

BIA-Report 4/2004

BG/BIA-Empfehlungen zur
Überwachung von Arbeitsbereichen

Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Zusammengestellt von: Reinhard Stockmann,
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA,
Sankt Augustin

Unter Mitarbeit von: Margret Böckler, Peter Michels, Peter Bannert,
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik,
Köln

Adolf Tigler, Harald Sefrin,
Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Mainz

Bernd Wüstefeld, Ingrid Krutisch
Amt für Arbeitsschutz, Hamburg

Horst Kleine,
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA,
Sankt Augustin

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG)
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA
Alte Heerstr. 111, D-53754 Sankt Augustin
Telefon: +49 / 02241 / 231 – 01
Telefax: +49 / 02241 / 231 – 1333
Internet: www.hvbg.de
– Juni 2004 –

ISBN: 3-88383-669-9

ISSN: 0173-0387

Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung

Kurzfassung

Bei Messungen der Kühlschmierstoffkonzentration (KSS-Konzentrationen) in der Luft am Arbeitsplatz stellte sich heraus, dass eine ausschließliche Beschreibung der jeweiligen Randbedingungen im betrachteten Arbeitsbereich nicht ausreichend ist, um Maßnahmen zur sicheren Einhaltung des seit 1996 geltenden Luftgrenzwertes von 10 mg/m^3 abzuleiten. Es ist vielmehr notwendig, den Betrachtungshorizont auf die gesamte Werkhalle auszudehnen. Im Rahmen eines Sondermessprogramms wurden daher umfangreiche Datenerhebungen sowie Messungen in ausgesuchten Betrieben durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse belegen zum einen, dass die Gesamtheit aller in einer Werkhalle befindlichen Emissionsquellen die Konzentrationshöhe maßgeblich beeinflusst, und zum anderen, dass die Lüftungstechnik einen entscheidenden Einflussfaktor darstellt. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse werden ein Ablaufschema zur Gefährdungsermittlung über ein Emissionskataster sowie technische und organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung der KSS-Konzentration beschrieben. Eine einzelne Maßnahme ist zumeist nicht ausreichend. Da nur bei der Umsetzung aller beschriebenen Maßnahmen von einer sicheren Einhaltung des Grenzwertes ausgegangen werden kann, und da nicht in jedem Fall alle Maßnahmen notwendig sind, wird ein abgestuftes Konzept vorgestellt, das die erforderlichen Maßnahmen für eine Reduzierung der KSS-Konzentration aufzeigt. Werden nicht alle Maßnahmen umgesetzt, ist eine messtechnische Ermittlung der KSS-Konzentration erforderlich. Die Messstrategie ist dann so aufgebaut, dass aus den Messwerten und dem Emissionskataster weitere Maßnahmen abgeleitet werden können.

Substitution of cooling lubricants in the machining of metal

Abstract

Measurements of cooling lubricant concentrations in the air at the workplace have shown that a description confined to the general conditions in the immediate working area concerned is insufficient for deriving action to ensure compliance with the German air limit value of 10 mg/m³ valid since 1996. In fact, it is necessary to extend the area considered to the entire shop. In the course of a special programme of measurement, we have therefore gathered extensive data and conducted measurements in selected companies. The study results show, firstly, that the totality of the emission sources in a shop has a powerful influence on the concentration level and, secondly, that the ventilation system is a decisive factor. These findings have been used to derive a flow chart for risk assessment based on an emission register combined with technical and organizational measures to reduce the cooling lubricant concentration. A single measure alone is not usually sufficient. Since compliance with the German limit value can only be assured if all of the described measures are taken, and since not all measures are necessary in each case, a graduated strategy has been drawn up showing the measures required for reduction of the cooling lubricant concentration. If not all of the measures are taken, the cooling lubricant concentration has to be ascertained by measurement. The measurement strategy is then structured in such a way that further measures can be derived from the measured values and the emission register.

Utilisation de fluides d'usinage dans l'usinage des métaux par enlèvement de copeaux

Résumé

Lors des mesures de concentration de fluides d'usinage dans l'atmosphère des postes de travail, il est apparu qu'on ne pouvait se contenter exclusivement d'une description des conditions limites de la zone de travail considérée pour formuler des mesures visant à assurer le respect de la valeur limite atmosphérique de 10 mg/m^3 , en vigueur depuis 1996 en Allemagne. Il est bien davantage nécessaire d'étendre la prise en compte des conditions environnantes à l'ensemble de l'atelier. Dans le cadre d'un programme spécial, on a donc procédé à des relevés de données très complets, ainsi qu'à des mesures dans des entreprises sélectionnées. Les résultats de cette étude attestent, d'une part, que la totalité des sources d'émission présentes dans un atelier influent considérablement sur la valeur de la concentration et, d'autre part, que la technique de ventilation utilisée constitue un paramètre déterminant. Sur la base de ces connaissances, on a établi un schéma de déroulement de l'identification des dangers, utilisant une cartographie des émissions, ainsi que des mesures techniques et organisationnelles, pour réduire la concentration de fluides d'usinage. Une mesure unique s'avère la plupart du temps insuffisante. Comme on ne peut tabler avec certitude sur un respect de la valeur limite que si toutes les mesures décrites sont mises en œuvre et comme toutes ces mesures ne sont pas indispensables dans chaque cas, les auteurs présentent un système d'intervention gradué, qui indique les mesures nécessaires pour réduire la concentration de fluides d'usinage. Dans le cas où toutes les mesures ne sont pas appliquées, une détermination métrologique de la concentration de fluide d'usinage est nécessaire. La stratégie de mesurage est ensuite conçue de manière à ce qu'à partir des valeurs de mesure et de la cartographie des émissions, on puisse déduire les autres mesures à prendre.

Aplicación de lubricantes refrigeradores en el marco del mecanizado de metales con arranque de virutas

Resumen

Mediciones de la concentración de lubricantes refrigeradores en el aire de ambientes de trabajo evidenciaron, que una descripción exclusiva de las respectivas condiciones en los márgenes del ambiente observado no representa una base suficiente para derivar de ella medidas para el cumplimiento seguro del valor límite de 10 mg/m^3 , vigente desde 1996 en Alemania. Al contrario, se hace necesario extender el examen a la totalidad de la nave industrial. Debido a ello, en el marco de un programa especial, se procedió a efectuar una extensa recolección de datos, así como mediciones en empresas seleccionadas. Los resultados comprueban, por un lado, que la totalidad de las fuentes de emisión existentes en una nave industrial influye de manera determinante en el nivel de concentración y, por otro lado, que la técnica de aireación representa un factor de influencia decisivo. Sobre la base de estos conocimientos, se presenta un esquema de operaciones para la determinación del riesgo mediante un catastro de emisión, así como medidas técnicas y organizativas dirigidas a reducir la concentración de lubricantes refrigeradores. Por lo general, una medida individual no es suficiente. Se presenta un concepto escalonado que indica las medidas requeridas para reducir la concentración de lubricantes refrigeradores, porque solamente al llevar a efecto todas las medidas señaladas se podrá asumir el cumplimiento seguro del valor límite y debido a que no todos los casos requieren de todas las medidas. Cuando no se implementan todas las medidas, se deberá proceder a efectuar una determinación de la concentración de lubricantes refrigeradores basada en mediciones técnicas. La estrategia de medición deberá entonces posibilitar derivar ulteriores medidas de los valores de medición y del catastro de emisión.

Danksagung

Für die aufwändigen Untersuchungen im Rahmen des Sondermessprogramms gilt der besondere Dank den Messtechnischen Diensten der

- Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft
- Norddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft
- Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft
- Edel- und Unedelmetall-Berufsgenossenschaft
- Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik

sowie den Betrieben, in denen die Untersuchungen durchgeführt wurden.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	11
2	Anwendungsbereich	13
3	Beschreibung des Arbeitsverfahrens	15
4	Gefahrstoffexpositionen	17
4.1	Gefahrstoffe.....	17
4.2	Überprüfung des Anwendungsbereiches.....	17
4.3	Expositionsmessungen	18
5	Befund.....	23
6	Schutzmaßnahmen.....	27
6.1	Zusammenfassung der grundsätzlich durchzuführenden Maßnahmen (Basismaßnahmen)	27
6.2	Emissionsarme Kühlschmierstoffe.....	29
6.2.1	Reduzierung der Emissionen von Kühlschmierstoffaerosolen.....	29
6.2.2	Reduzierung der Emissionen von Kühlschmierstoffdämpfen.....	29
6.3	Lufttechnische Maßnahmen	31
6.3.1	Erfassung und Abscheidung von KSS-Emissionen	31
6.3.1.1	Erfassung.....	31
6.3.1.2	Abscheidetechnik.....	33
6.3.1.3	Reinlufrückführung.....	34
6.3.2	Raumlüftung	34
6.3.2.1	Luftvolumenströme	35
6.3.2.2	Umluft	35
6.3.2.3	Luftführung	35
6.3.3	Abnahmeprüfung und Dokumentation	36
6.4	Organisatorische Maßnahmen	37
7	Überprüfung und Dokumentation der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen	39
7.1	Wiederkehrende Prüfung lufttechnischer Einrichtungen	39
7.2	Messung der Kühlschmierstoffkonzentration.....	39
7.3	Beurteilung der Kühlschmierstoffkonzentration	40

8	Anwendungshinweise	41
9	Überprüfung	43
10	Literaturverzeichnis	45
Anhang 1:	Emissionskataster	49
Anhang 2:	Ergebnisse des KSS-Messprogramms 9076.....	55
Anhang 3:	Skizze einer Werkhalle mit optimierten Bedingungen	74
Anhang 4:	Normen, Richtlinien und BG-Regeln für lufttechnische Anlagen	75



1 Allgemeines

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ (TRGS 402) [1] beinhalten die grundlegende Strategie zur Überwachung des Arbeitsbereiches gemäß § 18 Gefahrstoffverordnung [2].

Nach TRGS 402 können beim Auftreten von Stoffen mit Grenzwerten [3] Arbeitsbereiche von der messtechnischen Überwachung ausgenommen werden, wenn eine dauerhaft sichere Einhaltung der Grenzwerte gegeben ist. Liegt für eine Tätigkeit eine ausreichende Anzahl von Arbeitsbereichsanalysen mit eindeutigem Befund vor und sind auch verfahrensbedingt in Zukunft keine Änderungen zu erwarten, so können diese Ergebnisse unmittelbar zur Beurteilung der Konzentrationen in der Luft in Arbeitsbereichen herangezogen werden, d. h. weitere Messungen sind nicht erforderlich. Die Beschreibung der vorgenommenen Messungen und deren Ergebnisse kann durch verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) nach TRGS 420 [4] erfolgen.

In BG/BIA-Empfehlungen werden nicht nur Arbeitsverfahren behandelt, bei denen die Grenzwerte eingehalten oder dauerhaft sicher eingehalten sind, sondern auch solche, bei denen Grenzwertüberschreitungen zu erwarten sind. BG/BIA-Empfehlungen für Fälle mit Überschreitung des Grenzwertes schreiben keinesfalls ungünstige und nicht dem Stand der Technik entsprechende Arbeitsbedingungen fest. Es wird vielmehr eingehend begründet, warum die Einhaltung des Grenzwertes zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der entsprechenden BG/BIA-Empfehlungen nicht möglich ist.

Die Exposition gegenüber Gefahrstoffen und damit der Befund gemäß TRGS 402 sind abhängig von den im Betrieb eingesetzten Arbeitsverfahren, den Schutzmaßnahmen, den verwendeten Produkten und der Arbeitsweise der Beschäftigten. BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen beschreiben den derzeitigen Stand der Technik für den definierten Anwendungsbereich und werden regelmäßig aktualisiert. Werden die in diesen BG/BIA-Empfehlungen beschriebenen Bedingungen vom Arbeitgeber erfüllt, kann bei entsprechender Dokumentation der Ermittlungsergebnisse der Befund dieser BG/BIA-Empfehlungen übernommen werden.



2 Anwendungsbereich

Diese BG/BIA-Empfehlungen beschreiben Kriterien für die Einhaltung des Luftgrenzwertes von Kühlschmierstoffen (KSS), die zur Bearbeitung von Metallen nach DIN 51385 eingesetzt werden. Sie gelten nur für wassermischbare und nicht wassermischbare KSS mit einem Flammpunkt > 100 °C [5].

Der Luftgrenzwert von 10 mg/m^3 gilt nach TRGS 900 für die Summe aus Dampf und Aerosolen, erfasst nach der Definition für die einatembare Fraktion (E) [6]. Für die Anwendung des Grenzwertes und seine Begründung siehe TRGS 901 Teil II, Nr. 72 „Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische“, Vorwort Ziffer 1, Teil 1 und Ziffer 2 „Leitfaden“ [7].

Diese BG/BIA-Empfehlungen gelten nicht beim Einsatz von KSS bei der spanenden Bearbeitung von metallischen Werkstoffen mit Minimalmengenschmierung [8]. Ebenso gelten sie nicht für Verfahren, die unter Teil 4 der TRGS 901 Teil II, Nr. 72 fallen (siehe auch Überprüfung des stofflichen Anwendungsbereiches unter Abschnitt 4.2).



3 Beschreibung des Arbeitsverfahrens

Bei der spanenden Bearbeitung metallischer Werkstoffe verringern Kühlschmierstoffe die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück und führen damit zu einer Begrenzung des Werkzeugverschleißes und einer Minimierung der Zerspanungsenergie. Gleichzeitig werden die Oberflächengüte und die möglichen Bearbeitungsgeschwindigkeiten erhöht. Des Weiteren werden mit dem Kühlschmierstoff die Späne abtransportiert und die Korrosion an Werkstücken und Werkzeugen verhindert. Die Kühlwirkung wird bei wassergemischten Kühlschmierstoffen praktisch ausschließlich vom Wasser bestimmt, bei nicht wassergemischten Kühlschmierstoffen ist sie von deren Viskosität abhängig. Dagegen wird die Schmierwirkung sehr stark von der Art und der Zusammensetzung (Additive) des Kühlschmierstoffes bestimmt. Verfahren, bei denen Kühlschmierstoffe eingesetzt werden, sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1:
Übersicht über spanende Metallbearbeitungsverfahren

Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide
<input type="checkbox"/> Drehen <input type="checkbox"/> Bohren <input type="checkbox"/> Fräsen <input type="checkbox"/> Hobeln <input type="checkbox"/> Räumen <input type="checkbox"/> Sägen	<input type="checkbox"/> Schleifen <input type="checkbox"/> Honen ¹ <input type="checkbox"/> Läppen ¹

¹ Für das Honen und Läppen werden in der Regel Kühlschmierstoffe mit einem Flammpunkt < 100 °C eingesetzt. In diesen Fällen sind diese BG/BIA-Empfehlungen nicht anwendbar. In Einzelfällen können zum Honen und Läppen Kühlschmierstoffe mit einem Flammpunkt > 100 °C zur Anwendung kommen.



4 Gefahrstoffexpositionen

4.1 Gefahrstoffe

Kühlschmierstoffe stellen in der Regel komplexe Vielstoffgemische dar. Art und Zahl der Inhaltsstoffe hängen stark vom Einsatzzweck ab und variieren von Hersteller zu Hersteller. Eine abschließende toxikologische Bewertung ist nicht möglich.

Außerdem können sich beim Einsatz unterschiedliche Reaktionsprodukte bilden: Bei wassergemischten KSS ist insbesondere die Bildung krebserzeugender N-Nitrosamine zu vermeiden. Deshalb ist hier die TRGS 611 „Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“ [9], konsequent anzuwenden. Möglicherweise weitere entstehende Gefahrstoffe werden in diesen BG/BIA-Empfehlungen nicht behandelt. Hinweise zu weiteren Gefahrstoffen gibt die BGR 143 [10].

Bei sachgerechter Auswahl, Zuführung und Dosierung von nicht wassergemischten KSS ist nicht mit gesundheitsschädlichen Konzentrationen von Zersetzungsprodukten in Form von Rauchen (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAK, Leitkomponente Benzo[a]pyren) in der Luft am Arbeitsplatz zu rechnen.

Aerosole werden durch Verspritzen oder Vernebeln von Kühlschmierstoffen, durch Abschleudern an rotierenden Werkstücken und Werkzeugen oder durch Kondensation von Kühlschmierstoffdämpfen gebildet. Kühlschmierstoffdämpfe entstehen vor allem an erwärmten Werkstücken, Werkzeugen und Spänen sowie durch Verdampfen an benetzten Oberflächen.

Zum Schutz der Beschäftigten ist die Emission von KSS-Aerosolen und -Dämpfen nach dem Stand der Technik so zu begrenzen, dass der summarische unspezifische Luftgrenzwert eingehalten wird.

4.2 Überprüfung des Anwendungsbereiches

Bei der Anwendung dieser BG/BIA-Empfehlungen ist zu beachten:



Neben KSS mit einem Flammpunkt ≥ 100 °C können in Werkhallen weitere komplexe Kohlenwasserstoffgemische, z. B.

- KSS mit Flammpunkt < 100 °C
- Dielektrika
- Formtrennmittel
- Härteöle
- Reiniger

zur Anwendung kommen. Hier gelten die Luftgrenzwerte nach TRGS 901 Teil II, Nr. 72 Teil 4.

Da die infrarotspektroskopische Bestimmungsmethode für KSS auf der Messung der C-H-Valenzschwingungen basiert, können auch andere kühlenschmierstofffremde, insbesondere leicht flüchtige Stoffe wie Benzinkohlenwasserstoffe oder andere organische Lösemittel, bei der Messung der KSS-Konzentration zu falschen Ergebnissen (zu hohe Konzentrationen) führen.

Im ersten Schritt der Gefährdungsanalyse sollte daher eine sorgfältige Überprüfung der eingesetzten Stoffe und darüber hinaus die Ermittlung anderer Einflussparameter im jeweiligen Arbeitsbereich sowie in der gesamten Halle stattfinden. Dies geschieht am effektivsten durch ein Emissionskataster, wie beispielhaft in Anhang 1 (Seite 49) dargestellt ist.

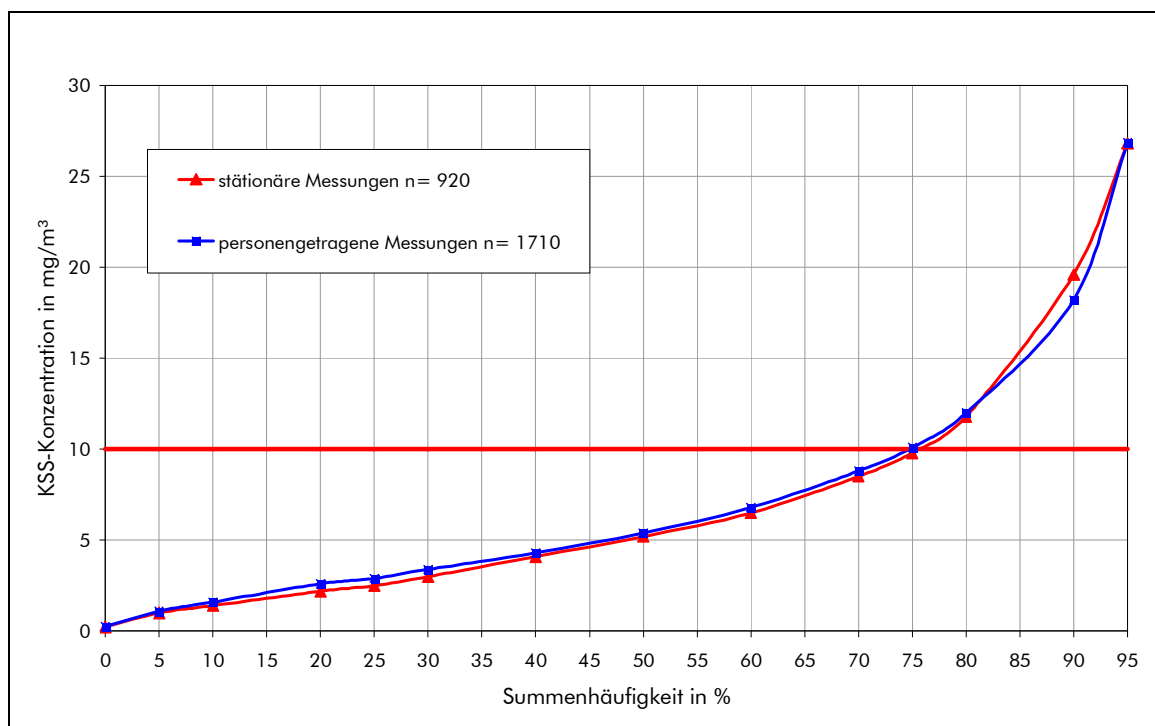
4.3 Expositionsmessungen

Aus der Messdatendokumentation der gewerblichen Berufsgenossenschaften (MEGA) wurden alle Kühlschmierstoffmesswerte, die im Rahmen eines Messprogramms im Zeitraum von 1997 bis 2002 ermittelt wurden, hinsichtlich folgender Kriterien ausgewertet:



- Summenhäufigkeitsverteilung der Messwerte von stationären Messungen und für Messungen an der Person (siehe Abbildung 1)
- Summenhäufigkeitsverteilung der Konzentration für Kühlschmierstoffaerosole und für Kühlschmierstoffdämpfe (siehe Abbildung 2, Seite 20).

Abbildung 1:
Summenhäufigkeitsverteilung für die Summe aus KSS-Aerosolen und Dampf, differenziert nach stationären Messungen und Messungen an der Person



Aus den dargestellten Häufigkeitsverteilungen lässt sich Folgendes ableiten:

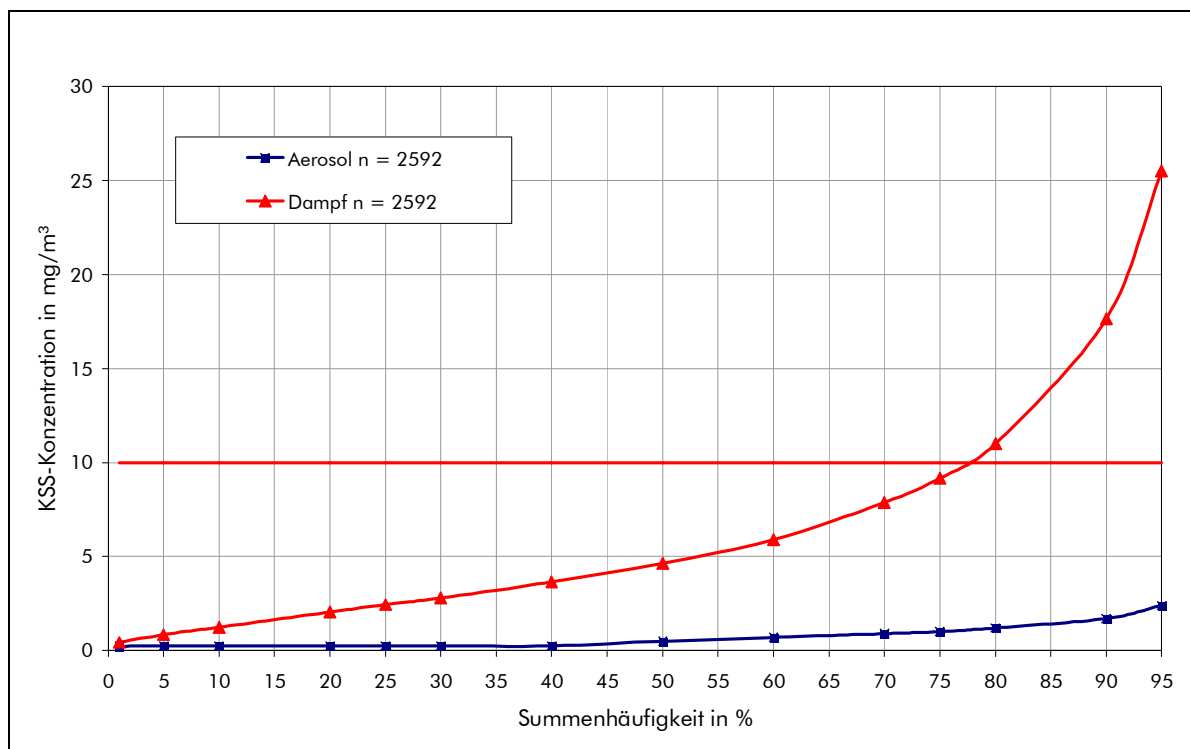
- stationäre und personengetragene Messwerte sind nahezu identisch verteilt (siehe Abbildung 1), d. h. ausschlaggebend für die Konzentrationshöhe ist die Gesamtheit der im Raum befindlichen Emissionsquellen,
- die Messwerthöhe wird im Wesentlichen durch die Konzentration des Dampfes bestimmt (siehe Abbildung 2). Ein Grund dafür ist auch darin zu finden, dass



KSS-Dämpfe von den Abscheidern nicht zurückgehalten werden und bei Reinluft-rückführung gleichmäßig im Raum verteilt werden,

- ca. 25 % der Messwerte liegen oberhalb des Luftgrenzwertes.

Abbildung 2:
Summenhäufigkeitsverteilung, differenziert nach Kühlschmierstoffdampf
und Kühlschmierstoffaerosol



Aus der Messdatendokumentation, die bereits hinsichtlich eventueller Querempfindlichkeiten durch andere Kohlenwasserstoffe oder Lösemittel bereinigt war, ließen sich die Ursachen für die beobachteten Grenzwertüberschreitungen nicht ableiten. Zum einen wurden die vielfältigen Parameter in der bisherigen Standard-Dokumentation, die in der Regel arbeitsplatzbezogen ist, nicht vollständig erfasst, zum anderen wurden die Bedingungen für die gesamte Halle (alle Emissionsquellen, Raumlüftung) nicht ausreichend berücksichtigt.

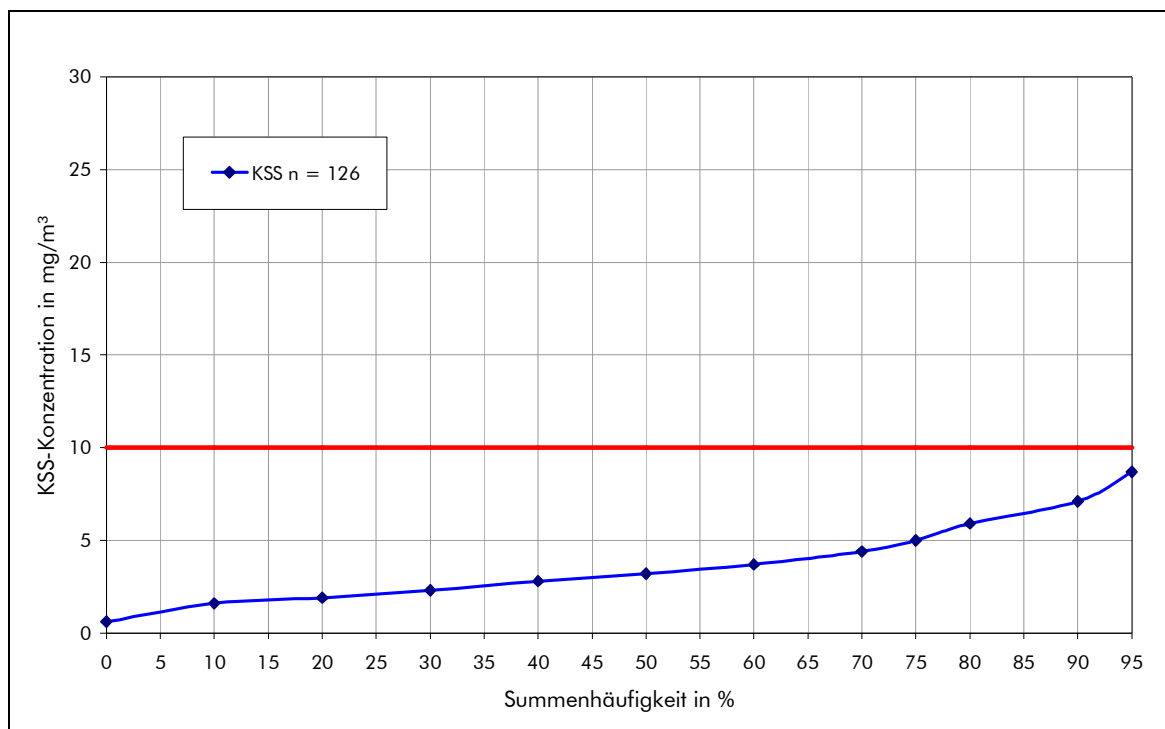
Deshalb wurde ein neues, erweitertes Messprogramm aufgelegt (9076), mit dem alle relevanten Parameter auf der Basis des Emissionskatasters nach Anhang 1 (siehe Seite



49) erfasst wurden. Im Rahmen dieses Messprogramms wurden nur Betriebe berücksichtigt, in denen eine umfassende Lüftungstechnik (im Wesentlichen mit Fortluftbetrieb) installiert war und Kühlschmierstoffe mit hohem Flammpunkt eingesetzt wurden. Insgesamt wurden im Rahmen des Messprogramms sieben Betriebe untersucht. Die Einzelwerte, die Randbedingungen sowie die Übersicht der Messwerte befinden sich in Anhang 2, siehe Seite 55. In einzelnen Fällen wurden zusätzlich isokinetische Messungen in strömenden Gasen mit dem IPS-System (BIA-Arbeitsmappe Kennzahl 3110) [11] an Abscheidern durchgeführt. Diese Messwerte sind ebenfalls in Anhang 2 dargestellt.

In den Betrieben wurden jeweils drei Messreihen in verschiedenen Schichten und in der Regel zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt. Die Summenhäufigkeitsverteilung der im Rahmen des Messprogramms 9076 erhaltenen Messwerte ist in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 3:
Summenhäufigkeitsverteilung der im Messprogramm 9076 erhaltenen Messwerte





5 Befund

Praktisch alle im Messprogramm 9076 ermittelten KSS-Konzentrationen liegen unter 10 mg/m^3 , z. T. sogar deutlich unter 5 mg/m^3 , lediglich ein Wert ist signifikant höher. Dieser Wert war auf eine Störung in der lufttechnischen Einrichtung zurückzuführen.

Damit ist belegt, dass beim Einsatz von KSS mit hohem Flammpunkt und einer Lüftungstechnik mit Fortluft nach dem Stand der Technik die Einhaltung des Luftgrenzwertes gewährleistet werden kann.

Ein Mindestkatalog anderer verfahrens- und stoffspezifischer Kriterien (bei Reinluftrückführung/Umluft), bei deren Erfüllung generell von einer Grenzwerteinhaltung auszugehen ist, kann jedoch nicht angegeben werden. Wie aus Abbildung 1 zu entnehmen ist, führen offenbar auch Kombinationen verschiedener Maßnahmen zum Erfolg, denn 75 % der Messwerte liegen unter dem Grenzwert.

Zur Reduzierung der KSS-Konzentrationen wird deshalb empfohlen, die Gefährdungsbeurteilung nach dem Ablaufschema in Abbildung 4 (siehe Seite 25) vorzunehmen:

- generell werden die Basismaßnahmen nach Abschnitt 6.1 erfüllt,
- soweit wie möglich wird auf emissionsarme KSS nach Abschnitt 6.2 umgestellt,
- Emissionen werden an der Entstehungsstelle abgesaugt (möglichst Kapselung) und die Aerosole werden abgeschieden (Abschnitte 6.3.1.1 und 6.3.1.2),
- es wird für Raumlüftung (Abschnitt 6.3.2) gesorgt.

Werden zusätzlich

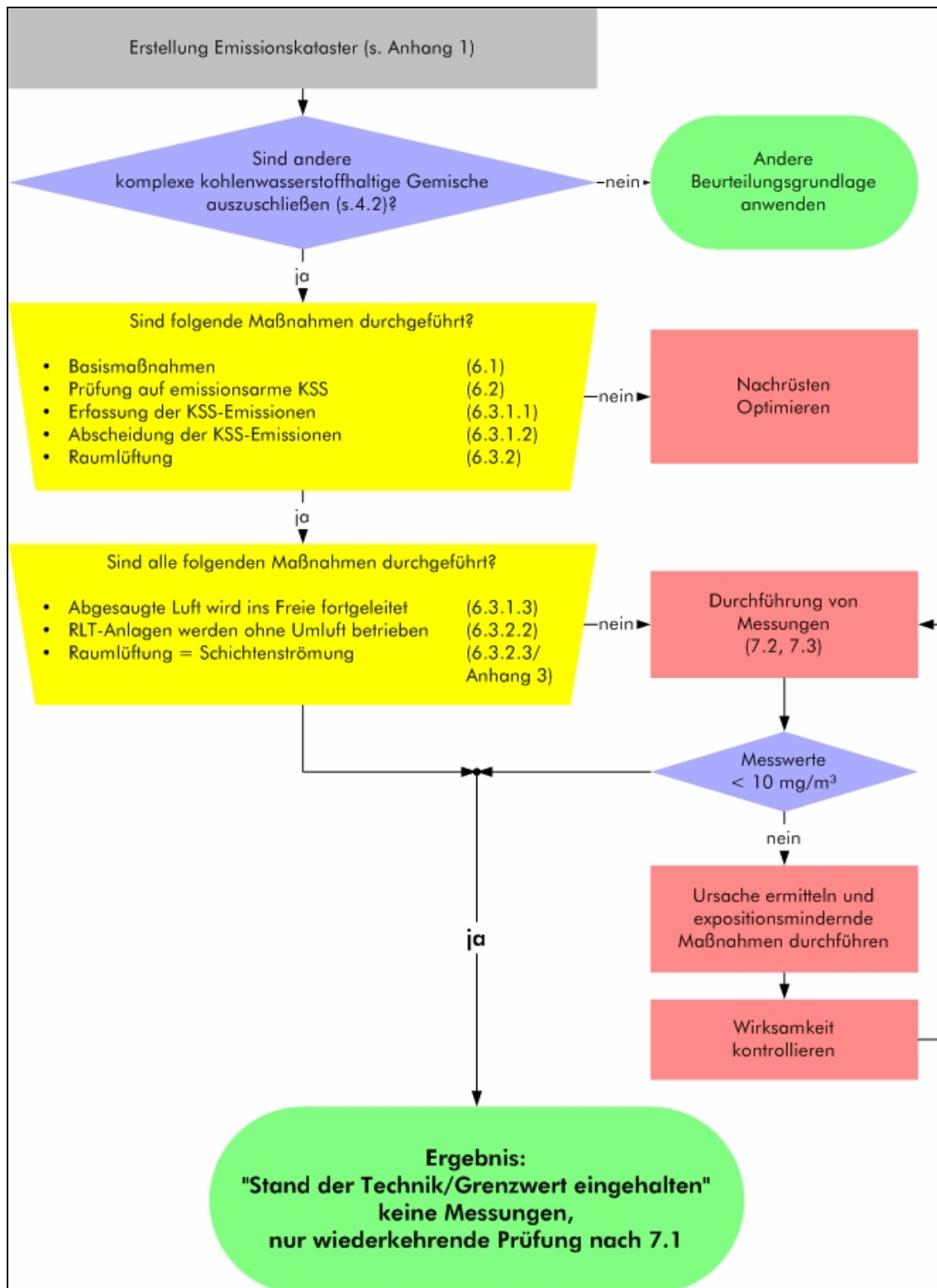
- die abgesaugte Luft, soweit eine Dampfabseidung technisch nicht möglich ist, ins Freie fortgeleitet,
- raumlufftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) ohne Umluft betrieben und
- die Luftführung als Schichtenströmung ausgeführt (siehe Anhang 3, Seite 74),



gilt der Luftgrenzwert für KSS als eingehalten. Diese Maßnahmen empfehlen sich insbesondere bei Neuanlagen. Ohne diese zusätzlichen Maßnahmen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Messungen nach Kapitel 7 durchzuführen.



Abbildung 4:
Ablaufschema Gefährdungsbeurteilung





6 Schutzmaßnahmen

6.1 Zusammenfassung der grundsätzlich durchzuführenden Maßnahmen (Basismaßnahmen)

Die in diesem Abschnitt aufgelisteten Maßnahmen sind generell an KSS-Arbeitsplätzen erforderlich. In Tabelle 2 sind Ursachen für KSS-Emissionen und Maßnahmen zu deren Minimierung aufgeführt.

Tabelle 2:
Gegenüberstellung von Ursachen und Basismaßnahmen

Ursachen für KSS-Emissionen	Maßnahmen
Ungünstig ausgelegte bzw. positionierte KSS-Zufuhr	Der KSS soll unmittelbar und gleichmäßig an die Wirkstelle gebracht werden, um Reibung zu mindern, den Spänetransport zu sichern und die Wärmeabfuhr zu gewährleisten.
Das zugeführte KSS-Volumen pro Zeiteinheit sowie der KSS-Druck sind nicht optimiert, Mindestwerte werden nicht eingehalten oder der Druck ist zu hoch.	Bestimmung und Einstellung des optimalen KSS-Volumenstromes (VDI 3035) [12]
Einschleppung von Fremdölen (Hydrauliköle, offene Schmiersysteme etc.). In nicht wassermischbaren KSS werden Fremdöle irreversibel vermischt. Eine Trennung ist mit mechanischen Verfahren nicht möglich. In wassergemischten KSS werden Fremdöle mehr oder weniger emulgiert. Nur die sich an der Oberfläche absetzende ölige Schicht kann abgetrennt werden.	KSS und Schmieröle aufeinander abstimmen, ggf. Einsatz von Skimmern und Separatoren zum Abtrennen von Fremdölen (VDI 3397, Blatt 2) [13] Konstruktive Trennung von Hydraulik-, Schmier- und KSS-Kreisläufen bei Neuanlagen. Bei Anwendung einer Verbrauchsölschmierung (Trennung konstruktiv nicht möglich) Installation von Schmierölableitungen, die ein Vermischen minimieren können.



Ursachen für KSS-Emissionen	Maßnahmen
<p>Zu hohe Temperatur des umlaufenden KSS, z. B. durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zu geringes KSS-Behältervolumen, ungenügende Füllmenge - schlechte Wärmeabführung über den KSS-Sammelbehälter - schlechte Abstimmung von KSS-Rücklauf und Zufuhr auf den Wärmefluss - schlechte Wärmeabfuhr durch Schaum 	<p>Ausreichende Auslegung von KSS-Behältern sowie KSS-Umlaufsystemen (VDI 3035).</p> <p>Für wassergemischte KSS sind gemäß TRGS 611 regelmäßige Temperaturkontrollen erforderlich. Bestimmte anwendungstechnisch bedingte Grenztemperaturen sind einzuhalten: maximal 40 °C bei vielen Zerspanungsoperationen (KSS-Lieferanten und Anlagenhersteller befragen!).</p>
<p>Erforderliche (technisch bedingte) hohe KSS-Drücke, große KSS-Fördermengen, schnell rotierende Werkzeuge und Werkstücke</p>	<p>Möglichst weitgehende Kapselung der Anlage, Anbringen von Spritzabdeckungen, Abdichten bzw. Ergänzen vorhandener Kapselungen</p>
<p>Verdampfen von KSS an warmen Werkstücken oder Spänen</p>	<p>Späne bzw. Werkstücke möglichst rasch aus dem Arbeitsraum entfernen (nicht lagern!)</p>
<p>Verschüttete, verspritzte oder verschleppte KSS im Arbeitsbereich (KSS-Pfützen)</p>	<p>Lecks an Gehäusen oder Leitungssystemen abdichten; Anbringen von Spritzabdeckungen. Sofortiges Beseitigen von Verunreinigungen unter Einsatz von Bindemitteln</p>
<p>Offene KSS-Sammel- und -Ablaufstellen, insbesondere mit großen Oberflächen</p>	<p>Sammel- und Ablaufstellen soweit wie möglich schließen</p>
<p>Ablagerung von KSS in Bodenwannen, Auffangwannen etc.</p>	<p>Regelmäßige Reinigung</p>
<p>Offenes Ablegen von mit KSS verunreinigten (getränkten) Putztüchern</p>	<p>Bereithalten verschließbarer Behältnisse, Putztücher darin sammeln und regelmäßig beseitigen</p>
<p>Abblasen von Werkstücken und Maschinen mit Druckluft</p>	<p>Notwendigkeit prüfen; andere Möglichkeiten nutzen (z. B. Gummiwischer bei Flachsleifmaschinen); Abblasen ggf. in der abgesaugten Maschinenkapselung bzw. in einer abgesaugten Kabine (Box o. Ä.)</p>



6.2 Emissionsarme Kühlschmierstoffe

6.2.1 Reduzierung der Emissionen von Kühlschmierstoffaerosolen

Durch den Zusatz von Antinebeladditiven lässt sich die Bildung lungengängiger Aerosole mit einer Partikelgröße zwischen $0,5 \mu\text{m}$ und $5 \mu\text{m}$ erheblich reduzieren. Antinebelzusätze sind besonders wirksam bei niedrig viskosen Kühlschmierstoffen wie z. B. Schleif- und Honölen. Die Wirkung kann durch mechanische und physikalische Beanspruchung (Scherung) zeitlich begrenzt sein. Weiterhin ist bei Prozessen mit notwendiger Feinstfiltration ($10 \mu\text{m}$ Filter, Anschwemmfilter) die Eignung des Kühlschmierstoffes mit dem Hersteller abzusprechen.

6.2.2 Reduzierung der Emissionen von Kühlschmierstoffdämpfen

KSS-Dämpfe entstehen durch den Eintrag thermischer Energie beim Bearbeitungsprozess. Durch die Auswahl emissionsarmer Grundöle (Hydrocracksolvate, Solventraffinate, synthetische Esteröle) kann die Verdampfung des Kühlschmierstoffes erheblich reduziert werden. Neben Kohlenwasserstoffverbindungen, die hauptsächlich aus dem Grundöl stammen, können auch Additivbestandteile und die bei der Bearbeitung entstehenden Reaktionsprodukte verdampfen. Eine Verringerung von Emissionen kann weiterhin durch den Einsatz von Multifunktionsölen (VDI 3035) erreicht werden.

In dem vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsprojekt „Emissionsarme Schmierstoffe“ (BMFT Projekt 01 ZH 8821/5) [14] konnte die emissionsreduzierende Wirkung dieser speziellen Kühlschmierstoffe nachgewiesen werden.

Als Richtwerte zur Auswahl eines nicht wassermischbaren emissionsarmen KSS haben sich in Abhängigkeit von der Viskosität insbesondere der Flammpunkt sowie der Verdampfungsverlust nach *Noack* bei $250 \text{ }^\circ\text{C}$ gemäß DIN 51581-1 bewährt [15].

Die prinzipielle Abhängigkeit des Verdampfungsverlustes nach *Noack* von der Viskosität zeigt Abbildung 5 (siehe Seite 30), Werte für den Verdampfungsverlust nach *Noack*, die anzustreben sind, sind in Tabelle 3 (siehe Seite 30) aufgelistet.



Abbildung 5:
Abhängigkeit des Verdampfungsverlustes nach *Noack* von der Viskosität

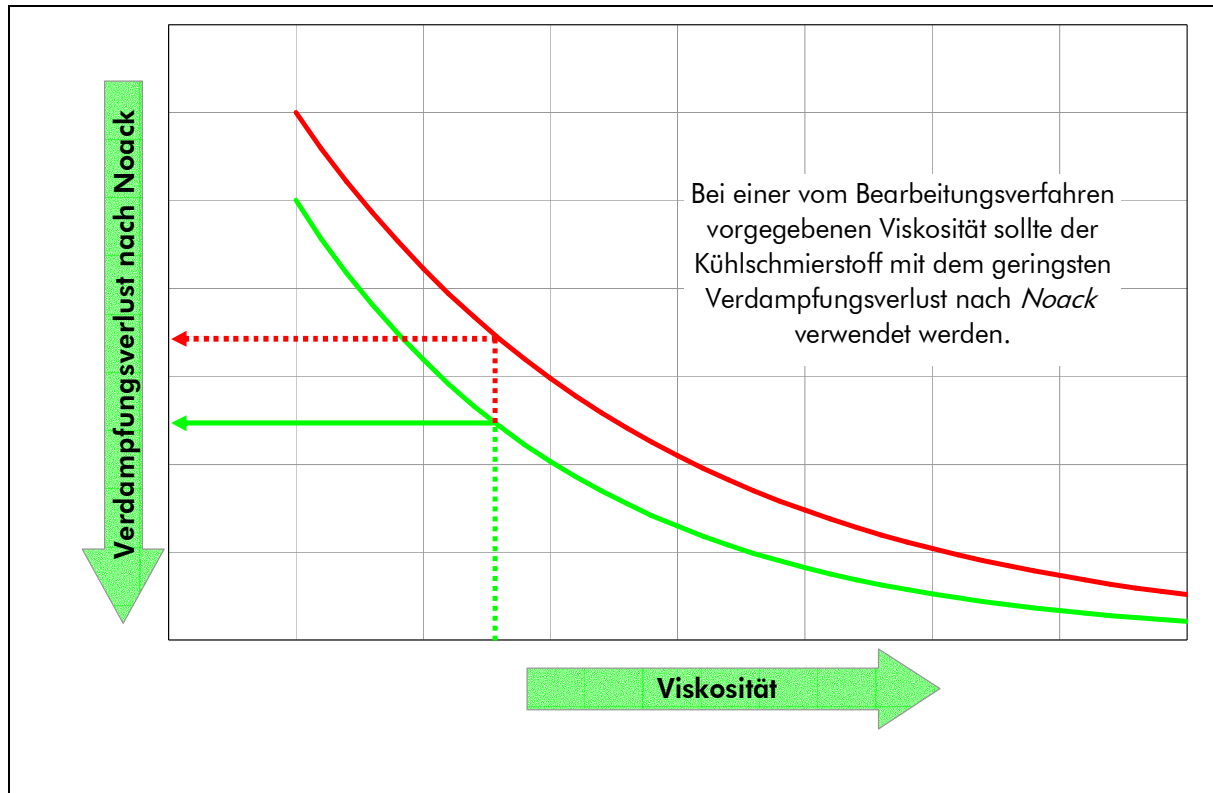


Tabelle 3:
Richtwerte für nicht wassermischbare emissionsarme KSS

Viskositätsklasse ISO VG DIN 51519 [16]	Viskosität 40 °C DIN 51562 [17] mm ² /s	Flammpunkt Cleveland offener Tiegel DIN ISO 2592 [18] °C	Verdampfungsverlust <i>Noack</i> 250 °C DIN 51581 %
7	6,12 bis 7,48	> 145	< 80
10	9 bis 11	> 155	< 60
15	13,5 bis 16,5	> 190	< 25
22	19,8 bis 24,2	> 200	< 15
32	28,8 bis 35,2	> 210	< 13
46	41,4 bis 50,6	> 220	< 11



6.3 Lufttechnische Maßnahmen

In vielen Fällen reichen die grundsätzlich durchzuführenden Basismaßnahmen nicht aus, um eine ausreichende Luftqualität am Arbeitsplatz zu erreichen. Deshalb sind folgende lufttechnische Maßnahmen erforderlich:

- Erfassung und Abscheidung von Kühlschmierstoffemissionen (Erfassungseinrichtungen, z. B. Einhausungen, Abscheider, z. B. filternde Abscheider, Absauganlagen)
- Raumlüftung (Raumluftechnische Anlagen; RLT-Anlagen).

Eine Skizze mit idealen lufttechnischen Verhältnissen ist in Anhang 3 (siehe Seite 74) dargestellt.

Grundlagen für die Auslegung lufttechnischer Maßnahmen sind u. a. in der VDI 2262 Blatt 3 [19] und der VDI 3802 [20] sowie in der berufsgenossenschaftlichen Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121) [21] beschrieben.

6.3.1 Erfassung und Abscheidung von KSS-Emissionen

6.3.1.1 Erfassung

Erfassungseinrichtungen können als offene Systeme, halboffene Systeme oder geschlossene Systeme (Absaughauben, Einhausung, Kapselung) ausgeführt werden. Der notwendige Erfassungsluft-Volumenstrom wird umso höher, je offener das Erfassungssystem ausgeführt ist. Bei der Erfassung von Kühlschmierstoffemissionen müssen alle Emissionsquellen (z. B. Austragstelle für die Späne, Spänebehälter, offene Kühlschmierstoff-Vorratsbehälter bei einzeln versorgten Maschinen) einbezogen werden. Der Erfassungsluft-Volumenstrom muss auf den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt werden. Bearbeitungsmaschinen mit kleinerem Bearbeitungsraum werden mit einem geringeren Volumenstrom abgesaugt als Maschinen mit einem größeren Raumvolumen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass nur die an die Umgebungsluft



abgegebenen KSS-Emissionen abgesaugt werden und dass der KSS in der Bearbeitungsmaschine verbleibt.

Die Luftgeschwindigkeit im Erfassungsquerschnitt (häufig die Ansaugöffnung) in der Maschine muss bei gekapselten Maschinen deutlich geringer sein als die Transportgeschwindigkeit von 12 m/s bis 15 m/s in den nachgeschalteten Rohrleitungen, weil der Kühlschmierstoff nicht in das Rohrleitungssystem eingesaugt werden soll. Eine Verringerung der Luftgeschwindigkeit im Erfassungsquerschnitt kann durch Erweiterung des Erfassungsquerschnittes (z. B. Anschluss mehrerer Ansaugöffnungen) erreicht werden. Vor der Ansaugöffnung sind Prallbleche oder Tropfenabscheider anzubringen.

Die Rohrleitung hinter dem Ansauganschluss ist, sofern möglich, vertikal zu montieren, damit sich keine kondensierten Kühlschmierstoffe ablagern können. Horizontal verlegte Rohrleitungen sind mit Gefälle zu montieren, damit der Kühlschmierstoff ablaufen kann. An Tiefpunkten müssen Ablauföffnungen in geschlossene Kühlschmierstoffbehälter vorhanden sein.

Eine derartige Erfassung hat den Vorteil, dass nicht zu viel KSS abgesaugt wird und damit verloren geht, dass KSS-Ablagerungen in den Rohrleitungen minimiert werden und dass die Rohluftkonzentration (KSS-Konzentration in der Absaugluft) nicht zu groß und dadurch der Abscheider überfrachtet wird.

Hinweise zur Auslegung von Erfassungseinrichtungen sind in der Richtlinie VDI 2262 Blatt 4 „Erfassen luftfremder Stoffe“ (Entwurf) [22] enthalten. Der bei gekapselten Maschinen notwendige Erfassungsluft-Volumenstrom kann nach der Geschwindigkeitsmethode dieser Richtlinie ermittelt werden.

Beim Einsatz nicht wassermischbarer Kühlschmierstoffe besteht erhöhte Brandgefahr. Bei Zentral- oder Gruppenabsauganlagen mit verzweigten Rohrleitungssystemen ist es ratsam, Rohrnetze aus längs geschweißten Stahlrohren und öldichten Flanschverbindungen zu verwenden.



6.3.1.2 Abscheidetechnik

Die abgesaugte Luft wird vorwiegend folgenden Abscheidern zugeführt.

- Elektrische Abscheider
(Elektrostatische Abscheider)

VDI 3678 [23]
- Massenkraftabscheider
(Zentrifugalabscheider)

VDI 3676 [24]
- Filternde Abscheider

VDI 3677 [25]
- Nassabscheider

VDI 3679 [26]

Die Eignung der Abscheider zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4:
Eignung von Abscheidern für Kühlschmierstoffemissionen

Abscheidersystem	Abscheidung von KSS		Sicherheit gegen Brand und Explosionen
	Dämpfen	Aerosolen	
elektrostatische Abscheider	keine Wirksamkeit	bis auf wassergemischte KSS relativ gut ¹⁾	keine
filternde Abscheider	keine Wirksamkeit	gut	keine
Massenkraft- abscheider	keine Wirksamkeit	ungenügend	keine
Nassabscheider	Nassabscheider werden in der Regel nur in Sonderfällen z. B. bei der kombinierten Nass-/Trockenbearbeitung eingesetzt.		

¹⁾ Bei wassergemischten Kühlschmierstoffen entstehen Kriechströme und dadurch Spannungsüberschläge, durch die die Abscheidewirkung verschlechtert wird.



6.3.1.3 Reinlufrückführung

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich wird, ist die Abscheidung von Kühlschmierstoffdämpfen derzeit nicht befriedigend möglich. Es ist daher anzustreben, die Reinluft als Fortluft ins Freie abzuleiten, da ansonsten die Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz erhöht werden. Dabei sind die Vorgaben des Bundesimmissionsschutzgesetzes [27] zu berücksichtigen.

Besteht nicht die Möglichkeit, eine Zentral- bzw. Gruppenabsauganlage mit Fortluftführung zu installieren, und befinden sich auf den einzelnen Maschinen Einzelabsaugungen mit Reinlufrückführung, so gelten die Anforderungen nach VDI 2262 Blatt 3 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Lufttechnische Maßnahmen“ sowie der BGR 143 „Umgang mit Kühlschmierstoffen“ [10] für die Kühlschmierstoffkonzentration in der zurückgeführten Luft, und es müssen weitergehende raumluftechnische Maßnahmen durchgeführt werden.

Erforderlich sind dann ein erhöhter Luftvolumenstrom der Hallenlüftung und eine Luftführung, die verhindert, dass die belastete Abluft der Abscheider wieder in den Arbeitsbereich der Beschäftigten gelangt. Dies ist nur mit einer Schichtströmung (Schichtlüftung), wie in Abschnitt 6.3.2.3 und Anhang 3 (Seite 74) beschrieben, möglich.

6.3.2 Raumlüftung

Eine freie (natürliche) Lüftung reicht nur in kleinen Räumen mit sporadischem Kühlschmierstoffeinsatz aus. In Werkhallen mit häufigem Umgang mit Kühlschmierstoffen ist diese Art der Lüftung aufgrund der Abhängigkeit von den Wetterbedingungen (Temperatur, Luftdruck) nicht dauerhaft einsetzbar.

Untersuchungen belegen weiterhin, dass zur Reduzierung der Kühlschmierstoffkonzentrationen am Arbeitsplatz Absauganlagen alleine nicht ausreichend sind. Um diffuse Emissionsquellen von Kühlschmierstoffen (z. B. Werkstückoberflächen) zu berücksichtigen, ist in der Regel die Errichtung einer raumluftechnischen Anlage erforderlich.



6.3.2.1 Luftvolumenströme

Der Gesamtabluft-Volumenstrom der Halle setzt sich aus dem Prozessabluft-Volumenstrom (Gesamtabluft-Volumenstrom der Absauganlagen) sowie dem Hallenabluft-Volumenstrom zusammen. Der Prozessabluft-Volumenstrom sollte maximal 50 % des Gesamtabluft-Volumenstromes der Halle betragen (VDI 2262 Blatt 4, Entwurf). Zum Ausgleich des Luftdefizites ist ein zum Gesamtabluft-Volumenstrom äquivalenter Zu-luftvolumenstrom erforderlich.

Bei größeren Anlagen sowie bei der Neuplanung ist eine Auslegung der Luftvolumenströme nach VDI 3802 (Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten) erforderlich, da hierbei eine konkrete, auf den einzelnen Anwendungsfall abgestimmte Lastrechnung (thermische Last, Gefahrstofflast) vorgenommen wird. Diese Berechnung wird von qualifizierten Lüftungsfirmen durchgeführt.

6.3.2.2 Umluft

In raumluftechnischen Anlagen werden im Prinzip die gleichen Abscheidesysteme eingesetzt wie in Absauganlagen. Deshalb ist bei der Errichtung und dem Betrieb raumluftechnischer Anlagen Umluft nicht zu empfehlen.

Zur Energieoptimierung kann in Anlagen mit größeren Luftvolumenströmen der Einbau eines regenerativen Wärmerückgewinnungssystems (VDI 2071) [28] sinnvoll sein.

6.3.2.3 Luftführung

In Werkhallen, in denen spanende Bearbeitungen stattfinden, ist immer mit einem thermisch bedingten Luftstrom, der mit Kühlschmierstoffaerosolen und -dämpfen kontaminiert ist, in Richtung zur Hallendecke zu rechnen. Eine die Gefahrstofflast mindernde Luftführung wie die Schichtenströmung (Schichtlüftung) unterstützt diesen Luftstrom. Bei der Schichtenströmung wird die Zuluft turbulenzarm in Bodennähe zugeführt und die Abluft wird an der Hallendecke abgeführt.



Ein Mischlüftungssystem mit unterhalb der Decke angebrachten Zu- und Abluftdurchlässen führt dazu, dass Gefahrstoffe im gesamten Hallenbereich verteilt werden (Verdünnungseffekt). Um die gleiche Effektivität wie mit der Schichtenströmung zu erreichen sind im Allgemeinen wesentlich höhere Luftvolumenströme notwendig.

6.3.3 Abnahmeprüfung und Dokumentation

Besonders wichtig sind der Umfang und die Abnahmeprüfung lufttechnischer Einrichtungen. Es wird empfohlen, als Grundlage für die Abnahmeprüfung die Norm DIN EN 12599 „Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen“ [29] bei der Auftragsvergabe schriftlich zu vereinbaren.

In Anlehnung an diese Norm sollten auch Absauganlagen und Abscheideeinrichtungen einer Abnahmeprüfung unterzogen werden.

Die Abnahmeprüfung ist Voraussetzung und Grundlage der Abnahme mit den sich daraus ergebenden Rechtswirkungen. Die Abnahmeprüfung besteht aus

- der Vollständigkeitsprüfung
- der Funktionsprüfung
- der Funktionsmessung (Sommer-/Winterbetrieb).

Der Umfang der Funktionsmessung, die Messverfahren und die Messgeräte sind bei der Auftragserteilung schriftlich festzulegen. Die Abnahmeprüfung muss schriftlich protokolliert werden.

Vom Hersteller oder Errichter der Absauganlagen bzw. RLT-Anlagen ist eine Konformitätserklärung zu verlangen. Der Hersteller bzw. Errichter muss bescheinigen, dass die Anlagen allen einschlägigen Normen und Richtlinien sowie den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen entsprechen.



Es sind u. a. aufzuführen:

- Name und Anschrift des Herstellers oder Errichters der Anlage
- Beschreibung der Anlage
- Wartungs- und Instandhaltungsintervalle
- Anlagenschema
- Aufstellung der einschlägigen Bestimmungen (Normen, Richtlinien, anerkannte Regeln der Technik), die beim Bau und bei der Installation der Anlage berücksichtigt wurden, ggf. Name und Anschrift der zugelassenen Prüfstelle für eingebaute Abscheider.

Eine Übersicht der wichtigsten Richtlinien, Normen und BG-Regeln enthält Anhang 4 (siehe Seite 75).

6.4 Organisatorische Maßnahmen

Hinsichtlich der zu berücksichtigenden organisatorischen Maßnahmen wird auf die BGR 143 verwiesen:

- Wartung und Pflege des Kühlschmierstoffes
- Hygienemaßnahmen
- Hautschutz und Hautpflege
- Betriebs- und Arbeitsanweisungen.



7 Überprüfung und Dokumentation der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen

7.1 Wiederkehrende Prüfung lufttechnischer Einrichtungen

Nach § 53 Arbeitsstättenverordnung [30] sind Absauganlagen und Abscheider jährlich, RLT-Anlagen zweijährlich sachkundig zu prüfen. Die Prüfergebnisse sind zu dokumentieren.

7.2 Messung der Kühlschmierstoffkonzentration

Wie in Kapitel 4 ausgeführt, ist der Unterschied der Messwerte zwischen personengebundenen und stationären Messungen sehr gering (siehe Abbildung 2, Seite 20).

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen (siehe Ablaufschema in Abbildung 4, Seite 25) wird daher folgendes Konzept vorgeschlagen:

- Stationäre KSS-Messungen zur Ermittlung der Grundbelastung in der Halle
- Eine Messung der Kühlschmierstoffkonzentration an der Person in einem ausgewählten Fall
- Parallelmessung leicht flüchtiger Kohlenwasserstoffe.

Zur Messung der Grundbelastung der Halle sind mehrere im Raum verteilte stationäre Probenahmen für Kühlschmierstoffaerosole und -dämpfe in einer repräsentativen Schicht erforderlich.

Die Randbedingungen (Tor- und Türöffnungen, Zustand der Dachreiter etc.), unter denen die Messungen stattfinden, sollten so gewählt werden, dass ein möglichst geringer natürlicher Luftaustausch stattfindet (worst case). Die lufttechnischen Anlagen sollten im normalen Betriebszustand betrieben werden.

Die Messung an der Person ist bei der höchsten zu erwartenden Emission durchzuführen. Dazu muss ein Bediener an einer Maschine ausgewählt werden, an der z. B.



der Kühlschmierstoff mit dem jeweils niedrigsten Flammpunkt eingesetzt wird. Es kann auch ein Bediener an einer nicht gekapselten Maschine sein. Der Beschäftigte sollte seine üblichen Tätigkeiten ausführen.

Um Quereinflüsse auszuschließen, ist grundsätzlich parallel zur Probenahme für Kühlschmierstoffe (TRGS 901 Nr. 72, Teil 1) eine Probenahme für leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe und Lösemittel durchzuführen (siehe BIA-Arbeitsmappe Kennzahl 7735) [31].

Werden diese BG/BIA-Empfehlungen nicht angewendet, sondern davon unabhängig betriebliche Messungen durchgeführt, so sind nach Anhang 1 zur TRGS 402 zur Erhebung des Befundes „Einhaltung des Grenzwertes“ in der Regel Messungen in drei verschiedenen Schichten erforderlich. Sind für diese Messergebnisse alle Indices ≤ 1 und ist der geometrische Mittelwert¹ $\leq 0,5$, so gilt der Grenzwert als eingehalten.

7.3 Beurteilung der Kühlschmierstoffkonzentration

Liegen alle Messwerte bei den vorgenannten Bedingungen unter 10 mg/m^3 , so sind keine weiteren Kontrollmessungen durchzuführen, solange keine wesentlichen verfahrenstechnischen Änderungen stattfinden.

Liegen Messwerte oberhalb von 10 mg/m^3 und werden in den Parallelproben keine leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffe oder Lösemittel nachgewiesen, so ist das Schutzmaßnahmenkonzept zu überprüfen, zu verbessern und durch eine erneute Messung zu überprüfen.

Werden leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe oder Lösemittel nachgewiesen, muss die Beurteilungsgrundlage überprüft werden.

¹ Geometrischer Mittelwert: $GM_{\bar{i}} = \sqrt[n]{i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n}$



8 Anwendungshinweise

Der Anwender muss jährlich überprüfen, ob diese BG/BIA-Empfehlungen noch gültig und in seinem Betrieb die Voraussetzungen zur Anwendung gegeben sind. Diese Ermittlungsergebnisse sind zu dokumentieren.



9 Überprüfung

Diese BG/BIA-Empfehlungen wurden im Mai 2004 verabschiedet. Sie werden in jährlichen Abständen überprüft. Sollten Änderungen, insbesondere durch eventuelle Grenzwertabsenkungen, notwendig werden, werden diese veröffentlicht.



10 Literaturverzeichnis

- [1] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). Ausgabe: November 1997. BArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27-33
- [2] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV). Neufassung: November 1999. BGBl. I (1999), S. 2233; zul. geänd. BGBl. I (2003), S. 2304
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte (TRGS 900). Ausgabe: Oktober 2000. BArbBl. (2000) Nr. 10, S. 34-63; zul. geänd. BArbBl. (2003) Nr. 9, S. 48
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien für die dauerhaft sichere Einhaltung von Luftgrenzwerten (VSK) (TRGS 420). Ausgabe: September 1999. BArbBl. (1999) Nr. 9, S. 53-58; zul. geänd. BArbBl. (2003) Nr. 1, S. 58
- [5] DIN 51385: Schmierstoffe; Kühlschmierstoffe; Begriffe (06/91). Beuth, Berlin 1991
- [6] DIN EN 481: Arbeitsplatzatmosphäre – Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel (09/93). Beuth, Berlin 1993
- [7] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 901). Ausgabe: April 1997. Anhang, lfd. Nr. 72 „Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische“. BArbBl. (1996) Nr. 6, S. 61; zul. geänd. BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 72
- [8] BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen, Minimalmengenschmierung bei der Metallzerspanung (Kennzahl 1042). In: BIA-Arbeitsmappe



- Messung von Gefahrstoffen. 31. Lfg. 10/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA. Erich Schmidt, Bielefeld 1989 – Losebl.-Ausg.
- [9] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verwendungsbeschränkungen für wasser-mischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können (TRGS 611). Ausgabe: Oktober 2002. BArbBl. (2002) Nr. 10, S. 67-72
- [10] Berufsgenossenschaftliche Regeln: Umgang mit Kühlschmierstoffen (BGR 143). (7/94). Carl Heymanns, Köln 1994
- [11] Isokinetisches Probenahmesystem (IPS) zur Messung der Konzentration partikel- und dampfförmiger Stoffe in strömender Luft durch Teilstromentnahme (Kennzahl 3110). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 12. Lfg. IV/94. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Bielefeld 1989 – Losebl.-Ausg.
- [12] VDI 3035: Anforderungen an Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen und periphere Einrichtungen beim Einsatz von Kühlschmierstoffen (09/97). Beuth, Berlin 1997
- [13] VDI 3397 Blatt 2: Pflege von Kühlschmierstoffen für die Metallbe- und -verarbeitung – Maßnahmen zur Qualitätserhaltung, Abfall- und Abwasserverminderung (08/94). Beuth, Berlin 1994
- [14] Emissionsarme Schmierstoffe – Entwicklung und technische Errprobung emissionsarmer Schmierstoffe unter Verwendung nachwachsender Rohstoffe zur Verminderung der schadstoffbedingten Belastung der Umwelt durch organische Stoffe. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt 01 ZH 8821/5 des Bundesministerium für Forschung und Technologie. Hrsg.: Mercedes Benz und Fuchs Mineralölwerke
- [15] DIN 51581-1: Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung des Verdampfungsverlustes – Teil 1: Verfahren nach Noack (2/03). Beuth, Berlin 2003



- [16] DIN 51519: Schmierstoffe – ISO-Viskositätsklassifikation für flüssige Industrie-Schmierstoffe (08/98). Beuth, Berlin 1998
- [17] DIN 51562 Blatt 1 bis 4: Viskosimetrie – Messung der kinematischen Viskosität mit dem Ubbelohde-Viskosimeter (01/99). Beuth, Berlin 1999
- [18] DIN EN ISO 2592: Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes im offenen Tiegel nach Cleveland (09/02). Beuth, Berlin 2002
- [19] VDI 2262 Blatt 3: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe; Lufttechnische Maßnahmen (05/94). Beuth, Berlin 1994
- [20] VDI 3802: Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten (12/98). Beuth, Berlin 1998
- [21] Berufsgenossenschaftliche Regeln: Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen (BGR 121) (1/04). Carl Heymanns, Köln 2004
- [22] VDI 2262 Blatt 4: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe (Entwurf 3/04). Beuth, Berlin 2004
- [23] VDI 3678 Blatt 2: Elektrofilter – Prozessluft- und Raumlufreinigung (8/01). Beuth, Berlin 2001
- [24] VDI 3676: Massenkraftabscheider (10/99). Beuth, Berlin 1999
- [25] VDI 3677 Blatt 1 und 2: Filternde Abscheider (07.97 und 02.04). Beuth, Berlin
- [26] VDI 3679 Blatt 1 bis 3: Nassabscheider (12.98, 03.99 und 12.01). Beuth, Berlin
- [27] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG). Neufassung: September 2002. BGBl. I (2002), S. 3830; zul. geänd. BGBl. I (2004), S. 2



- [28] VDI 2071: Wärmerückgewinnung in Raumlufotechnischen Anlagen (12/97).
Beuth, Berlin 1997
- [29] DIN EN 12599: Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufotechnischer Anlagen (8/00). Beuth, Berlin 2000
- [30] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV). Ausgabe: März 1975. BGBl. I (1975), S. 729; zul. geänd. BGBl. I (2003), S. 2304
- [31] Kohlenwasserstoff-Gemische (Kennzahl 7735). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 32. Lfg. IV/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Bielefeld 1989 – Losebl.-Ausz.



Anhang 1: Emissionskataster

Das Emissionskataster dient der Datenerhebung im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung, bei der Durchführung von Messungen und kann auch als Checkliste verwendet werden.

Angaben zum Betrieb

Betrieb: _____

Adresse: _____

Betriebsteil: _____

Angaben zum Baukörper und zur Lüftung

Raumvolumen: _____ m³

Raumfläche: _____ m²

Skizze 1: Grundriss mit Bemaßung Aufsicht

Skizze 2: Hallenbelegungsplan Aufsicht

Skizze 3: Hallenlüftungsplan Aufsicht

Skizze 4: Hallenlüftungsplan Schnitt

Angaben zu den eingesetzten Stoffen und Maschinen

Liste 1: Einsatzstoffe mit physikalischen Angaben

Liste 2: Maschinenliste mit technischen Angaben

Liste 3: Absaugtechnische Einrichtungen



Lüftungsbilanz der Hallenlüftung

Gesamter maschinell in die Halle geförderter Außenluft-Volumenstrom	m ³ /h
Gesamter maschinell aus der Halle geförderter Fortluft-Volumenstrom	m ³ /h
Gesamter maschinell geförderter Hallenumluft-Volumenstrom	m ³ /h

Lüftungsbilanz der absaugtechnischen Einrichtungen

Gesamter Fortluft-Volumenstrom der Einzelabscheider	m ³ /h
Gesamter Reinlufrückführungs-Volumenstrom der Einzelabscheider	m ³ /h



Einsatzstoffliste (Liste 1)

Alle Einsatzstoffe mit ihren physikalischen Angaben werden aufgeführt, auch kohlenwasserstoffhaltige Produkte (sonstige), die nicht zu den KSS zählen, mit ihren jeweiligen Flammpunkten. Ziel dieser Erhebung ist auch die Überprüfung des Anwendungsbereiches nach Abschnitt 4.2 und des Einsatzes emissionsarmer KSS nach Abschnitt 6.2.

Tabelle 1:
Einsatzstoffliste

Lfd. Nr.	Handelsname/ Hersteller	Sonstige ¹	KSS (nw/w) ²	Flamm- punkt °C	Viskosität ³ 40 °C mm ² /s	Noack- Zahl ³	Bemerkungen

1: sonstige flüchtige Stoffe

2: nw = nicht wassermischbar, w = wassergemischt

3: für nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe



Maschinenliste (Liste 2)

Tabelle 2:
Maschinenliste

Maschine Nr.	Bezeichnung/ Hersteller	Bearbeitungs- art	KSS (1)	KSS-Versorgung Einzel/Zentral	Maßnahmen an der Maschine (2, 3, 4)	Basis- maßnahmen durchgeführt ja/nein

(1) Verbindung zur Einsatzstoffliste (Nummer des Einsatzstoffes)

(2) Offene Maschine ohne Spritzschutz

(3) Teiloffene Maschine

(4) Gekapselte Maschine

**Liste der absaugtechnischen Einrichtungen an den Maschinen (Liste 3)**Tabelle 3:
Absaugtechnische Einrichtungen

Nr.	Typ/Art/ Hersteller (1, 2, 3, 4)	Anschluss an folgende Ma- schine(n)	Absaug- volumenstrom in m ³ /h	Abnahme- messung ja/nein	Abführung der Ab- saugluft als Fortluft ja/nein

- (1) filternder Abscheider
- (2) Nassabscheider
- (3) Massenkraftabscheider
- (4) Elektrofilter



Anhang 2: Ergebnisse des KSS-Messprogramms 9076

Im Rahmen des Messprogramms wurden sieben Betriebe untersucht. Tabelle 1 zeigt die Messwerte. Im Anschluss werden die Einzeldaten (Tabellen 2 bis 26, Seite 57 bis 73) mit Skizze der Halle (Abbildungen 1 bis 7, Seite 57 bis 72) und den weiteren Randbedingungen dargestellt.

Tabelle 1:
Messwerte im Sondermessprogramm 9076

Firma	Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
			Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
A	1	11	2,0	2,9	3,0	3,6
	2	10	2,5	3,3	3,3	4,0
	3	10	1,8	3,0	3,2	3,8
B	1	5	5,4	6,5	6,9	7,6
	2	5	2,0	2,7	2,7	3,4
	3	5	6,8	7,1	7,1	7,5
C	1	5	1,7	2,1	2,0	2,7
	2	5	1,7	2,0	2,0	2,3
	3	5	1,7	1,9	1,8	2,5
D	1	5	2,3	2,6	2,6	2,8
	2	5	3,9	4,3	4,3	4,5
	3	5	3,7	3,8	3,8	4,0
E	1	5	6,6	10,3	8,7	19,5
	2	5	6,8	9,0	9,0	10,6
	3	5	5,0	6,1	5,8	8,1



Tabelle 1:
Fortsetzung

Firma	Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
			Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
F	1	8	0,6	1,4	1,6	2,1
	2	6	0,6	0,8	0,8	0,9
	3	6	0,9	1,5	1,6	1,9
G	1	3	4,1	4,9	4,4	6,2
	2	4	4,6	5,5	5,5	6,6
	3	8	3,5	5,2	5,3	6,8

Grau unterlegt: Grenzwertüberschreitung durch Störung der lufttechnischen Einrichtungen

Anhang 2.1: Betrieb A, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 1:
Hallenquerschnitt

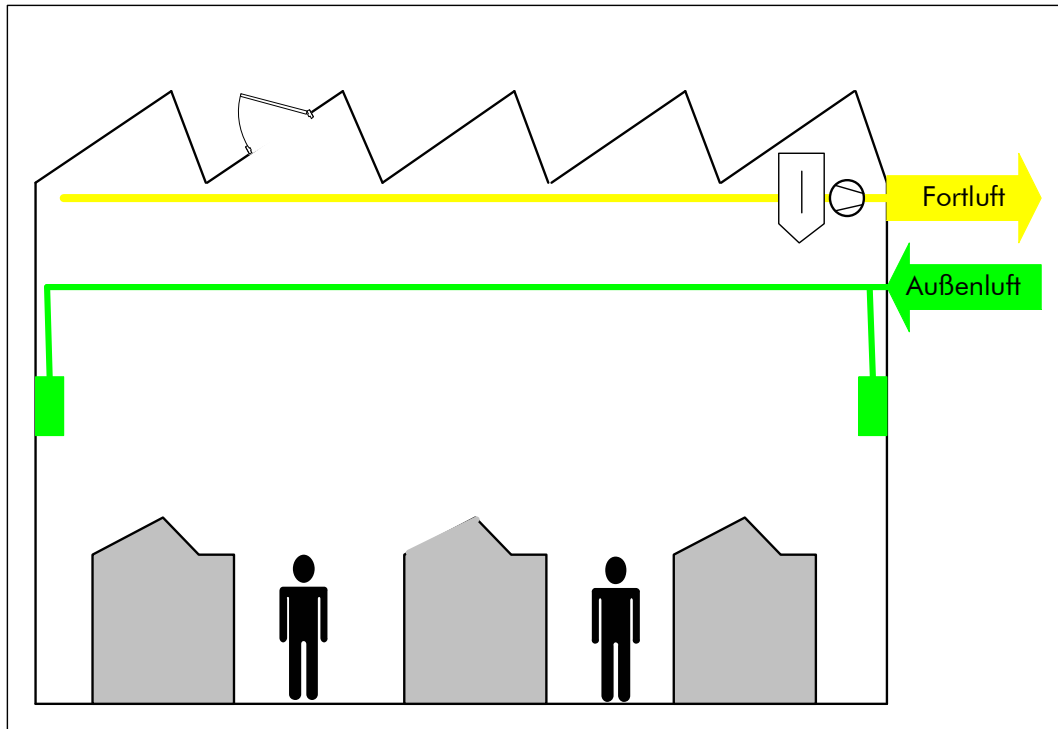


Tabelle 2:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	11	2,0	2,9	3,0	3,6
2	10	2,5	3,3	3,3	4,0
3	10	1,8	3,0	3,2	3,8



Bemerkungen:

Einige Maschinen sind nicht gekapselt. In den Pausenzeiten wurden die Dachöffnungen geöffnet. Die an den Längsseiten der Halle angeordneten Türen waren geöffnet.

Tabelle 3:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	18 720	Anzahl unterschiedlicher KSS	1
Hallenfläche in m ²	2 880	Art	w-KSS
Hallenhöhe in m ³	6,5	Flammpunkt in °C	---
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	---
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	36	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	---

Tabelle 4:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	100 000	Anzahl	---
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	100 000	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinluftrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---



Anhang 2.2: Betrieb B, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 2:
Hallenquerschnitt

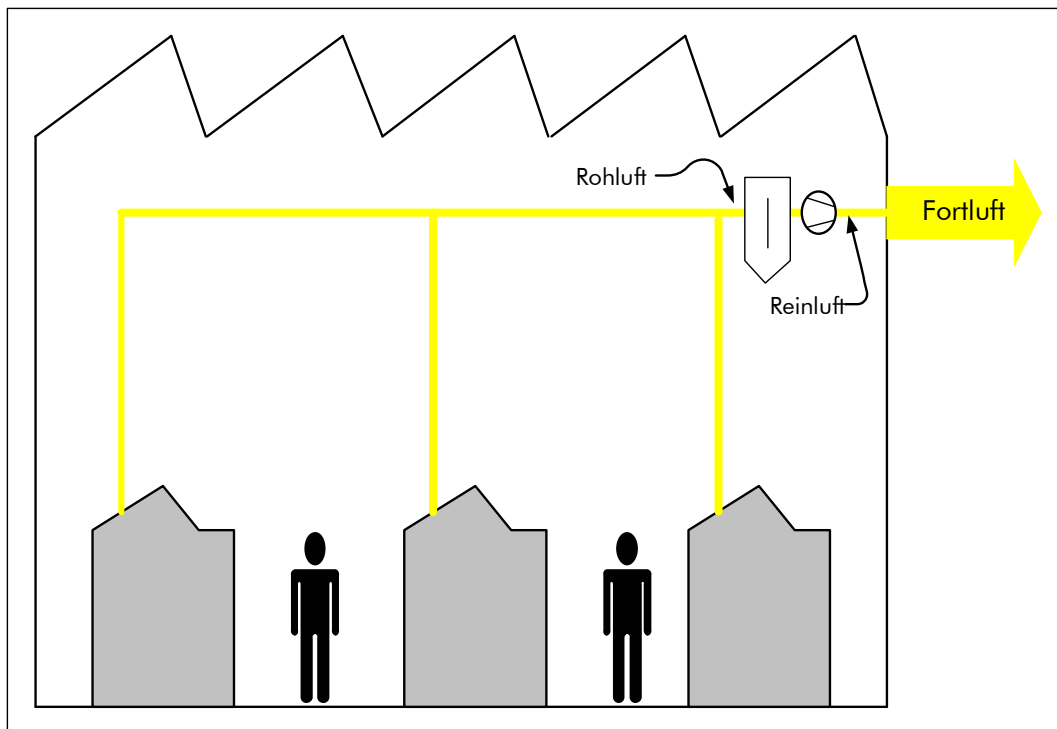


Tabelle 5:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	5	5,4	6,5	6,9	7,6
2	5	2,0	2,7	2,7	3,4
3	5	6,8	7,1	7,1	7,5



Bemerkungen:

Tore, Türen und Dachreiter waren während der Messungen geschlossen.

Tabelle 6:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	5 426	Anzahl unterschiedlicher KSS	1
Hallenfläche in m ²	820	Art	Nw-KSS
Hallenhöhe in m	6,6	Flammpunkt in °C	232
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	18,8
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	14	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	4,1

Tabelle 7:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Anzahl	1
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	4 590
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---



Tabelle 8:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in Rohrleitungen an Abscheidern

	Kühlschmierstoffkonzentration in mg/m ³		
	Aerosol und Dampf	Aerosol	Dampf
Rohluft	16,9	1,2	15,7
Reinluft	18,7	0,1	18,6



Anhang 2.3: Betrieb C, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 3:
Hallenquerschnitt

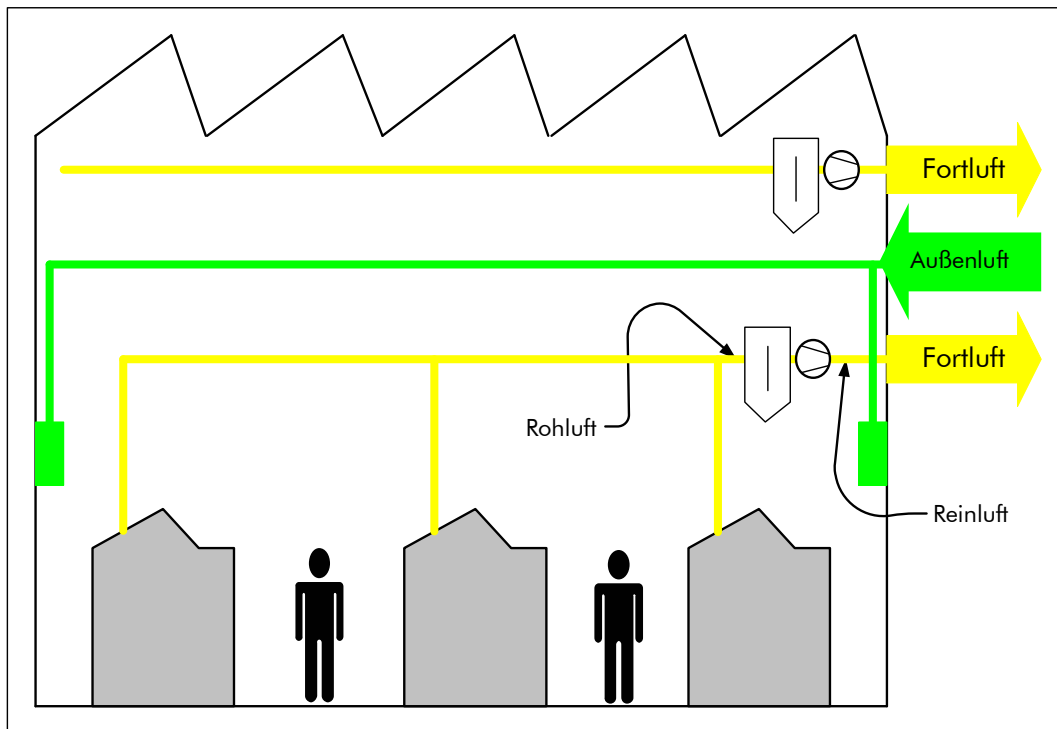


Tabelle 9:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	5	1,7	2,1	2,0	2,7
2	5	1,7	2,0	2,0	2,3
3	5	1,7	1,9	1,8	2,5



Tabelle 10:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	21 920	Anzahl unterschiedlicher KSS	1
Hallenfläche in m ²	1 842	Art	nw-KSS
Hallenhöhe in m	11,9	Flammpunkt in °C	210
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	15,8
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	18	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	22

Tabelle 11:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	43 800	Anzahl	1
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	19 230	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	6 300
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---

Tabelle 12:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in Rohrleitungen an Abscheidern

	Kühlschmierstoffkonzentration in mg/m ³		
	Aerosol und Dampf	Aerosol	Dampf
Rohluft	36,4	35	1,4
Reinluft	5,1	1,8	3,3



Anhang 2.4: Betrieb D, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 4:
Hallenquerschnitt

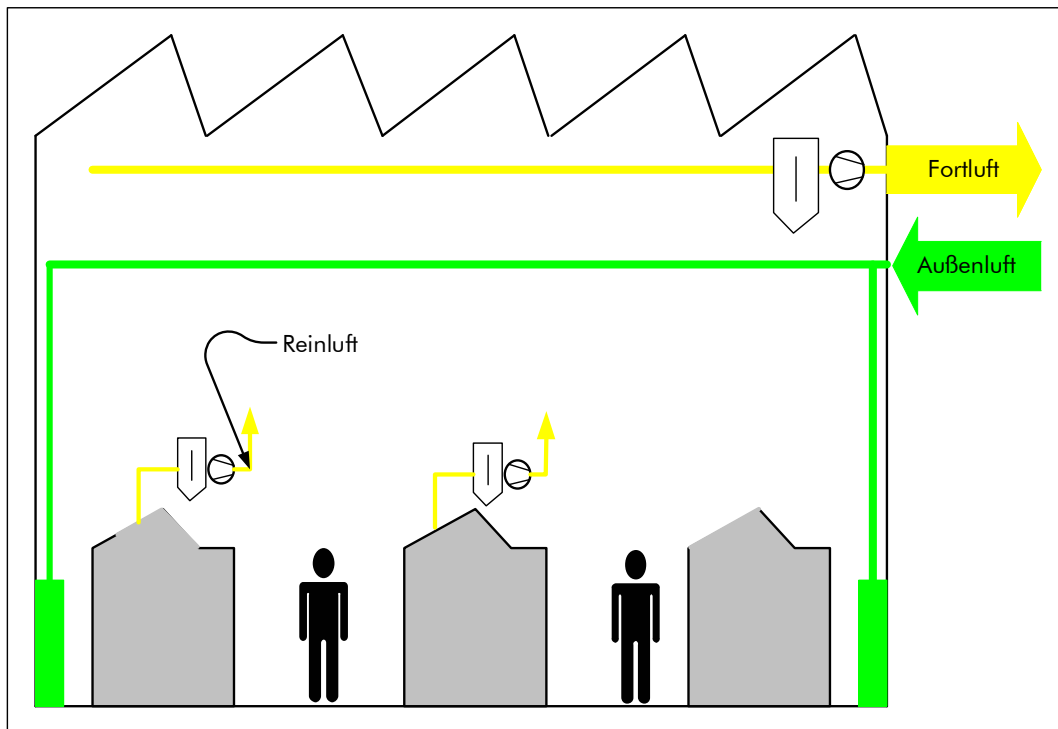


Tabelle 13:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	5	2,3	2,6	2,6	2,8
2	5	3,9	4,3	4,3	4,5
3	5	3,7	3,8	3,8	4,0



Bemerkungen:

Einige Maschinen waren nicht vollständig gekapselt.

Tabelle 14:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	20 271	Anzahl unterschiedlicher KSS	4
Hallenfläche in m ²	2 600	Art	w-KSS
Hallenhöhe in m	7,8	Flammpunkt in °C	150; > 160
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	---
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	8	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	---

Tabelle 15:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	22 650	Anzahl	4
Fortluft-Volumenstrom in m ³ / h	21 500	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	7 400



Tabelle 16:
Messung der Kühlschmierstoffkonzentration in der
Rohrleitung an einem Einzelabscheider

	Kühlschmierstoffkonzentration in mg/m ³		
	Aerosol und Dampf	Aerosol	Dampf
Reinluft	5,1	1,8	3,3



Anhang 2.5: Betrieb E, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 5:
Hallenquerschnitt

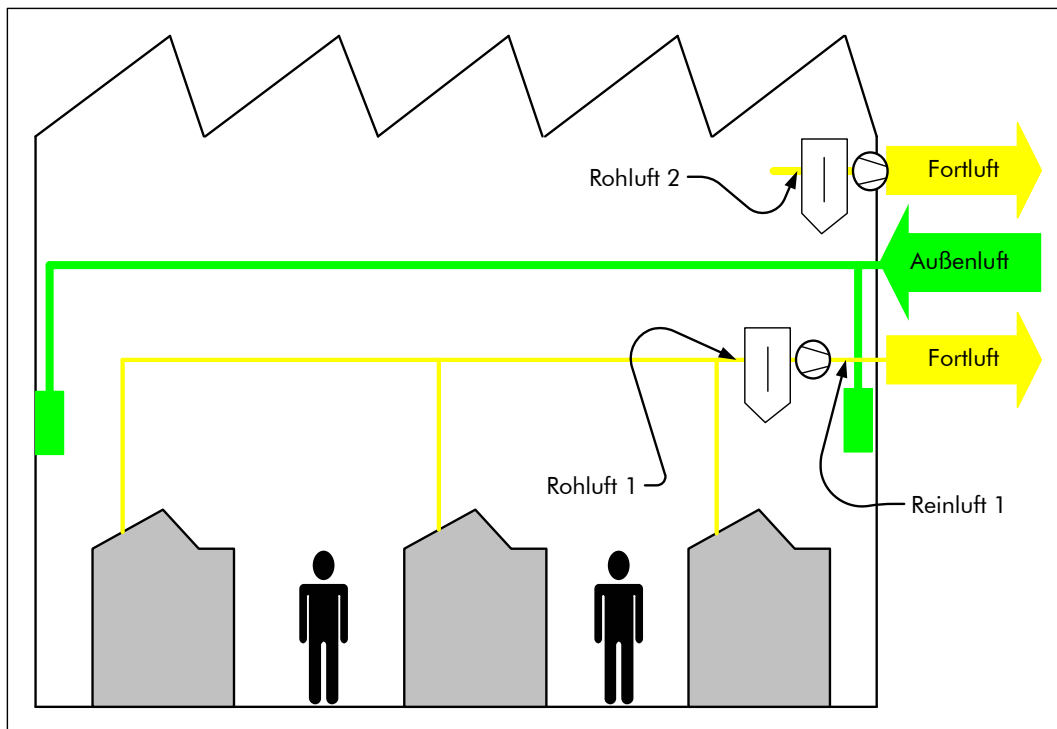


Tabelle 17:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	5	6,6	10,3	8,7	19,5
2	5	6,8	9,0	9,0	10,6
3	5	5	6,1	5,8	8,1

Grau unterlegt: Grenzwertüberschreitung durch Störung der lufttechnischen Einrichtungen



Bemerkungen:

Bei Messung 1: Störungen in der Lüftungsanlage

Tabelle 18:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	4 260	Anzahl unterschiedlicher KSS	2
Hallenfläche in m ²	914	Art	w-KSS
Hallenhöhe in m	4,7	Flammpunkt in °C	---
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	---
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen i. Betrieb)	15	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	---

Tabelle 19:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	11 500	Anzahl	1
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	11 500	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	9 000
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---



Tabelle 20:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in Rohrleitungen an Abscheidern

	Kühlschmierstoffkonzentration in mg/m ³		
	Aerosol und Dampf	Aerosol	Dampf
Rohluft 1	60,7	28,8	31,9
Reinluft 1	55	18,2	36,8
Rohluft 2	12,2	0,4	11,8



Anhang 2.6: Betrieb F, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 6:
Hallenquerschnitt

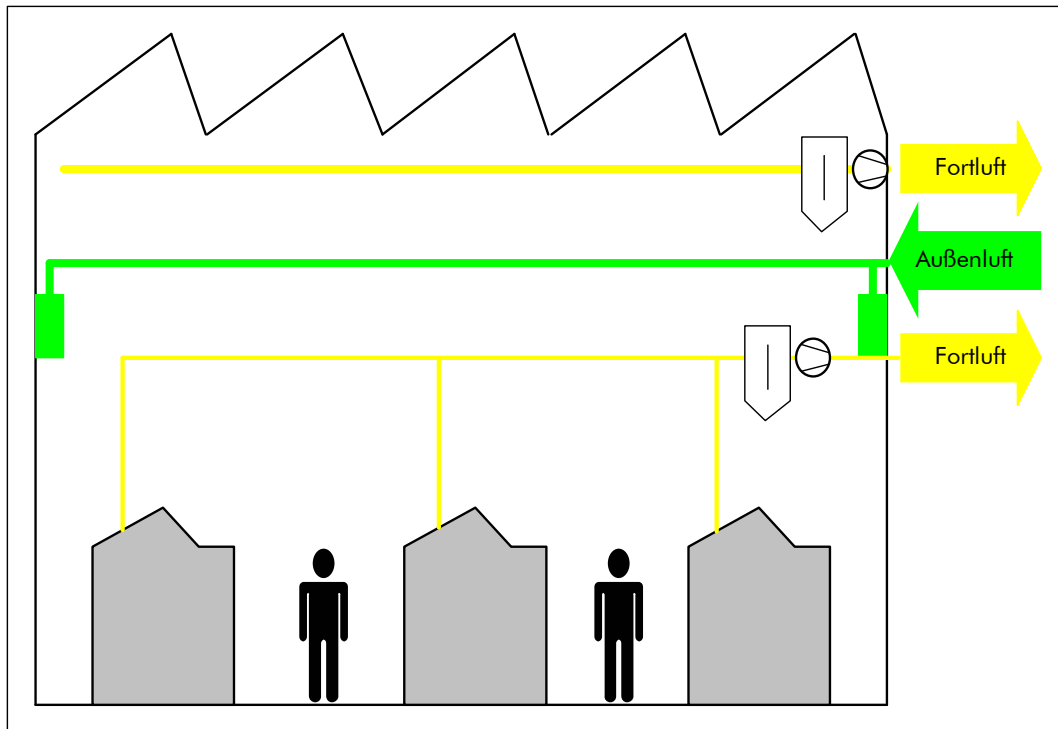


Tabelle 21:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	8	0,6	1,4	1,6	2,1
2	6	0,6	0,8	0,8	0,9
3	6	0,9	1,5	1,6	1,9



Bemerkungen:

Fünf Transferstraßen mit KSS-Einsatz. In der Halle findet ebenfalls Trockenbearbeitung statt.

Tabelle 22:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	82 236	Anzahl unterschiedlicher KSS	1
Hallenfläche in m ²	7 476	Art	nw-KSS
Hallenhöhe in m	11	Flammpunkt in °C	160
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	10,8
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	9 (Transferstraßen)	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> in %	57

Tabelle 23:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	120 000	Anzahl	1
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	99 000	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	89 000
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---



Anhang 2.7: Betrieb G, Skizze der Halle, Messwerte und Randbedingungen

Abbildung 7:
Hallenquerschnitt

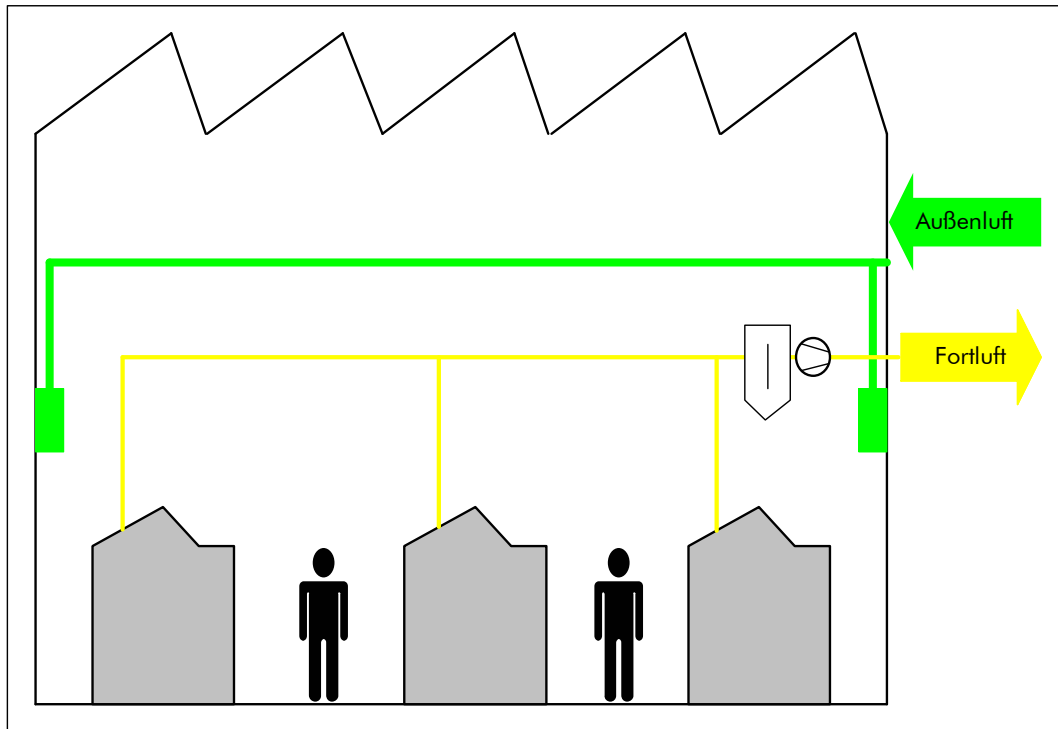


Tabelle 24:
Messungen der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Halle

Messung	Anzahl der Messpunkte	Kühlschmierstoff-Gesamtkonzentration in mg/m ³			
		Minimaler Wert	Mittelwert	Median	Maximaler Wert
1	3	4,1	4,9	4,4	6,2
2	4	4,6	5,5	5,5	6,6
3	8	3,5	5,2	5,3	6,8



Tabelle 25:
Gebäude- und Kühlschmierstoffdaten

Gebäudedaten		Eingesetzte Kühlschmierstoffe	
Raumvolumen in m ³	26 400	Anzahl unterschiedlicher KSS	1
Hallenfläche in m ²	2 400	Art	nw-KSS
Hallenhöhe in m	11	Flammpunkt in °C	135
		Viskosität 40 °C in mm ² /s	5,2
Anzahl der KSS-Emitenten (Maschinen in Betrieb)	18	Verdampfungsverlust nach <i>Noack</i> %	95

Tabelle 26:
Lüftungsbedingungen

Hallenlüftung		Absauganlagen/Abscheider	
Außenluft-Volumenstrom in m ³ /h	54 000	Anzahl	7
Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Fortluft-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	52 600
Umluft-Volumenstrom in m ³ /h	---	Reinlufrückführungs-Volumenstrom in m ³ /h (Einzelabscheider – gesamt)	---



Anhang 3: Skizze einer Werkhalle mit optimierten Bedingungen

Abbildung 1:
Werkhalle mit zentraler Absaugung und Reinfluffortführung sowie optimierter Luftführung in der Halle (Schichtenströmung)

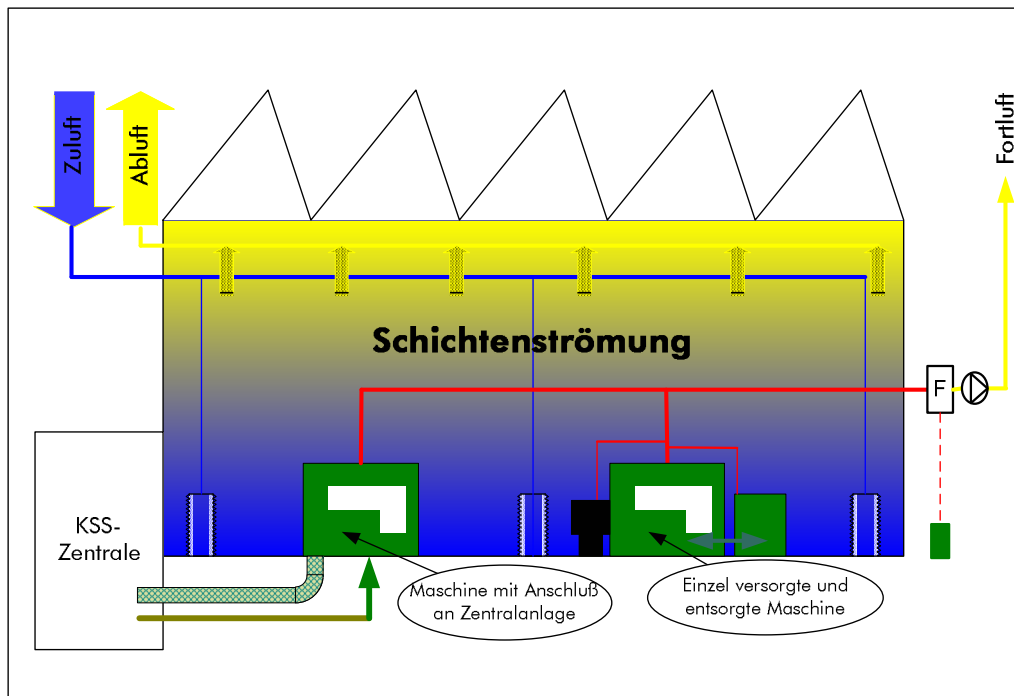
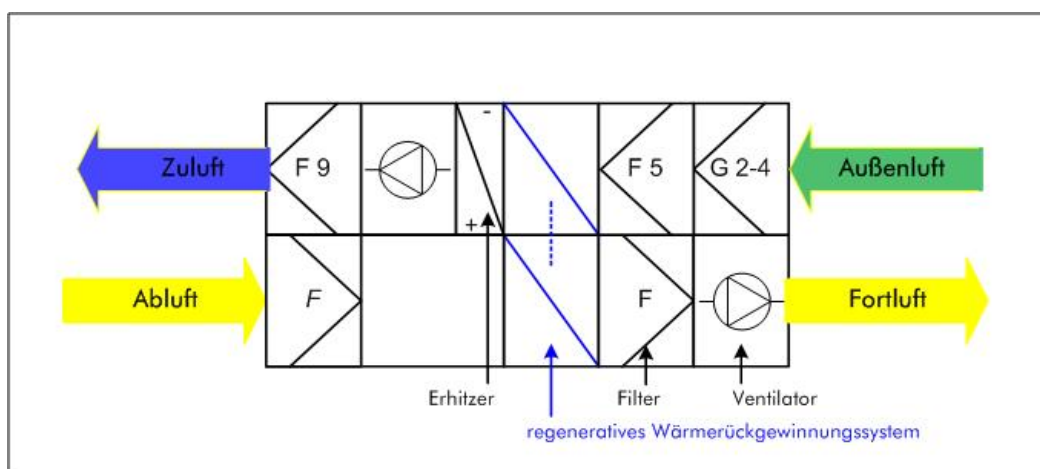


Abbildung 2:
Zentralstation der raumluftechnischen Anlage mit regenerativer Wärmerückgewinnung





Anhang 4: Normen, Richtlinien und BG-Regeln für lufttechnische Anlagen

In Tabelle 1 sind – differenziert nach Bauelementen, Abnahme/Übergabe und Instandhaltung – die mindestens zu beachtenden Normen, Richtlinien und BG-Regeln zusammengestellt.

Tabelle 1:
Übersicht über Normen, Richtlinien und Regeln

Bauelemente, Abnahme, Instandhaltung	Normen, Richtlinien, BG-Regeln		Ausgabe
Erfassung	VDI 2262	Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition luftfremder Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe (Blatt 4, Entwurf)	03.04
	VDI 3929	Erfassen luftfremder Stoffe	08.92
	BGR 121	Arbeitsplätze mit Arbeitsplatzlüftung	01.04
Luffleitungen	VDI 2087	Luffleitungssysteme – Bemessungsgrundlagen	05.98
Abscheider	BGR 121	Arbeitsplätze mit Arbeitsplatzlüftung	07.97
	TRGS 560	Luftrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen	05.96
	VDI 3674	Abgasreinigung durch Adsorption – Prozessgas- und Abgasreinigung	05.98
	VDI 3676	Massenkraftabscheider	10.99
	VDI 3677	Filternde Abscheider (Blatt 1 und 2)	07.97, 02.04
	VDI 3678	Elektrofilter – Prozessluft- und Raumluftreinigung (Blatt 2)	10.99
Ventilatoren	VDI 2044	Abnahme- und Leistungsversuche an Ventilatoren	11.02
	VDMA 24166	Ventilatoren – Technische Gewährleistungen	01.89
Raumlüftung (RLT-Anlagen)	ASR 5	Arbeitsstätten-Richtlinie Lüftung	10.79
	ASR 6	Arbeitsstätten-Richtlinie Raumtemperaturen	05.02
	BGR 121	Arbeitsplätze mit Arbeitsplatzlüftung	07.97
	VDI 2262	Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition luftfremder Stoffe (Blatt 1 bis 4)	04.93 03.04
	VDI 3802	Raumlufttechnische Anlagen für Fertigungsstätten	12.98
	VDI 6022 (Blatt3)	Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben	11.02
	VDI 2071	Wärmerückgewinnung in Raumlufttechnischen Anlagen	12.97



Tabelle 1:
Fortsetzung

Bauelemente, Abnahme, Instandhaltung	Normen, Richtlinien, BG-Regeln	Ausgabe	
Abnahme und Übergabe	VDI 2066, Blatt 1	Messen von Partikeln – Staubmessungen in strömenden Gasen – Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung – Übersicht	10.75
	DIN EN 12599	Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen	08.00
Instandhaltung	DIN 31052	Instandhaltung; Inhalt und Aufbau von Instandhaltungsanleitungen	06.81
	VDMA 24186, Teil 1	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden (Teil 1)	09.02