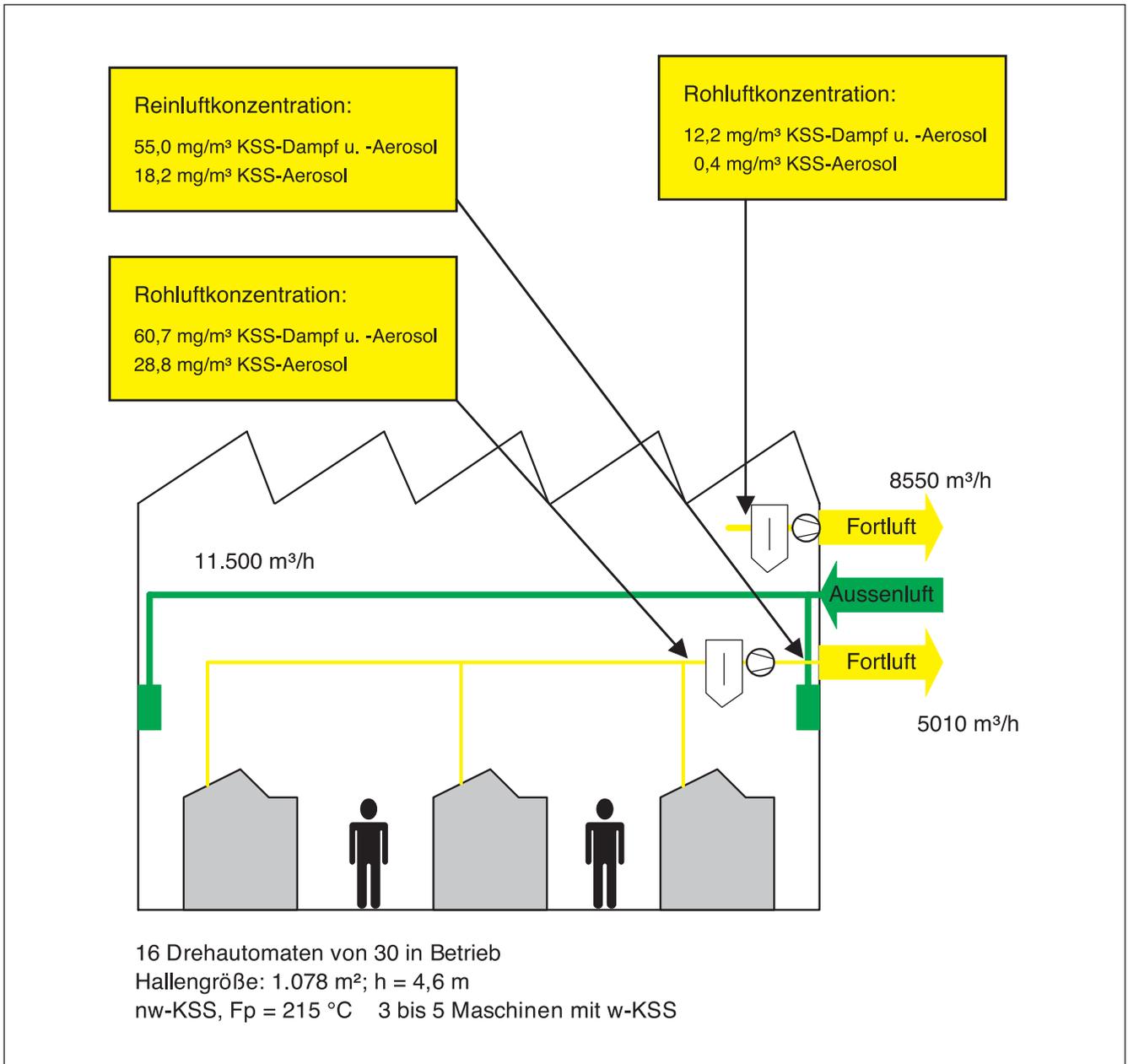


Abb. 16: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 3, Betrieb C

Die Bearbeitungsmaschinen wurden mit einer zentralen Absauganlage betrieben. In der Absauganlage war ein Massenkraftabscheider installiert. Der gemessene Volumenstrom von 5010 m<sup>3</sup>/h lag unter dem Sollwert von 6000 m<sup>3</sup>/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/m<sup>3</sup> (Dampf und Aerosol) und 28,8 mg/m<sup>3</sup> (Aerosol) gemessen. In der Reinluft lag die Konzentration bei 55 mg/m<sup>3</sup> (Dampf und Aerosol) und 18,2 mg/m<sup>3</sup> (Aerosol). In dem Massenkraftabscheider wurden weder Dampf noch Aerosole ausreichend wirksam abgeschieden. Die geforderte



Abb. 17: Maschinenhalle



Abb. 18: Eingehauste Maschine mit Späneaustrag

Messwerte, stationär in mg/m <sup>3</sup>					
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/m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>/h lag unter dem Sollwert von 11500 m<sup>3</sup>/h. Es wurde nur in der Fortluft gemessen, da kein Umluftbetrieb möglich war. Die KSS-Konzentration lag bei 12,2 mg/m<sup>3</sup> für Dampf und Aerosol sowie 0,4 mg/m<sup>3</sup> 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 damaligen Luftgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> 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)

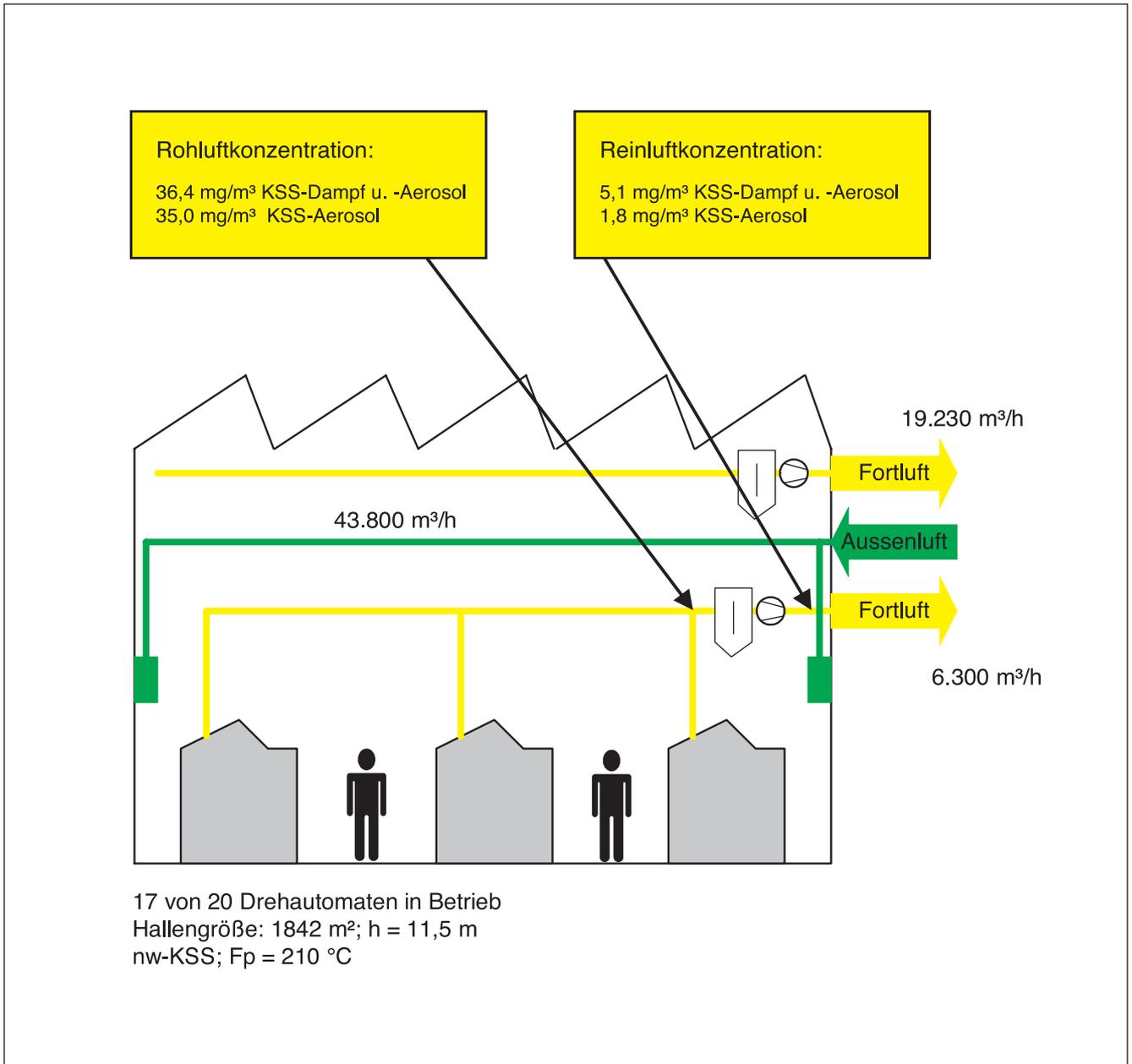


Abb. 19: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 3, Betrieb D

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 Reingluft 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 Reingluft 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 abge-



Abb. 20: Maschinenhalle mit Messstelle



Abb. 21: Maschinenabsaugung

Messwerte, stationär in mg/m <sup>3</sup>					
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

saugt. Beides führte zu den ungewöhnlich hohen Aerosolkonzentrationen in der Rohluft.

In der Fertigungshalle war eine RLT-Anlage mit Fortluft (ohne Umluft) installiert. Der gemessene Volumenstrom in der Zuluft betrug 43800 m<sup>3</sup>/h und lag unter dem Sollwert von 48000 m<sup>3</sup>/h. In der Abluft wurde ein Volumenstrom von 19230 m<sup>3</sup>/h gemessen, der im Bereich des Sollwertes von 20000 m<sup>3</sup>/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 zusammenge-

fasst. Neben den Summenwerten aus KSS-Dampf und -Aerosol sind die Aerosolanteile getrennt aufgeführt. Das dargestellte Lüftungskonzept war geeignet, den damaligen Luftgrenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> liegenden Messwerten der Messserie A bis C.

## MASSNAHMEN ZUM STAND DER TECHNIK

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass verschiedene technische Möglichkeiten bestehen, den ehemaligen Luftgrenzwert für KSS-Dampf und -Aerosol und somit 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.hvbg.de](http://www.hvbg.de) als pdf-Datei eingesehen und herunter geladen 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 durchzuführen 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 Fremdölen, Feststoffen und Verunreinigungen nach



Abb. 22: Zentralanlage zur Pflege von KSS

VDI 3397 Blatt 2 (Abb. 22)

- Reduzierung diffuser KSS-Emissionen, z.B. Dämpfe von Spänen, Werkstücken und Lachen
- 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. Dazu reicht ein geringer Unterdruck (z. B. 30 bis 40 Pa) zwischen dem Inneren der Bearbeitungsmaschine und der Fertigungshalle aus. Praktisch kann dieser Unterdruck beim Einregulieren des Abluftvolumenstromes mit Strömungsprüfröhrchen kontrolliert werden (Abb. 23). 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. 24).
- Da KSS-Dämpfe in der Praxis zurzeit nicht wirksam abgeschieden werden, ist vorrangig Fortluftbetrieb durchzuführen (keine Umluft oder Reinluftrückführung). Dabei ist die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) vom 24. Juli 2002 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  $20 \text{ mg/m}^3$  oder der Massenstrom von  $0,1 \text{ kg/h}$  nicht überschritten werden. Bei den Massenkraftabscheidern kommt hinzu, dass diese



Abb. 23: Einregulierung des Abluftvolumenstromes mit Strömungsprüfröhrchen

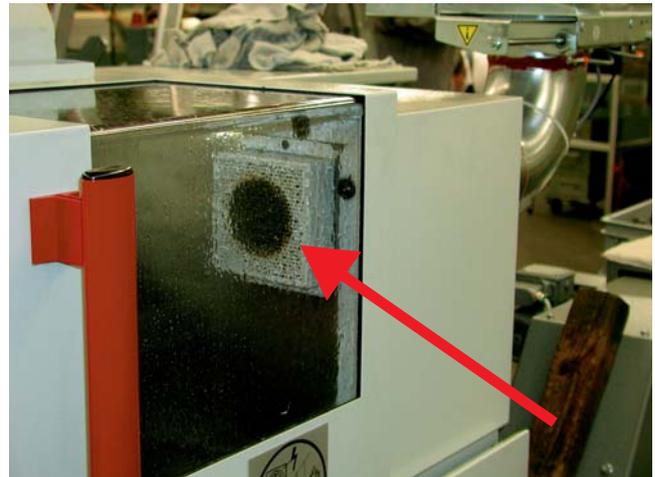


Abb. 24: Tropfenabscheider vor der Ansaugöffnung zur Minimierung des KSS-Verlustes aus der Maschine

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. 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. 25). 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.

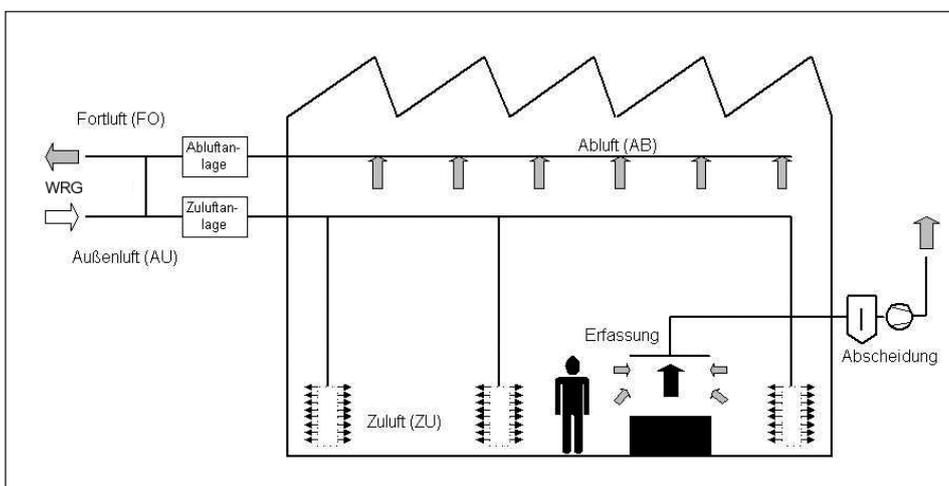


Abb. 25: Empfohlenes Lüftungskonzept mit Schichtlüftung und Fortluft

## Organisatorische Maßnahmen

Die organisatorischen Maßnahmen sollen den sicheren Umgang mit KSS und die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen dauerhaft gewährleisten.

Hierzu gehören im Wesentlichen:

- Wartung und Pflege der KSS. Bei wassergemischtem 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 einen Sachkundigen nach BGR 121
- Betriebsanweisungen zum Umgang mit KSS (Abb. 26). Muster sind auch im Anhang der BGR 143 enthalten. Die BGFE bietet eine entsprechende Hilfeleistung mit dem Baukasten „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, Bestell-Nr. B01 an.
- Organisation von Hautschutz und Hygienemaßnahmen (siehe BGR 143 und BGR 197)

Firma:	BETRIEBSANWEISUNG	Stand: _____
Arbeitsbereich: Werkzeugbau	GEM. § 14 GEFSTOFFV	
Verantwortlich: _____ <small>Unterschrift</small>	Arbeitsplatz: Fräsmaschine	
	Tätigkeit: Fräsen	
<b>Gefahrstoffbezeichnung</b>		
Kühlschmierstoff _____ Typ _____		
<b>Gefahren für Mensch und Umwelt</b>		
– Hautkontakt: Entzündungen, Hautreizungen und -ausschlag möglich – Einatmen der Kühlschmierstoffnebel und -dämpfe: Lungenerkrankungen möglich – Wassergefährdend, nicht in die Kanalisation geben		
<b>Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln</b>		
	– 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	
	<b>Verhalten im Gefahrfall</b>	
Mit Kühlschmierstoff getränkte Kleidung sofort wechseln Verschüttete oder ausgelaufenes Kühlschmiermittel sofort mit Bindemittel _____ abdecken; später mit Handschaufel aufnehmen, hierbei Schutzhandschuhe _____ tragen		
<b>Erste Hilfe</b>		
	Bei Hautveränderungen (Rötung, Ausschlag etc.), Vorgesetzten informieren, Arzt _____ aufsuchen Spritzer im Auge: Auge sofort mit viel Wasser ausspülen, Vorgesetzten informieren Notruf: _____ Ersthelfer: _____	
	<b>Sachgerechte Entsorgung</b>	
Gebrauchte Bindemittel in _____ Sammelbehälter _____ geben. Wartung und Wechsel des Kühlschmierstoffes durch: _____ Tel.: _____		

Abb. 26: 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.hvbg.de](http://www.hvbg.de) 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 Raumluftechnik 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.

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

Betrieb	Messpunkte in den Rohrleitungen	Anlage/ Volumenströme	Abscheider	Betriebszustand		Luftführung RLT- Anlage	KSS-Konzentrationen <sup>2)</sup> in den Rohrleitungen		Mittelwert der KSS-Konzentrationen <sup>2)</sup> in der Luft am Arbeitsplatz in den Serien A/B/C mg/m <sup>3</sup>
				Absauganlage	RLT-Anlage		Reinluft mg/m <sup>3</sup>	Rohluft mg/m <sup>3</sup>	
A		Zentralanlage, Maschinenabsaugung 3980 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 4400–12000 m <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 1500 m <sup>3</sup> /h)	Filternder 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		Zentralanlage, Maschinenabsaugung 5010 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 6000 m <sup>3</sup> /h)	Massenkraft- abscheider	Fortluft	-	-	55 (18,2)	60,7 (28,8)	10,3 / 9,0 / 6,1 (0,7 / 1,1 / <0,6)
D		RLT-Anlage Zuluft: 16500 m <sup>3</sup> /h (Soll) Abluft: 8550 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 11500 m <sup>3</sup> /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)
D		Zentralanlage, Maschinenabsaugung 6300 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 28000 m <sup>3</sup> /h)	Elektrofilter	Fortluft	-	-	5,1 (1,8)	36,4 (3,5) (lange Rohre)	
		RLT-Anlage Zuluft: 43800 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 48000 m <sup>3</sup> /h) Abluft: 19230 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup> (Soll: 20000 m <sup>3</sup> /h)	Taschenfilter F 5	-	Fortluft	Schicht- lüftung			

<sup>1)</sup> gemessene Volumenströme    <sup>2)</sup> KSS-Konzentration (Dampf und Aerosol)    ( ) KSS-Konzentration (Aerosol)

## 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 „Luftrückführung beim Umgang mit Krebs erzeugenden Gefahrstoffen“
- TRGS 611 „Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“
- TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Luftgrenzwerte“
- TRGS 901 „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz“
- TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“

### BG-Regeln und BG-Informationen

- BGR 143 „Umgang mit Kühlschmierstoffen“
- BGR 121 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- BGR 197 „Benutzung von Hautschutz“
- BGI 762 „Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe“

### Arbeitsstättenrichtlinien (ASR)

- ASR 5 „Arbeitsstättenrichtlinien, Lüftung“
- ASR 6/1.3 „Arbeitsstättenrichtlinien, Raumtemperaturen“

### DIN-Normen

- DIN 51385 „Schmierstoffe; Kühlschmierstoffe; Begriffe“
- DIN 31052 „Instandhaltung; Inhalt und Aufbau von Instandhaltungsanleitungen“
- DIN 1946 „Raumluftechnik“

- DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer 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 raumluftechnische 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 raumluftechnische Anlagen“
  - Blatt 2: Raumluftechnische Anlagen – Anforderungen an die Hygieneschulung
  - Blatt 3: Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben
- VDI 2071 „Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen“
- VDI 3802 „Raumluftechnische 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 berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit (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“

### Informationsmittel der BGFE

- Schulungsprogramm (Präsentation) „Kühlschmierstoffe“, Bestell-Nr. PU 05
- Broschüre „Umgang mit Kühlschmierstoffen“, Bestell-Nr. MB 27
- Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (CD-ROM), Bestell-Nr. B01
- Videounterweisung „Kühlschmierstoffe“, Bestell-Nr. PU 14

### Sonstige Informationsmittel

Kühlschmierstoff Informations-System; CD-ROM  
„Sicherer Umgang mit Kühlschmierstoffen“;  
Storck-Verlag, Vertrieb, Striepenweg 31, 21147 Hamburg  
„Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“

**Bestell-Nr. M 11**

1 · 1 · 06 · 05 · 8

Alle Rechte beim Herausgeber

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfreiem Papier