



LÄNDERAUSSCHUSS FÜR ARBEITSSCHUTZ UND SICHERHEITSTECHNIK

L A S I

Handlungsanleitung

für die Gefährdungsbeurteilung nach der
Gefahrstoffverordnung

3. überarbeitete Auflage



*Impressum: LASI-Veröffentlichung - LV 24
Handlungsanleitung für die Gefährdungsbeurteilung nach der
Gefahrstoffverordnung – (VSK-TRGS 420)*

Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck

*Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.
Den an der Erarbeitung der Regelungen beteiligten Institutionen ist der Nachdruck
erlaubt.*

Herausgeber: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI)

*LASI-Vorsitzender: Ernst-Friedrich Pernack
Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Familie
des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam*

*Verantwortlich: Marianne Weg
Kordinatorin des Fachthemas „Stofflicher Gefahrenschutz“
Hessisches Ministerium für Arbeit, Familie und Gesundheit
Dostojewskistraße 4
65187 Wiesbaden*

Redaktion: Arbeitsgruppe „Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck“

*Ingrid Krutisch (Vorsitz)
Sabine Lau
Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz
Amt für Arbeitsschutz, Fachbereich Arbeitsplatzbeurteilungen
Marckmannstraße 129 b
20539 Hamburg*

*Dr. Herbert Bosch
Pröll KG
Treuchtlinger Straße 29
91781 Weißenburg i. Bay.*

*Hans-Arnold Büscher
Dr. Ehler Cuno
Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung
Rheinstr. 6-8
65185 Wiesbaden*

*Dr. Anita Csomor
Regierungspräsidium Kassel
Dezernat 35.3
Steinweg 6
34117 Kassel*

*Werner Deck
Remco Chemie Rentzsch GmbH
Kurfalzring 100a
69123 Heidelberg*

*Dirk Fendler
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
Präventionsabteilung, Fachbereich Gefahrstoffe
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln*

Walter Fleck
Bundesverband Druck und Medien e. V.
Torben Thorn
Bundesinnung für das Siebdrucker-Handwerk
Biebricher Allee 79
65187 Wiesbaden

Ina Köhler
Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit
Zentralstelle für Gefahrstoffe
Oelixdorferstr. 2
25524 Itzehoe

Dr. Wolfgang Schäfer
Marabuwerke GmbH & Co. KG
Asperger Straße 4
71732 Tamm

Jürgen Tandler
ENVISAFE Consulting GmbH
Kurpfalzring 100a,
69123 Heidelberg

Rita Spiegel
KISSEL + WOLF GmbH
In den Ziegelwiesen 6
69168 Wiesloch

Dr. Wolfgang Weise
Dr. Weise und Partner
Veilchenweg 30
51107 Köln

Bildnachweis: Firma Kroschke sign-international GmbH, Daimlerstraße 20, 38112 Braunschweig
Herausgabedatum: März 2009

ISBN - 3-936415-60-9

Die Handlungsanleitung steht im Internet zum Download bereit unter:
<http://lasi.osha.de> – Publikationen – LASI-Veröffentlichungen

Vorwort

Nach der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sind die Arbeitgeber verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Diese besteht aus der Erfassung der Gefahrstoffe, der Erstellung eines Konzeptes für die Schutzmaßnahmen und der Prüfung der Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen. Dabei müssen Arbeitgeber u. a. belegen, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden.

Um insbesondere Klein- und Mittelunternehmen (KMU) bei der Umsetzung der Gefahrstoffverordnung Hilfen an die Hand zu geben, werden verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) erarbeitet. Entspricht die betriebliche Situation eines Unternehmens der in einer VSK beschriebenen, so gilt nach § 8 Abs. 1 GefStoffV die „Vermutungswirkung“, d.h., der Arbeitgeber kann sich bei Einhaltung der beschriebenen verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien darauf verlassen, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden und die getroffenen Maßnahmen *die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung erfüllen.

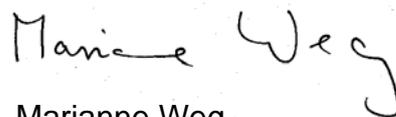
Die verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien werden nach Vorgaben erstellt, die in der Technischen Regel TRGS 420 - Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung- beschrieben sind. Im Anhang der TRGS 420 werden die entsprechenden Verfahren aufgelistet.

Die im Jahr 2001 erarbeitete Handlungsanleitung „Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck“ wurde zuletzt im Frühjahr 2008 überarbeitet. In diese Überarbeitung flossen geänderte Arbeitsplatzgrenzwerte sowie der aktuelle Stand der Technik ein. Im Rahmen der 42. Sitzung am 17. und 18. November 2008 hat der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) die Handlungsanleitung „Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck“ als VSK verabschiedet.

Potsdam/Wiesbaden im März 2009



Ernst-Friedrich Pernack
Vorsitzender des Länderausschusses für
Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik



Marianne Weg
Koordinatorin für das Fachthema
„Stofflicher Gefahrenschutz“ des
Länderausschusses für Arbeitsschutz
und Sicherheitstechnik

LASI -Handlungsanleitung
für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung
(VSK-TRGS 420)

Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck

Inhalt

1. Allgemeines	1
2. Anwendungsbereich	1
3. Arbeitsverfahren / Tätigkeiten.....	2
4. Gefahrstoffexposition.....	3
4.1 Gefahrstoffe	3
4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition	3
5. Schutzmaßnahmen	4
5.1 Stoffliche Maßnahmen.....	6
5.2 Verfahrenstechnische Schutzmaßnahmen.....	6
5.2.1 Organisatorische und persönliche Maßnahmen.....	6
5.2.2 Absaugung der Emissionsquellen.....	8
5.2.3 Erfassung diffuser Emissionen	10
5.2.4 Raumluftechnische Anlage	10
5.2.5 Wartung/Technische Prüfung	10
6. Anwendungshinweise	11
7. Ausblick	11
8. Literatur	12
Anhang	13
1. Auswertung des Datenkollektivs	13
1.1 Beschreibung des Datenkollektivs	13
1.2 Statistische Auswertung.....	14
1.3 Diskussion von Einflussgrößen.....	15
2. Lösemittelzusammensetzung	20
2.1 Darstellung der Lösemittelzusammensetzung im Datenkollektiv	20
2.2 Grenzwerte.....	20
2.3 Stoffliste.....	21
2.4 Festlegungen zur Analytik.....	22
3. Hinweise zu den technischen Maßnahmen	22
3.1 Trockenhordenabsaugung	22
3.2 Trockenmodul für den Siebwaschbereich.....	25
3.3 Lüftungstechnik	25
3.4 Farbmischplatz.....	26
4. Beispiel einer Betriebsanweisung.....	27

1. Allgemeines

Mit der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 23. Dezember 2004 wurde in Umsetzung mehrerer EG-Richtlinien der Arbeitsschutz bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen neu geregelt. Dabei steht die Gefährdungsbeurteilung im Mittelpunkt, in der die angemessenen Schutzmaßnahmen für die Tätigkeiten vom Arbeitgeber selbst verantwortlich festgelegt werden sollen.

Gehen die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nach oder werden Gefahrstoffe bei diesen Tätigkeiten freigesetzt, so ist der Arbeitgeber nach der Gefahrstoffverordnung [1] verpflichtet, die Gefährdung zu ermitteln und Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Beschäftigten durchzuführen. Hierzu gehört neben der Beachtung der Substitution (Ersatz durch weniger gefährliche Stoffe oder Verfahren) und der Durchführung von Maßnahmen nach dem Stand der Technik, insbesondere die Überwachung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW), wie es die Technischen Regeln für Gefahrstoffe „Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ (TRGS 402) [2] näher beschreiben. Treten Stoffgemische gleichzeitig oder nacheinander während einer Schicht in der Luft am Arbeitsplatz auf, so ist dies hier auch geregelt.

In der LASI-Handlungsanleitung werden die notwendigen Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck entsprechend dem Stand der Technik beschrieben. Sie wurde vom LASI in Zusammenarbeit mit den relevanten Berufsgenossenschaften, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und Branchenvertretungen auf der Grundlage von systematischen Erhebungen und Bewertungen von Expositionsmesswerten erarbeitet. Der Arbeitgeber kann, nach Prüfung der Übertragbarkeit auf seine betriebliche Situation, die Schutzmaßnahmen übernehmen und erspart sich eigenen Ermittlungs- und Messaufwand.

Die LASI-Handlungsanleitung wurde entsprechend den Anforderungen der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“ (1/2006) [4] erstellt und ist als Expositionsbeschreibung dem Arbeitgeber hilfreich für die Zusammenstellung der notwendigen Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik.

Im Rahmen der 42. Sitzung am 17. und 18. November 2008 hat der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) die LASI-Handlungsanleitung als VSK verabschiedet. Sie wird im Anhang der TRGS 420, unter Angabe der Quelle, aufgelistet. Damit gilt dann nach § 8 Abs. 1 der GefStoffV die „Vermutungswirkung“, d.h., dass der Arbeitgeber kann sich bei Einhaltung der beschriebenen „verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien“ darauf verlassen, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden und die getroffenen Maßnahmen die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung erfüllen.

LASI-Veröffentlichungen sind über das Internet unter <http://lasi.osha.de> – *Publikationen – LASI-Veröffentlichungen* zugänglich. Sie werden regelmäßig überprüft und dem Stand der technischen und arbeitsschutzrechtlichen Entwicklung (z.B. bei neuen Grenzwertsetzungen) angepasst.

Der Anwender dieser Empfehlungen ist gehalten, diese Fortschreibungen zu beachten.

2. Anwendungsbereich

Diese LASI-Handlungsanleitung gilt im Siebdruck beim Verarbeiten von Siebdruckfarben und Reinigern, die organische Lösemittel enthalten, für die Tätigkeiten: Farbanmischen, Drucken (an Handdrucktischen, Halb-, Dreiviertel- und Vollautomaten) und Siebreinigen einschließlich zugehöriger Arbeiten mit Lösemittelexposition.

Sie gilt nicht für das Siebspannen, die Herstellung der Druckformen und das Entschichten. Sie gilt auch nicht für den Umgang mit wasserbasierten oder UV-Druckfarben.

Siebreinigungstätigkeiten am Handwaschplatz sind vom Anwendungsbereich ausgenommen, wenn die gesamte Expositionsdauer dabei für einen Arbeitnehmer eine Stunde pro Schicht überschreitet. Hierbei können hohe Expositionen auftreten, daher sind betriebliche Messungen zur Beurteilung der Belastung notwendig. So lange die Beurteilung der Belastung nicht durchgeführt ist, muss Atemschutz (A1 oder A2) getragen werden. Das Tragen von Atemschutz darf keine ständige Maßnahme sein.

Diese LASI-Handlungsanleitung enthält zu Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen nur grundsätzliche gefahrstoffrechtliche Aussagen (primäre Schutzmaßnahmen), siehe deshalb ergänzend auch die BG-Regel „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (BGR 500). Die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung und die Brandschutzvorschriften der Länder sind zusätzlich zu beachten. Regelungen zum Explosionsschutz finden sich bezüglich Bau und Ausrüstung (Maschinen) in den entsprechenden Gestaltungsregeln BGI 837 [5], BGI 801 [12] und in den gültigen EN 1010 [6] und EN 12921-3 [7].

3. Arbeitsverfahren / Tätigkeiten

Siebdruck ist ein Durchdruckverfahren zur Herstellung meist farbiger Objekte auf unterschiedlichen Trägermaterialien (Papier, Kunststoff, Textilien). Als Druckformträger wird ein feinmaschiges Gewebe (Polyester, Nylon, Metall), Sieb genannt, verwendet, das straff auf einen Druckrahmen gespannt ist. Zur Herstellung der Druckform (Schablone) wird auf das Sieb eine lichtempfindliche Schicht aufgetragen, die durch Einwirkung von UV-Licht aushärtet. Die Bereiche der Druckform, die farbdurchlässig sein sollen, werden vor dem Belichten lichtundurchlässig abgedeckt. Dies kann durch das Auflegen eines Films oder Besprühen mit einer speziellen Farbe oder einem Wachs erfolgen. Die abgedeckten Flächen härten nicht durch und werden ausgewaschen.

Vor dem Drucken erfolgt die Konfektionierung der Siebdruckfarbe durch Anmischen der Farbtontypen und durch Zugabe von Verdünnern (bis ca. 10%) und Trocknungsverzögerern. Die Farbe wird auf das bereits in die Druckmaschine eingebaute Sieb gegeben. Das zu bedruckende Material wird eingelegt, an Positioniermarken ausgerichtet und meist durch Unterdruck an den Drucktisch angesaugt und damit festgehalten. Der Siebrahmen wird bis kurz über das zu bedruckende Material abgesenkt. Durch das Abfahren der zu druckenden Fläche mit einer Vorrakel wird die Farbe gleichmäßig in der Schablone verteilt (Flutvorgang).

Beim eigentlichen Druckvorgang wird die Druckfarbe durch die offenen Maschen des Siebes mittels der etwas schräggestellten Rakel in Reib- und Streichbewegung auf das zu bedruckende Material aufgetragen. Der Siebträger wird wieder angehoben, das bedruckte Material entnommen und zur Trocknung entweder in ein Trockengestell (Horde) manuell abgelegt oder einem Durchlauftrockner (Warmluft) automatisch zugeführt. Anschließend beginnt der Zyklus von vorn. Wenn die Farbmenge auf dem Sieb zu gering wird, wird Farbe vor dem Flutvorgang meist von Hand nachgefüllt.

Der Arbeitszyklus kann verschieden stark automatisiert sein. Am Handdrucktisch wird der Siebrahmen für jeden Druckvorgang entweder motorisch oder von Hand heruntergeklappt, die Rakelbewegungen (Fluten und Drucken) werden von Hand vollzogen. Beim Halbautomaten werden sowohl die Bewegungen des Siebrahmens, als auch die Rakelbewegungen motorisch ausgeführt. Hierbei gibt es separate Rakel für den Flut- und den Druckvorgang. Beim Dreiviertelautomaten wird darüber hinaus das fertig bedruckte Material automatisch aus der Maschine zum Trocknen an einen beheizten Trockenkanal weitergegeben, dessen Abluft abgesaugt und nach außen abgegeben wird. Beim Vollautomaten erfolgt zusätzlich auch das Einlegen des zu bedruckenden Materials in die Maschine automatisch. Der Arbeitnehmer muss hier nur Farbe nachfüllen, das Material bereitstellen und Einstell- und Überwachungsaufgaben durchführen.

Beim Drucken müssen gelegentlich durch eingetrocknete Farbe verschlossene Siebmaschen mit Lösemittel geöffnet oder Teile des Siebes gereinigt werden. Hierfür wird ein Putztuch mit Lösemittel getränkt und das Sieb von unten und/oder oben geputzt.

Die nach Beendigung des Druckvorganges notwendige Siebformenreinigung wird überwiegend mit lösemittelbasierten Siebreinigern durchgeführt und erfolgt in der Regel nicht an der Druckmaschine, sondern in einem speziell dafür vorgesehenen Arbeitsbereich.

Abhängig von der Größe und der Organisation des Siebdruckbetriebes und der im Betrieb vorhandenen Verfahrenstechnik, führt ein Arbeitnehmer alle oder nur einen Teil der lösemittelbelasteten Arbeitsgänge aus.

4. Gefahrstoffexposition

4.1 Gefahrstoffe

Die im Siebdruck verwendeten Lösemittelgemische gelangen durch Einatmen oder Aufnahme über die Haut in den menschlichen Körper. Grundsätzlich können sie bei Aufnahme größerer Mengen akute und/oder chronische Gesundheitsschäden verursachen, insbesondere kann es zu Schädigungen des Nervensystems, der Atmungsorgane, der Nieren, der Leber und der Haut kommen. Die Stoffe, die im Siebdruck eingesetzt werden wie Solvent Naphtha, Diacetonalkohol, Cyclohexanon, 1-Methoxypropylacetat-2, 2-Butoxyethylacetat, sind zum großen Teil als gesundheitsschädlich und/oder reizend eingestuft. Es gilt deshalb das Gebot zur Ersatzstoffprüfung gemäß Gefahrstoffverordnung. Dabei ist sowohl die Höhe der Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900 [8] zu berücksichtigen, als auch die Flüchtigkeit der Stoffe.

Im Hinblick auf Ersatzstoffe sind die Lieferanten/Hersteller zu Auskünften verpflichtet.

Eine Tabelle der im Siebdruck relevanten Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert und Angaben zur Flüchtigkeit ist im Anhang, Abschnitt 2.3 zu finden.

Die Auswahl der Farben und Reiniger und damit die Auswahl der Gefahrstoffe ist von größter Bedeutung. Je flüchtiger (niedriger Siedepunkt, niedriger Flammpunkt, hoher Dampfdruck) ein Stoff ist, je niedriger der Grenzwert ist und je mehr er in den Arbeitsstoffen (Farbe/Verdünner/Reiniger) enthalten ist, desto mehr trägt er zur Belastung der Beschäftigten bei.

Da die organischen Lösemittel brennbar sind, können Brand- und Explosionsgefahren auftreten. Beim Siebdruck eingesetzte Zubereitungen sind überwiegend ihrem Flammpunkt entsprechend als „entzündlich“ (Flammpunkt zwischen 21 und 55 °C) eingestuft und mit R10 gekennzeichnet.

Durch die Anforderung der EN 1010 [6] an die Hersteller, den Flammpunkt der Farben und Reiniger anzuheben, haben sich in den letzten Jahren die Rezepturen und Lösemittelzusammensetzungen geändert. Es werden mehr Stoffe mit einem höheren Flammpunkt eingesetzt, die z.T. nicht toxikologisch untersucht sind, z.B. Glykolether und -ester.

Durch Einsatz wasserbasierter und/oder UV-Farben wird die Lösemittelexposition im Druckbereich verringert. Die Einsatzmöglichkeiten sollten aber sehr sorgfältig geprüft werden. UV-Farben enthalten Acrylate und Fotoinitiatoren, die Gefahr der Hautsensibilisierung ist damit grundsätzlich gegeben. Dies erfordert die konsequente Vermeidung von direktem Hautkontakt. Durch die UV-Strahlung kann es zur Belastung durch Ozon kommen, wenn dieses nicht abgesaugt wird.

4.2 Bewertung der Gefahrstoffexposition

In den Jahren 2004 bis 2006 wurde eine neue Branchenuntersuchung durchgeführt. Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik sowie die BG Druck und Papierverarbeitung, die Fa. Envisafe und die Ländermessstellen Hessen, Hamburg und Schleswig-Holstein führten 75 Expositionsmessungen in 28 Betrieben durch. Die gemessenen Werte in den Siebdruckereien sind jeweils repräsentativ für die Schicht am

Messtag. Bei der Auswahl der Betriebe wurde Wert auf die Erfüllung der in der bisherigen LV 24 beschriebenen „verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien“ gelegt. Diese grundlegenden Maßnahmen wurden jedoch nur von einem Teil der Siebdruckbetriebe vollständig erfüllt. In vielen Fällen wurde trotz schlechterer Bedingungen gemessen. Die statistische Auswertung der Daten ist im Anhang im Abschnitt 1 ausführlich beschrieben.

Die statistische Auswertung des Datenkollektivs ergab (Angabe als Summenindex):

	Gruppe	Anzahl Mess- ergebnisse	Mittelwert	Median	Max.	75-Perzentil	95-Perzentil
A	Messwerte gesamt	75	0,47	0,33	1,52	0,62	1,20

B	Flammpunkt <40°C	16	0,73	0,91	1,32	1,14	1,32
C	Flammpunkt >40°C	59	0,40	0,30	1,52	0,49	1,15

D	Fp >40° C und Grundmaßnahmen „erfüllt“	33	0,32	0,26	1,14	0,35	0,71
E	Fp. <40°C oder Grundmaßnahmen nicht „erfüllt“	23	0,75	0,81	1,52	1,16	1,32

F	Halbautomaten	37	0,46	0,33	1,52	0,56	1,15
G	Dreiviertelautomaten	19	0,43	0,33	1,31	0,46	1,31
H	Vollautomaten	17	0,54	0,36	1,32	0,71	1,32

Der Handdruck erwies sich schon bei der Messdatenerhebung ab 2001 als unproblematisch im Hinblick auf die heranzuziehenden Grenzwerte.

	Handdruck (altes Datenkollektiv)	15	0,29	0,26	0,87		0,69
--	----------------------------------	----	------	------	------	--	------

Nach den TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“ wird im statistischen Sinne der Befund „Einhaltung des Grenzwertes“ erhoben, wenn das 95-Perzentil des vorliegenden Messkollektivs einen Bewertungsindex ≤ 1 ergibt. Abhängig vom Abstand des 95-Perzentils von 1 und von der Größe des Messkollektivs kann das Messkollektiv dennoch Messergebnisse mit Überschreitung des Grenzwertes enthalten.

Das dieser Expositionsbeschreibung zugrunde liegende Datenkollektiv beruht überwiegend auf Messungen in Betrieben, in denen ein gewisses Problembewußtsein für Arbeitsschutzbelange vorhanden ist.. Der durch die obigen Zahlen beschriebene derzeit vorgefundene Stand in den Siebdruckereien zeigt aber, dass nicht grundsätzlich von der Einhaltung der Grenzwerte ausgegangen werden kann. Das gesamte Datenkollektiv hat ein 95-Perzentil von **1,20**.

Die Differenzierung der Messergebnisse nach den vorgefundenen Bedingungen macht deutlich, dass in Betrieben, in denen Farben, Verdünner und Reiniger mit einem Flammpunkt über 40 °C eingesetzt werden (wie die EN 1010 schon wegen des Explosionsschutzes fordert) und technische und organisatorische Maßnahmen erfüllt sind, die Grenzwerte eingehalten werden. Hier liegt das 95-Perzentil mit **0,71** deutlich unter 1.

Bei Einhaltung des Standes der Technik, wie im folgenden Abschnitt 5 beschrieben, **werden die Grenzwerte eingehalten.**

5. Schutzmaßnahmen

In den Abschnitten 5.1, 5.2.1, 5.2.2 und 5.2.5 werden die Schutzmaßnahmen beschrieben, die nach Stand der Technik zwingend erfüllt werden müssen, damit die Grenzwerte eingehalten werden.

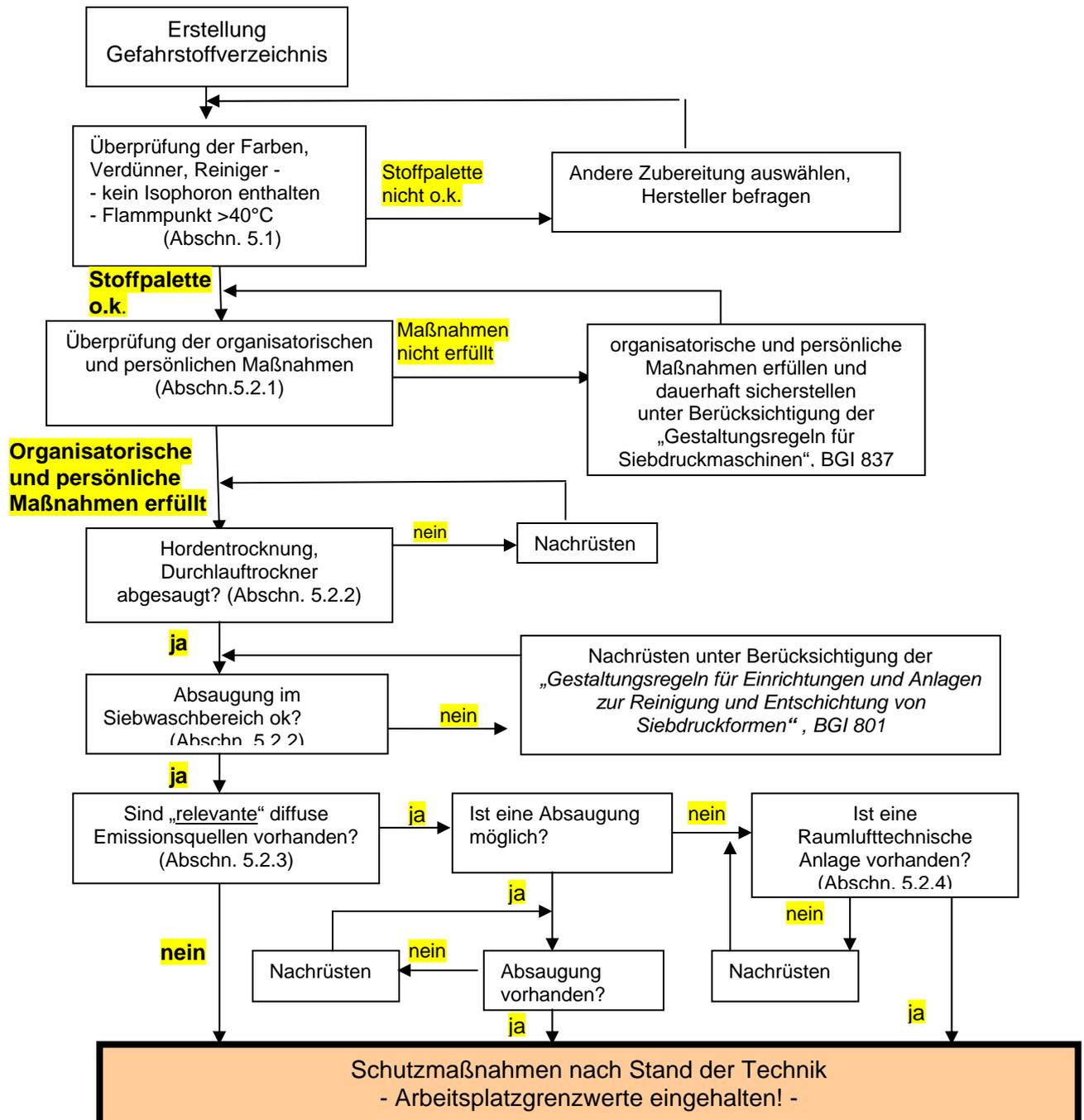
Werden diese Maßnahmen in der Siebdruckerei erfüllt und die erforderlichen regelmäßigen Wartungen und technischen Prüfungen durchgeführt, **sind betriebliche Arbeitsplatzmessungen nicht erforderlich.**

Für Neuanlagen sollten die beschriebenen technischen Maßnahmen schon bei der Planung berücksichtigt werden.

Diese Maßnahmen setzen die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung entsprechend der Schutzstufe 2, die Brand- und Explosionsschutzbestimmungen der Gefahrstoffverordnung und die Forderungen zur arbeitsmedizinischen Vorsorge um.

In den Abschnitten 5.2.3 und 5.2.4 werden die lüftungstechnischen Maßnahmen beschrieben, die nicht in jeder Siebdruckerei notwendig sind, die aber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung abgeprüft werden müssen.

Ablaufschema für die Prüfung bei der Gefährdungsbeurteilung



5.1 Stoffliche Maßnahmen

Bei der Auswahl der Farben, Verdünner, Verzögerer und Reiniger müssen folgende Bedingungen erfüllt sein und anhand der Sicherheitsdatenblätter überprüft werden (Substitutionsgebot §9Abs. 1 GefStoffV):

- Farben, Verdünner und Siebreiniger für die Zwischenreinigung des Siebes an der Druckmaschine müssen einen Flammpunkt von mindestens 40 °C (s. Sicherheitsdatenblatt) aufweisen. Nach der EN 1010 [6] sind Explosionsschutzmaßnahmen an Siebdruckmaschinen nicht notwendig, wenn Lösemittel mit einem Flammpunkt > 40 °C eingesetzt werden und gleichzeitig für eine ausreichende Belüftung gesorgt ist.
- Beim manuellen Siebwaschen und in Siebreinigungsanlagen müssen die Reiniger nach EN 1010 einen Flammpunkt von mindestens 40 °C aufweisen (s. auch BGI 801 und EN 12921-3).
- Isophoron (3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on) darf nicht enthalten sein, da bei der Verwendung isophoron-haltiger Systeme Grenzwertüberschreitungen festgestellt wurden. (Aufgrund seiner gesundheitsschädlichen und reizenden Wirkung und des Verdachts auf krebserzeugende Wirkung hat Isophoron einen sehr niedrigen Grenzwert.)
- Stoffe, die auf der „Rohstoff–Ausschlussliste für Druckfarben und zugehörige Produkte“ des europäischen Verbandes der Druckfarbenindustrie [9] stehen, dürfen nicht verwendet werden. Ausgeschlossen sind damit u.a. :
 - krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe, die gemäß der Stoffrichtlinie 67/548/EWG so eingestuft sind und als giftig (T) mit den Gefahrensätzen R45, R46, R49, R60, R61 gekennzeichnet sind.
 - Stoffe, die gemäß der Stoffrichtlinie 67/548/EWG als sehr giftig (T⁺) oder giftig (T) eingestuft und mit den Gefahrensätzen R23, R24, R25, R26, R27, R28, R39, R48 gekennzeichnet sind.
 - 2-Ethoxyethanol, 2-Ethoxyethylacetat, 2-Methoxyethanol, 2-Methoxyethylacetat.

In der Rohstoffausschlussliste besteht momentan eine Öffnungsklausel für den Siebdruck, welche den Einsatz von bleihaltigen Pigmenten erlaubt. Bei Anwendung **bleihaltiger Farbsysteme** gibt es über die in diesen Empfehlungen beschriebenen Maßnahmen hinaus **zusätzlichen Handlungsbedarf!**

Da Farben und Reiniger in der Regel brennbar sind, müssen Brand- und Explosionsgefahren beachtet werden.

5.2 Verfahrenstechnische Schutzmaßnahmen

5.2.1 Organisatorische und persönliche Maßnahmen

Folgende Maßnahmen sind Grundvoraussetzung zur Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte im Siebdruck und müssen umgesetzt werden:

Emissionsquelle	Maßnahme
Farb- und lösemittelverschmutzte Putztücher	werden in geschlossenen, nicht brennbaren Behältern aufbewahrt, und die Behälter werden täglich aus den Arbeitsräumen gebracht.
	werden regelmäßig entsorgt.
Farben und Lösemittel	Behälter sind nach Gefahrstoffverordnung gekennzeichnet und werden immer geschlossen gehalten.
	dürfen nur in der für den Fortgang der Arbeiten notwendigen Menge – höchstens Bedarf einer Arbeitsschicht – bereitgestellt werden, möglichst im Originalgebinde.
Restentleerte Farb- und	werden aus dem Arbeitsraum entfernt und umgehend entsorgt.

Lösemittelbehälter	
Reinigung von farbverschmutzten Flächen	<p>Flächen werden nicht mittels Lösemittel gereinigt, sondern Farbreste werden direkt mit geeignetem Aufsaugmaterial wie Putztüchern aufgenommen.</p> <p>Ist die Verwendung von Lösemitteln unvermeidbar, sollten diese eine geringe Flüchtigkeit (dies ist in der Regel bei Lösemitteln mit einem Flammpunkt >55°C gegeben) und keine Einstufung aufgrund von Gefährlichkeitsmerkmalen (wie z.B. gesundheits-schädlich) haben.</p>
Zwischenreinigung des Siebes (Sieböffnung)	<p>Reinigungsmittel werden „sparsam“ eingesetzt, dafür werden z.B. Annetzkannen (kleine Oberfläche) verwendet.</p> <p>Reinigungsarbeiten am eingebauten Sieb werden zur Reduzierung der Lösemittlemissionen optimiert, durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auswahl der Reinigungshilfsmittel, wie Bürste, Putztücher, Pinsel den Rahmenformaten entsprechend, damit beim Reinigen des Siebes von unten nicht in die „Lösemitteltropfzone“ gegangen werden muss. - Abdeckung der Bereiche des Siebes, die für den Druckauftrag nicht benötigt werden, damit die Farbe nicht dorthin läuft und eintrocknet. <p>Begrenzung der Farbausbreitung bei Verwendung von schmalen Rakeln in breiten Siebrahmen durch z.B. Begrenzungsrahmen.</p>
Verwendung von Sieböffnerspray	Es werden keine Sieböffner Versprüht, weil es dabei zu hohen Lösemittelkonzentrationen kommt.

Grundlegende Anforderungen an den Arbeitsschutz beim Betrieb von Siebdruckanlagen sind in den „Gestaltungsregeln für Siebdruckmaschinen“, BGI 837 [5] festgelegt.

Beim manuellen Entschichten mit einem Hochdruckreinigungsgerät muss, wegen der Aerosolbildung Atemschutz (Partikelfilter P2, zugelassen für flüssige Aerosole), bei zusätzlichem Einsatz lösemittelhaltiger Stoffe Kombifilter A1/P2 oder A2/P2 getragen werden. In einem solchen Fall können arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach G26 notwendig werden.

Zusätzlich gehören persönliche Schutzmaßnahmen gegen dermale und orale Aufnahme zu den Grund-Maßnahmen, die erfüllt sein und die in die Betriebsanweisung aufgenommen werden müssen:

Gefährdung	Persönliche Schutzmaßnahme
Hautkontakt mit hautresorptiven und entfettenden Stoffen	wird vermieden.
	Bei den Arbeiten werden geeignete Schutzhandschuhe getragen. Die Eignung eines Schutzhandschuhes sollte beim Hersteller, Lieferanten oder der Berufsgenossenschaft (www.basis-dp.de) erfragt werden.
	Beim Tragen von Schutzhandschuhen ist die Durchbruchzeit entsprechend der eingesetzten Stoffe zu beachten.
	Defekte Handschuhe dürfen nicht verwendet werden, sondern sind sofort zu entsorgen.
	Bei allen Arbeiten im Bereich Siebdrucken werden nachweislich wirksame Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel zur Verfügung gestellt und benutzt (bei der Auswahl unterstützt die BG). Ein wirksamer Schutz erfolgt in folgenden drei Stufen: <ul style="list-style-type: none"> - Hautschutz durch Hautschutzpräparat unmittelbar vor der Arbeit - Hautreinigung mit geeignetem Reinigungsmittel, das so beschaffen ist, dass keine Hautschädigung erfolgen kann - Hautpflege, durch die der Haut vorübergehend entzogene Fett- und Schutzstoffe wieder zugeführt werden. Am Händewaschplatz ist in einem Hautschutzplan beschrieben, welche wann und wie die Hautschutzmittel anzuwenden sind (bei der Erstellung des Hautschutzplans unterstützen die meisten Hersteller oder Lieferanten und die BG).
Lösemittel werden nicht zur Hautreinigung oder zum Säubern von Kleidungsstücken verwendet.	
Orale Aufnahme	Essen, Trinken oder Rauchen ist in Arbeitsräumen nicht gestattet.

Ob arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen notwendig sind, muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung unter Einbeziehung des Betriebsarztes ermittelt und festgelegt werden.

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach §16 GefStoffV müssen im Siebdruck i.d.R. nicht veranlasst oder angeboten werden. (Die meisten Produkte enthalten keine Stoffe der Liste Nr. 1 aus Anhang V der GefStoffV, und es werden keine Tätigkeiten der Liste Nr.2.2 ausgeführt (s. Abschnitt 5.1).)

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sind aber notwendig :

- Beim Einsatz von xylol- und toluolhaltigen Produkten (s. Sicherheitsdatenblatt) müssen, auch bei Einhaltung der Luftgrenzwerte, arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen angeboten werden.
- Beim Tragen von Chemikalien-Schutzhandschuhen von ≥ 4 h/Tag müssen Vorsorgeuntersuchungen veranlasst, beim Tragen von mehr als 2 h müssen sie angeboten werden.
- Kann nach dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung durch Hautkontakt (Berücksichtigung der hautresorptiven Stoffe, s. Liste im Anhang 2.3) nicht ausgeschlossen werden, hat der Arbeitgeber arbeitsmedizinische Vorsorge zu veranlassen (TRGS 401 [3]).

5.2.2 Absaugung der Emissionsquellen

Damit die Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten und die Beschäftigten nicht unnötig belastet werden, müssen die abdunstenden Lösemittel aus Farben, Verdünnern und Reinigern weitestgehend erfasst und nach außen abgeführt werden. Für die Maßnahmen gilt nach §9 Abs. 2 GefStoffV:

<i>vorrangig:</i>	Emission an der Entstehungsstelle erfassen und absaugen (s. Abschnitt 5.2.2)
<i>nachrangig:</i>	Raumlufttechnische Anlage (s. Abschnitt 5.2.4)

Beim Trocknen der Farbe auf dem bedruckten Material bzw. bei der Trocknung der Siebe nach einer Reinigung ist eine möglichst vollständige Erfassung und Absaugung der Lösemitteldämpfe erforderlich und technisch relativ einfach zu verwirklichen. Die folgenden Maßnahmen müssen umgesetzt werden:

Hordentrocknung

Trockenhorden müssen bei Verwendung abgesaugt werden. Für die Absaugung einer Trockenhorde gibt es verschiedene Ausführungsmöglichkeiten:

- Erfassungselemente direkt an der Horde befestigt
- mobile Erfassungseinrichtung, die jeweils hinter eine Horde gestellt wird
- stationäre Erfassungseinrichtung in dem Bereich, in dem die Trockenhorden üblicherweise beschickt bzw. zum Trocknen abgestellt werden.

Erfassungselemente für Trockenhorden sind individuelle Lösungen, die entsprechend der Emissionsquelle ausgewählt und angepasst werden müssen. Sinnvolle Lösungen der Hordenabsaugung sind im Anhang Abschnitt 3.1 beschrieben.

Durchlauftrockner

Durchlauftrockner müssen wirksam abgesaugt (s. BGR 107 [11]) werden. Die warme, lösemittelbeladene Luft darf nicht aus dem Trockner in den Raum austreten, sondern muss (auch bei kleinen oder sehr großen Formaten) vollständig erfasst und nach außen abgeführt werden. Die Wirksamkeit der Erfassung muss regelmäßig geprüft werden, z.B. mit einem Strömungsprüfröhrchen.

Ist keine Raumlufttechnische Anlage installiert, sollte ein Teil der Zuluft für den Durchlauftrockner im Arbeitsraum entnommen werden. Damit erreicht man für den Raum zusätzlich einen höheren Luftwechsel.

Siebreinigung

Bereiche mit hoher Belastung, wie der Siebwaschbereich, müssen räumlich abgetrennt und gut be- und entlüftet werden. Darauf kann man nur verzichten, wenn schwer flüchtige Lösemittel (>55 °C Flammpunkt) verwendet werden.

Emissionsquelle	Maßnahme
Siebreinigung an der Druckmaschine	Nach Abschluss des Druckvorgangs darf die Reinigung von Sieb und Rakel mit flüchtigen organischen Lösemitteln nicht im Druckraum an der Maschine, sondern nur in einem separaten be- und entlüfteten Siebwaschraum erfolgen.
Siebreinigung	Grundsätzliche Anforderungen an Siebreinigungsplätze zur Reduzierung der Lösemittlemissionen sind in dem Maßnahmenkatalog der BGI 801 „Gestaltungsregeln für Einrichtungen und Anlagen zur Reinigung und Entschichtung von Siebdruckformen“ [12] beschrieben und müssen beachtet werden.
Manuelle Siebreinigung	Bei Verwendung von flüchtigen organischen Lösemitteln an manuellen Siebwaschplätzen ist eine Absaugung zu installieren, die mit dem Start der Lösemittelpumpe zwangsgeschaltet ist (s. BGI 801).
	Bei Verwendung von flüchtigen organischen Lösemitteln muss das Sieb in einem abgesaugten „Trockenmodul“ getrocknet werden, damit die Lösemitteldämpfe gezielt nach außen abgeführt werden, s. Anhang, Abs. 3.2.
Automatische Siebreinigungsanlage	Diese Anlagen sollten den „Gestaltungsregeln für Einrichtungen und Anlagen zur Reinigung und Entschichtung von Siebdruckformen“, BGI 801 und der EN 12921-3 entsprechen.
	Bei Siebreinigungsanlagen mit separaten Kammern muss beim Öffnen der Tür eine Absaugung selbsttätig anlaufen (s. BGI 801).
	Bei Verwendung von flüchtigen organischen Lösemitteln muss, wenn die Siebreinigungseinrichtung keine Trockenkammer beinhaltet, ein abgesaugtes „Trockenmodul“ zur Siebtrocknung installiert werden, s. Anhang, Abs. 3.2.

5.2.3 Erfassung diffuser Emissionen

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung (Beteiligung der Fachkraft für Arbeitssicherheit und des Betriebsarztes) muss ermittelt werden, welche diffusen Emissionsquellen im Betrieb relevant sind (Menge/Zeit, Häufigkeit usw.) und welche sinnvoll abgesaugt werden können.

Emissionsquelle	Maßnahme
Siebdruckmaschine	Bei Dreiviertel- und Vollautomaten kann der Siebrahmen an der Druckmaschine gekapselt und eine Absaugung vorgesehen werden, die ganz geringen Unterdruck erzeugt (nicht zuviel absaugen, um zu starke Trocknung der Farbe zu vermeiden). Dabei ist eine Öffnung für das Nachfüllen von Farbe vorzusehen.
Einlaufbereich des Durchlaufrockners	Die Wirksamkeit der Kapselung (s.o.) kann verbessert werden, wenn der Bereich zwischen Sieb und Einzug in den Durchlaufrockner in diese Erfassung einbezogen wird.
Farbmischplatz	Je nach Intensität der Farbmischarbeiten sind Farbmischplätze einzurichten und abzusaugen, am besten in einem separaten Raum, s. Anhang 3.4.

Nicht erfasste Lösemitteldämpfe müssen bei Bedarf mit Hilfe einer raumluftechnischen Anlage (RLTA) entfernt werden.

5.2.4 Raumluftechnische Anlage

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung muss ermittelt werden, ob nicht erfasste Lösemitteldämpfe mit Hilfe einer raumluftechnischen Anlage (RLTA) entfernt werden müssen.

Wenn das Mindestmaß für die natürliche Lüftung, d.h. offenbare Fenster- und Türflächen, bezogen auf die Bodenfläche, zwischen 200 und 500 cm²/m², nicht eingehalten wird, muss eine Raumluftechnische Anlage installiert werden (ArbStättV i.V.m. ASR5 [13]).

Freie Lüftung ist bei ungünstiger Lage des Raumes (Keller o.Ä.), besonders geringem Raumvolumen oder großer Raumtiefe usw. nicht ausreichend.

Ob eine zusätzliche Raumluftechnische Anlage installiert werden muss, hängt von den jeweiligen Bedingungen im Betrieb ab. Beispielsweise ist eine natürliche Lüftung des Arbeitsraumes mit punktueller Absaugung an den Trockenhorden bzw. Durchlaufrocknern nicht ausreichend bei

- schlechter Erfassung der Lösemittel an der Entstehungsstelle bzw. an der Maschine,
- vielen Maschinen pro Fläche,
- hoher Auslastung der Maschinen,
- hohen Farbverbräuchen.

Im Anhang 3.3 finden Sie Hinweise zur sinnvollen Gestaltung von Lüftungsanlagen.

5.2.5 Wartung/Technische Prüfung

Bei Anwendung dieser LASI-Handlungsanleitung müssen die festgelegten Maßnahmen beachtet und eingehalten werden. Zur Kontrolle der Wirksamkeit sind folgende Überprüfungen durchzuführen:

Absaug- und Raumluftechnische Anlagen

Werden lüftungstechnische Maßnahmen (nach Abschnitt 5.2.2, 5.2.3 und 5.2.4) angewendet, hat der Betreiber dafür zu sorgen, dass die Einrichtungen mindestens alle 2 Jahre gewartet und auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden (ArbStättV §4(3) [13], BGR 500 [15]). Zweckmäßig ist es, für die Kontrolle der Luftleitungen, von außen leicht zugängliche Klappen, Passstücke, Öffnungen für Messsonden o.ä. vorzusehen.

Durchlauftrockner

Nach der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV [14]) müssen alle Arbeitsmittel einer regelmäßigen Prüfung unterzogen werden. Die Prüffristen sind vom Betreiber in der Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Auch Durchlauftrockner sind danach in regelmäßigen Intervallen zu prüfen. Diese Forderung wurde in die BGR 500 [15] Kapitel 2.28 , Abschnitt 3.12.1 aufgenommen. Davor war in der BGV D24 (Trockner für Beschichtungsstoffe) eine jährliche Prüfung durch einen Sachkundigen gefordert.

Die Ergebnisse der Prüfungen bzw. die Instandsetzungsmaßnahmen sind zu dokumentieren.

6. Anwendungshinweise

- Der Anwender dieser LASI-Handlungsanleitung hat in seiner Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren, auf welcher Grundlage er diese Empfehlungen zur Beurteilung der Gefährdung an seinen Arbeitsplätzen heranzieht (s. TRGS 420 [4] Abschnitt 3 (2)).
- Der Anwender dieser LASI-Handlungsanleitung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt u. a. die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser Empfehlungen. Die Überprüfung kann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz [18] erfolgen.
- Bei Anwendung dieser Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung (z. B. Substitutionsgebot), insbesondere aber die Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung für die anderen Arbeitsbereiche des Betriebes, in denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird und für die die Empfehlungen nicht gelten, bestehen.
- Eine Betriebsanweisung nach §14 GefStoffV [1] muss erstellt und die Beschäftigten müssen anhand dieser jährlich unterwiesen werden (s. Beispiel einer Betriebsanweisung Anhang Abschnitt 4.). Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind festzuhalten und von den Unterwiesenen schriftlich zu bestätigen.

7. Ausblick

Mit der europäischen Chemikalienverordnung REACH werden die EU-Hersteller und -Importeure verpflichtet, für Stoffe als solche und in Zubereitungen den sicheren Umgang für die nachfolgenden Verwender und Verwendungszwecke („downstream user“) in einem „Chemikaliensicherheitsbericht“ (CSB) zu beschreiben, soweit die Jahresproduktion 10 t überschreitet. Diese Pflicht wird in Abhängigkeit von der Jahresproduktionsmenge ab Sommer 2008 schrittweise eingeführt.

Der Verwender erhält dann die Informationen zum sicheren Umgang aus dem Sicherheitsdatenblatt, das entsprechend zu ergänzen sein wird, z.B. um ein „Expositionsszenario“ sowie für Stoffe um die Angabe eines DNEL („Derived No Effect Level“).

Sollen dann Chemikalien anders verwendet werden als dies im Sicherheitsdatenblatt beschrieben ist, oder ist die vorgesehene Anwendung nicht bei der zukünftigen Europäischen Behörde für Chemikalien (ECHA) in Helsinki registriert, muss der Verwender für entsprechende Ergänzung sorgen – entweder direkt gegenüber der ECHA oder auf dem Wege über seinen Lieferanten.

Die BG Druck und Papierverarbeitung und eine Siebdruckfarb- und eine Lösemittelfirma erarbeiten bereits jetzt ein Expositionsszenario für den Siebdruck (im ersten Schritt zu Solvent Naphtha) in einem „REACH Implementation Project, RIP 3.2-2 Exemplification of Exposure Scenarios – screen printing case“.

8. Literatur

- [1] Gefahrstoffverordnung, „Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen“, Neufassung vom 23.12.2004
- [2] TRGS 402, „Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“, 6/2008
- [3] TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“, 6/2008
- [4] TRGS 420, „Verfahrens- und Stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“, Neufassung 1/2006
- [5] „Gestaltungsregeln für Siebdruckmaschinen“, BG Druck und Papierverarbeitung, BG-Information BGI 837, 1/2003
- [6] EN 1010, „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen“
- [7] EN 12921-3: „Maschinen zur Oberflächenreinigung und -vorbehandlung von industriellen Produkten mittels Flüssigkeiten oder Dampfphasen“, 8/2005
- [8] TRGS 900, „Arbeitsplatzgrenzwerte“, Neufassung 1/2006 , Ergänzungen 12/2006
- [9] „Rohstoff-Ausschlussliste für Druckfarben und zugehörige Produkte“, Europäischer Verband der Druckfarbenindustrie EuPIA, 10/2006
- [10] BGR 195 „Einsatz von Schutzhandschuhen“ , 10/2004
- [11] BGR 107 (ehem. ZH 1/19), „Sicherheitsregeln für Durchlauftrockner von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen“, 4/1990
- [12] „Gestaltungsregeln für Einrichtungen und Anlagen Reinigung und Entschichtung von Siebdruckformen“, BG Druck und Papierverarbeitung, BG-Information BGI 801, 4/2005
- [13] Arbeitsstättenverordnung, 8/2004
- [14] Betriebssicherheitsverordnung, 9/ 2002
- [15] BGR 500 „Betreiben von Arbeitsmitteln“, 10/2004, aktualisiert 10/2006
- [16] „Empfohlene Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen“, GA 13, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2003
- [17] VDI 2262 Blatt 3, „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“, 5/1994
- [18] Arbeitsschutzgesetz, 8/1996, zuletzt geändert 7/2004
- [19] BGR 121 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“, 1/2004

Die zitierten Arbeitsschutznormen sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe sind unter <http://www.baua.de/>, Stichworte *Gefahrstoffe* / *TRGS* zu finden.

Weitere Informationen enthalten

- „Stoffbelastung in Siebdruckereien“, GA 53, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 1998
- „Lufttechnische Maßnahmen zum Schutz vor Lösemitteldämpfen in Siebdruckereien“, GA 58, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001
- „Sicheres Arbeiten in der Siebdruckerei“, Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Best.-Nr. 218
- „Hand- und Hautschutz im Siebdruck“, Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, Best.-Nr. 531.7

Anhang

1. Auswertung des Datenkollektivs

1.1 Beschreibung des Datenkollektivs

Die Erstellung dieser neuen Fassung der LASI-Handlungsanleitung LV24 „Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck“ baut auf den Aussagen und Auswertungen des Datenkollektivs der beiden Vorgänger-Fassungen von 2001 und 2004 auf.

Die Fassung von 2001 basierte auf einem großen Datenkollektiv von 181 Messergebnissen aus 44 Siebdruckereien. Das 95-Perzentil des Gesamtkollektivs lag bei $I=0,88$. Nachdem im Jahre 2003 Grenzwertsenkungen für Solvent Naphtha auf 100 mg/m^3 und Diacetonalkohol auf 96 mg/m^3 erfolgten, musste das Datenkollektiv neu bewertet und statistisch ausgewertet werden. Durch die neue Grenzwertsetzung gab es eine Reihe von Grenzwertüberschreitungen, das 95-Perzentil für das Gesamtkollektiv lag bei 1,33. Die Prognose zur Grenzwerteinhaltung für den Siebdruck konnte nur für den Handdruck aufrechterhalten werden. Für die anderen Bereiche wurde übergangsweise eine einmalige Messung vorgeschrieben, um die Grenzwerteinhaltung zu bestätigen oder um die Notwendigkeit von weiteren Maßnahmen zu erkennen. Trotz der ungünstigen Gesamtbedingungen wurde der Grenzwert in diesem alten Datenkollektiv für über 80 % der Messergebnisse eingehalten.

Die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik sowie die Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung, die Firma Envisafe und die Ländermessstellen Hessen, Hamburg und Schleswig-Holstein führten die hier zugrunde liegenden Expositionsmessungen durch. Gemessen wurde im graphischen und industriellen Siebdruck, personenbezogen und quasi-personenbezogen über mindestens 2 Stunden bei üblichen Siebdruckerarbeiten an Druckmaschinen und Siebreinigungsarbeiten, die gerade am Messtag anfielen. Dabei stand immer der Umgang mit lösemittelhaltigen Zubereitungen wie Farben/Reinigern/Verdünnern im Vordergrund. Andere Arbeiten, wie z.B. das Entschichten der Siebe oder das Drucken mit wasserhaltigen Farben, wurden nicht betrachtet. Die gemessenen Werte sind jeweils repräsentativ für die Schicht am Messtag.

Für die Berechnung des Gesamtindices wurde festgelegt:

- Die nach TRGS 900 gültigen Grenzwerte AGW wurden angewendet. Für Solvent Naphtha wurden 100 mg/m^3 zur Beurteilung angewendet, s. Erläuterungen (Anhang Abschnitt 2.2.)
- Einzelstoffindices unter 1% des Grenzwertes werden bei der Berechnung des Summenindex vernachlässigt.
- Für Stoffe, deren Bestimmungsgrenze über 1% (zwischen 1 und 10%) liegt und deren Messergebnis z.B. mit $I = < 0,1$ angegeben wird, wurde für die Berechnung des Summenindex, die halbe Bestimmungsgrenze (s. TRGS 403) eingesetzt.

Insgesamt liegen folgende Messungen vor:

75 Schichtmittelwerte aus 28 Betrieben.

Bei den Messungen in den Siebdruckbetrieben erfolgte eine Erhebung zusätzlicher Betriebsdaten:

Gemessen wurde in kleinen, mittleren und großen Betrieben, z. T. mit nur kleineren Siebdruckabteilungen. Die Zahl der Mitarbeiter reichte von 11 bis >200 Beschäftigten, von denen 1 bis 10 im Siebdruck tätig waren.

Es wurden 17 Messungen an Vollautomaten, 19 an Dreiviertel- und 37 an Halbautomaten durchgeführt. Das Baujahr der Druckmaschinen lag zwischen 1973 und 2004. Die Größe der Drucksäle reichte von $35 - 12400 \text{ m}^2$. Bedruckt wurde 29 mal Folie, 11 mal PVC-Plattenware, 6 mal Polystyrol, 5 mal Papier, 4 mal Metall, 8 mal andere Materialien, 6 mal wurde keine Angabe gemacht.

Die Siebreinigung fand in den 28 Betrieben wie folgt statt:

Betriebe mit Waschanlage und separatem Siebreinigungsbereich	2
Betriebe mit Waschanlagen	10
Betriebe ohne Waschanlage aber mit separatem Siebreinigungsbereich	6
Betriebe ohne separatem Siebreinigungsbereich	6
keine Angabe	4

1.2 Statistische Auswertung

Die Messwerte der Einzel-Lösemittel wurden nach TRGS 403 im Vergleich zu den Grenzwerten als Indices ($I = \text{Konzentration} / \text{Grenzwert}$, $I = C1/AGW_1 + C2/AGW_2 + C3/GW_3 + \dots$) addiert und nachfolgend als Expositionswerte über die Messdauer statistisch dargestellt und ausgewertet (Statistik-Programm PC-Statistik, Version 5.0, O. Hoffmann, Gießen).

Soweit sinnvoll wurde die folgende statistische Darstellung gewählt:

Darstellung der Datenkollektive mit Box-Whisker-Plots

Die Darstellung in Form von Box-Whisker-Plots ist eine übersichtliche Form mit hohem Informationsgehalt. Der Plot besteht aus einer Box, einem Rechteck, dessen Unterkante das 25-Perzentil und dessen Oberkante das 75-Perzentil anzeigt. Das Kreuz legt den arithmetischen Mittelwert fest, der Querstrich in der Box den Median. Die Whisker, die Fäden, sind im Höchsthalle so lang wie die Box, enden aber beim letzten erreichten Datenpunkt. So reicht der untere Whisker meist bis zum niedrigsten Datenpunkt. Die Werte außerhalb der Whiskergrenze werden Extremwerte genannt. Bei Arbeitsplatzmessungen liegen im Regelfall schiefe Verteilungen vor, d. h. der Median liegt tiefer als der arithmetische Mittelwert, der durch Extremwerte stark beeinflusst wird.

Für die Untersuchung von Unterschieden in Messkollektiven wurde der folgende Test benutzt:

Signifikanztest nach Wilcoxon

Für die Abklärung, ob zwei Datenkollektive signifikant unterschiedlich sind, bedarf es eines Signifikanztests, und zwar in diesem Falle für unabhängige Stichproben, unabhängig von der Art der Verteilung.

Getestet wird die Hypothese: „der Mittelwert der einen Grundgesamtheit ist größer als der der anderen“ als einseitiger Test

$$TG = R_1 - \left| \frac{n_1 \cdot (n_1 + n_2 + 1)}{2} \right| \quad p \rightarrow$$

TG = Testgröße p = Irrtumswahrscheinlichkeit

R_1 = Summe der Rangzahlen der Stichprobe 1 (Rangzahlen ermittelt an beiden Stichproben)

n_1, n_2 = Stichprobenumfänge

Über die Berechnung der Testgröße und ein statistisches Tabellenwerk erhält man die Irrtumswahrscheinlichkeit p. Konvention ist, dass dieses p mit der Irrtumswahrscheinlichkeitsgrenze $p=0,01$ verglichen wird. Ist der erhaltene Wert $<0,01$, so gilt die Hypothese als sicher signifikant. Bis $p=0,1$ wird nachfolgend noch von Tendenz gesprochen.

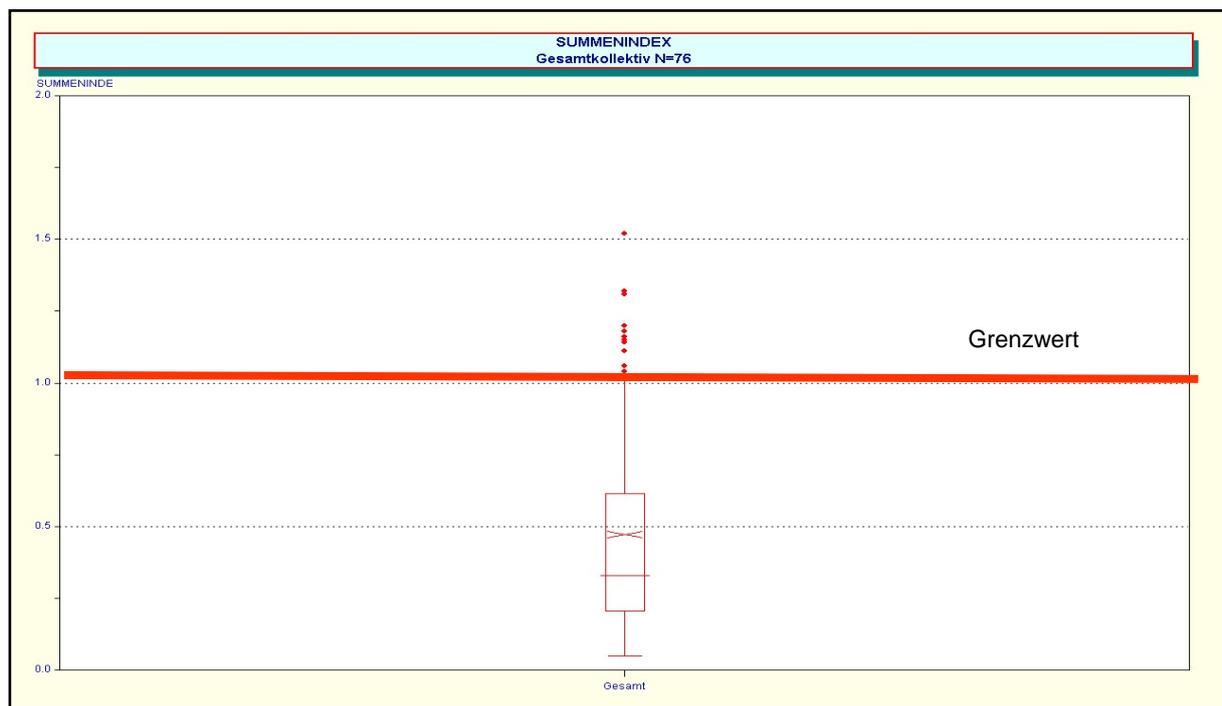
Bisher war es möglich (s. LV24, 2004), dass Siebdruckereien trotz Erfüllung der „Verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien“ (s. jetzt Grundmaßnahmen 5.2.) die Grenzwerte nicht einhielten. Diese Betriebe konnten anhand der VSK ohne eigene Messungen nicht identifiziert werden.

Deshalb musste seit 2004 zur Klärung der Grenzwerteinhaltung eine repräsentative Expositionsmessung vom Betrieb verlangt werden.

Sinn der LASI-Handlungsanleitung ist aber, Maßnahmen zu beschreiben, die zur Einhaltung der Grenzwerte führen. Die Auswertung des neuen Datenkollektivs lässt es nun zu, die Minimierungs-Maßnahmen nach Stand der Technik zu beschreiben. Wenn diese Maßnahmen durchgeführt werden, werden die Grenzwerte in einer Siebdruckerei eingehalten!

Das Datenkollektiv, auf das sich diese Expositionsbeschreibung stützt, stellt sich insgesamt wie folgt dar:

	Gruppe	Anzahl Mess- ergebnisse	Mittelwert	Median	Max.	75- Perzentil	95- Perzentil
A	Gesamtes Datenkollektiv	75	0,46	0,33	1,52	0,58	1,20



Für das neue Datenkollektiv beträgt das 95-Perzentil **1,20**, so dass im statistischen Sinne der Befund „Einhaltung des Grenzwertes“ für dieses Gesamtdatenkollektiv nicht erhoben werden kann. 19 % (14 von 75) der Messergebnisse liegen oberhalb des Grenzwertes.

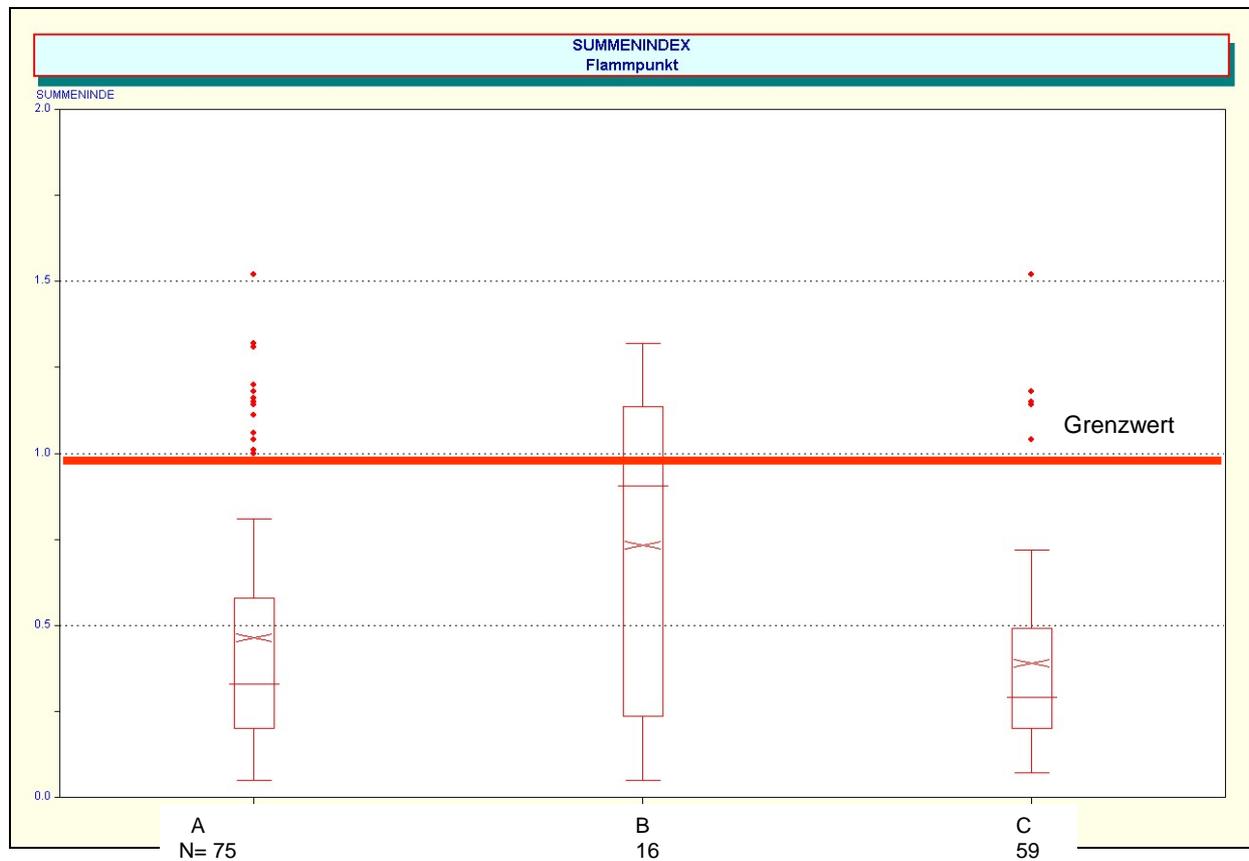
1.3 Diskussion von Einflussgrößen

Die Lösemittelkonzentration in der Luft an Siebdruckarbeitsplätzen ist ein sehr komplexes Zusammenspiel von Einflussfaktoren. Der Einfluss einzelner Parameter ist in diesem System meist nicht eindeutig zu differenzieren.

Der Einfluss verschiedener Parameter auf die Messergebnisse wurde statistisch untersucht:

- Einfluss der Flüchtigkeit der Farben, Verdünner und Reiniger, bestimmt über den **Flammpunkt (Fp.)**

	Gruppe	Anzahl Mess- ergebnisse	Mittelwert	Median	Max.	75- Perzentil	95- Perzentil
A	gesamt	75	0,47	0,33	1,52	0,62	1,20
B	Flammpunkt <40°C	16	0,73	0,91	1,32	1,14	1,32
C	Flammpunkt >40°C	59	0,40	0,30	1,52	0,49	1,15

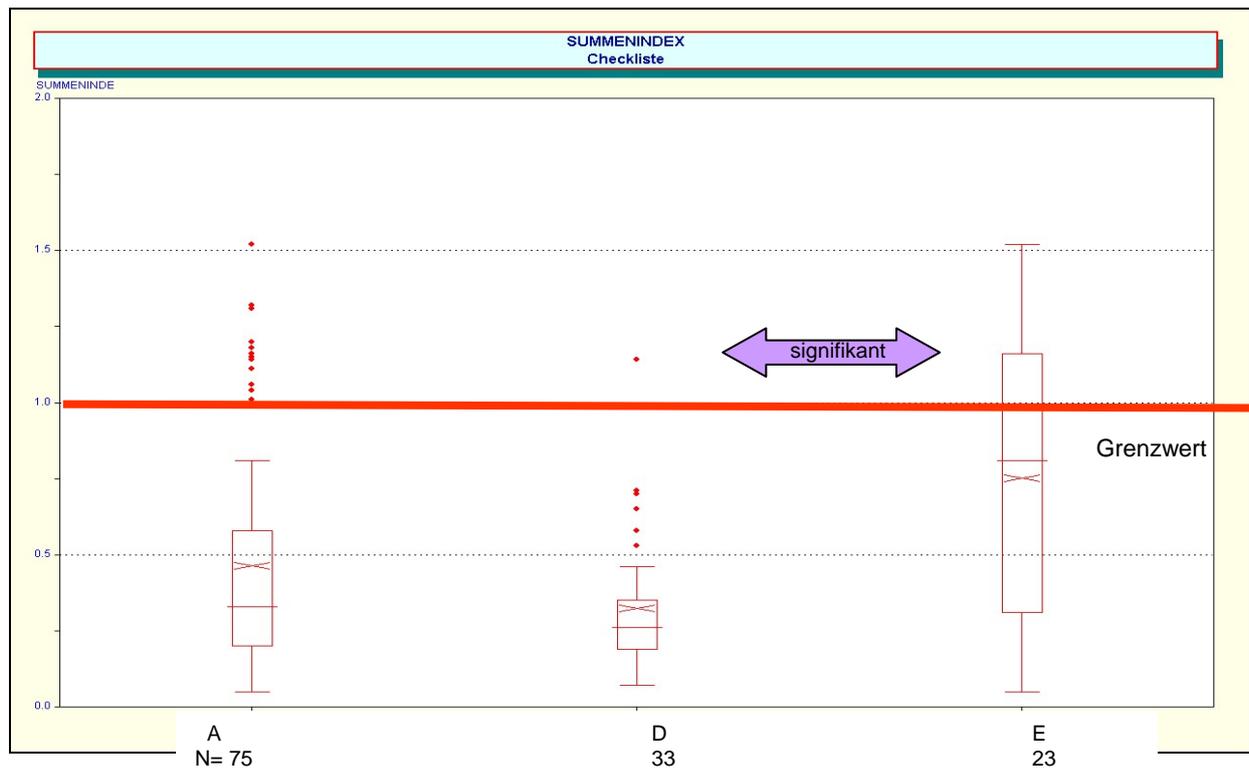


b) Der Einfluss der **Einhaltung der bisherigen verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien** wurde abgeprüft:

	Gruppe	Anzahl Mess- ergebnisse	Mittel- wert	Median	Max.	75- Perzentil	95- Perzentil
A	gesamt	75	0,47	0,33	1,52	0,62	1,20
D	Fp. >40° C und organis. Maßnahmen „erfüllt“ (Checkliste ja)	33	0,32	0,26	1,14	0,35	0,71
E	Fp. <40°C oder organis. Maßnahmen „nicht erfüllt“ (Checkliste nein)	23	0,75	0,81	1,52	1,16	1,32

Die 19 verbleibenden Messergebnisse umfassen das Kollektiv mit Flammpunkt >40°C, aber organisatorischen Mängeln.

Die Mittelwerte der Kollektive von D und E unterscheiden sich signifikant mit $p=0,0007$.



c) Weitere denkbare Einflüsse durch die Parameter

- Anzahl der Siebzwischenreinigungen
- Druckmenge Drucke/h
- Drucksaalgröße
- bedruckte Fläche bzw. benetzte Siebfläche und
- Vorhandensein einer Raumluftechnischen Anlage

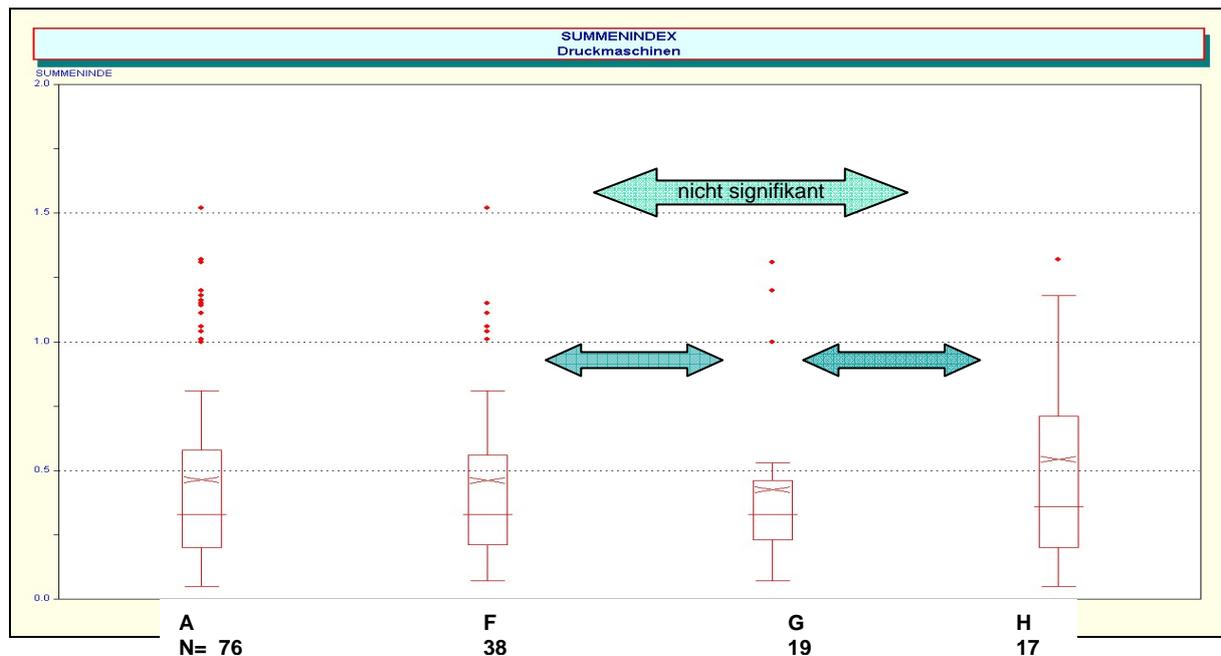
wurden abgeprüft. Ein deutlicher Einfluss im statistischen Sinne war hier aber in keinem Falle zu erkennen.

d) Eine signifikante Abweichung der Mittelwerte der Belastung, gemessen an **Halbautomaten, Dreiviertelautomaten oder Vollautomaten**, konnte nicht festgestellt werden.

Für den Handdruck gilt schon seit 2001, dass auch nach Berücksichtigung der geänderten Grenzwerte, die Grenzwerte eingehalten werden.

	Gruppe	Anzahl Messergebnisse	Mittel- wert	Median	Max.	75- Perzentil	95- Perzentil
A	gesamt	75	0,47	0,33	1,52	0,62	1,20
F	Halbautomaten	37	0,46	0,33	1,52	0,56	1,15
G	Dreiviertelautomaten	19	0,43	0,33	1,31	0,46	1,31
H	Vollautomaten	17	0,54	0,36	1,32	0,71	1,32
	Farbmischen	2					

	Handdruck (altes Datenkollektiv)	15	0,29	0,26	0,87		0,69
--	-------------------------------------	----	------	------	------	--	------



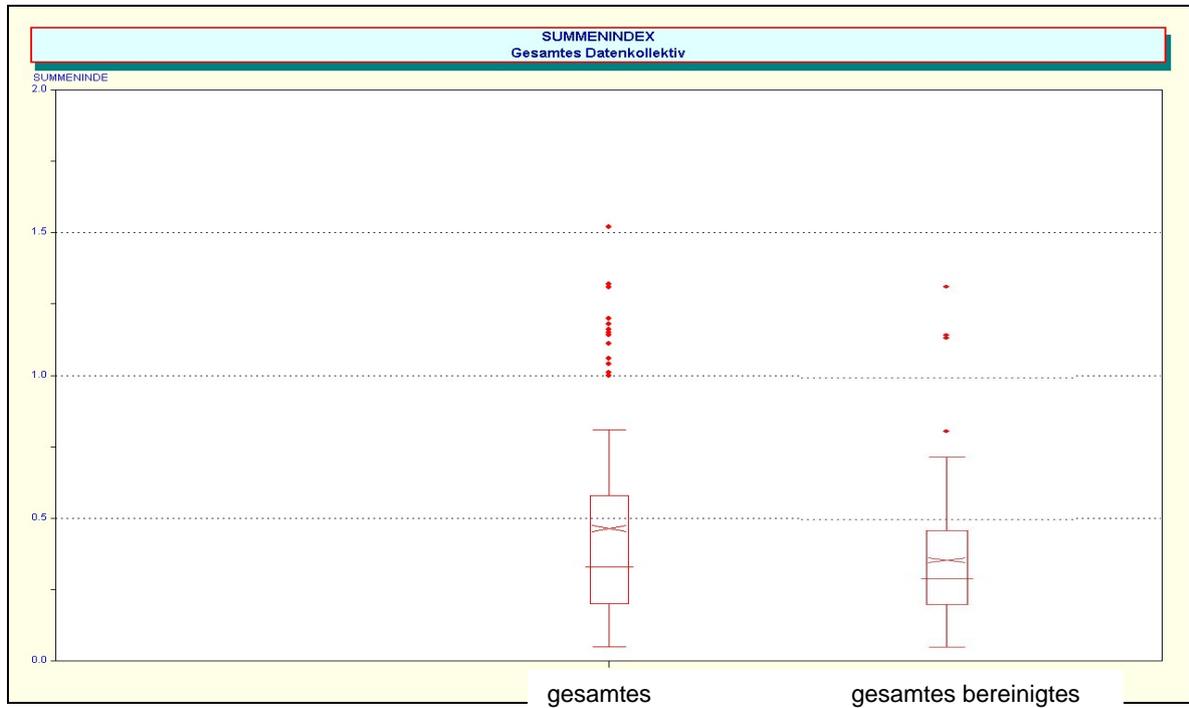
e) Die 13 der 75 Messungen, die **Grenzwertüberschreitungen** ergaben, wurden besonders gründlich auf die Ursachen geprüft. 12 davon halten die Grund-Maßnahmen nicht ein, 8 wurden bei Farben bzw. Reinigen mit einem Flammpunkt unter 40 °C ermittelt.

Die Einzel-Begründungen lauteten:

Betrieb Nr.	Summen-index	Begründung der Messstellen	Erforderliche Maßnahme zur Grenzwerteinhaltung s. Abschnitt 5.
H 1	1,06 1,11 1,31 1,00 1,20 1,01	Flammpunkt der Farbe <40°C, Absaugung am Siebrahmen, aber nicht wirksam, Reinigungsmittel = zu leicht flüchtige KW, Siebwaschbereich schlecht, Behälter standen offen, feuchte Putztücher lagen offen.	Flammpunkt >40°C Grund-Maßnahmen
H 4	1,15	hohe Belastung durch Reinigungsmittel, unzureichende Erfassung	Hordenabsaugung
E 2-1	1,18	Siebzischenreinigung, 5 mal/Messzeit, vollflächig 880x880 mm, nach Siebwechsel (verfahrensbedingt) neben der Maschine	Siebreinigung nur in belüftetem Siebwaschbereich
E 4-1	1,04	Druckvorgang direkt neben nicht abgesaugter Trockenhorde, vollflächiger Druck, gemessen wurde der Anleger	Hordenabsaugung
E 4-2	1,52	Druckvorgang direkt neben nicht abgesaugter Trockenhorde, vollflächiger Druck, in der Messung Rakelreinigung enthalten, keine Hordenabsaugung.	Hordenabsaugung
F 10-0506/2005 Sta	1,16	Flammpunkt Reiniger 35°C, externer Siebreinigungsbereich ist nicht vorhanden, nicht alle Farb- und Lösemittelbehälter waren verschlossen, Fensterflächen und Außenluftstrom wurden nicht erfasst	Flammpunkt >40°C Grund-Maßnahmen
F 10-0783/2004	1,32	Siebzischenreinigungen 15 mal/Messzeit	Keine Maßnahme beschrieben
F 10-1011/2005 Ka	1,14	Zu- und Abluftführung ungünstig, Lamellengitter der Zuluft über dem Arbeitsbereich war geschlossen, 5kg/h Farbe.	Wirksamkeitsprüfung der Lüftungsanlage

Nach statistischer Auswertung des geänderten (Ausschluss der eindeutig begründeten Extremwerte) Datenkollektivs ergab sich folgendes Bild:

	Gruppe	Anzahl Messergebnisse	Mittelwert	Median	Max.	75- Perzentil	95- Perzentil
A	gesamt	75	0,46	0,33	1,52	0,58	1,20
a	„Gesamt“ ohne begründete Extremwerte	65	0,36	0,29	1,32	0,46	0,81



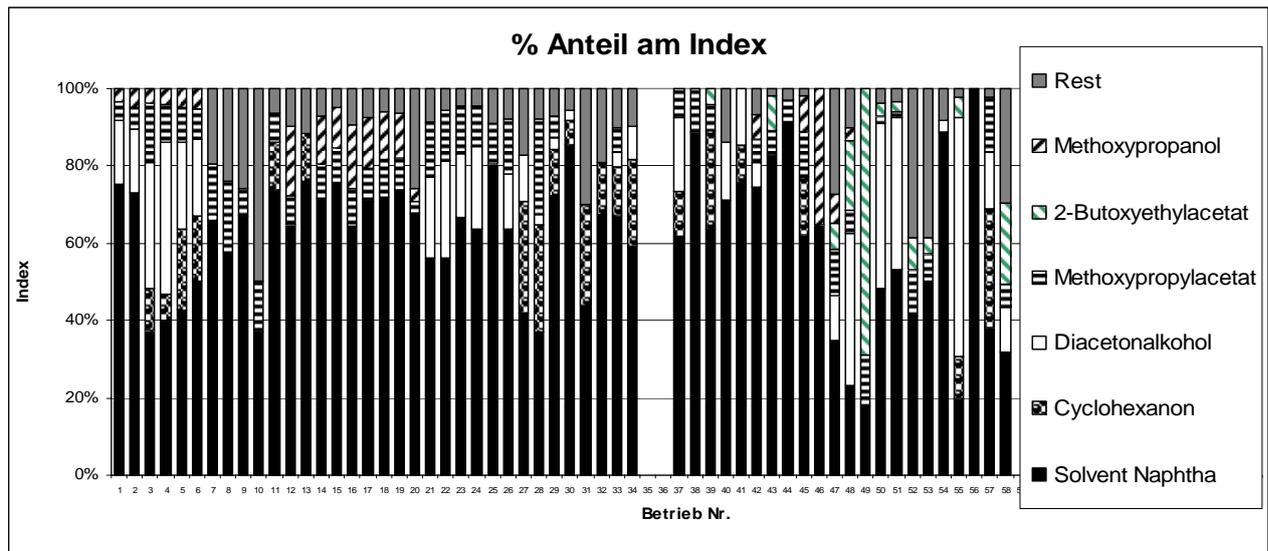
Wenn der Flammpunkt der Farben, der Verdünner und Reiniger $>40\text{ °C}$ liegt (wie die EN 1010 schon wegen des Exschutzes fordert) und die beschriebenen technischen und organisatorischen Maßnahmen erfüllt sind, werden die Grenzwerte mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten.

2. Lösemittelzusammensetzung

2.1 Darstellung der Lösemittelzusammensetzung im Datenkollektiv

Als wichtigste Komponenten im Rahmen der vorliegenden Messungen sind zu nennen:

- Solvent Naphtha ²⁾
- Cyclohexanon,
- Diacetonalkohol,
- 1-Methoxypropylacetat-2 und
- 2-Butoxyethylacetat.



Die Grafik zeigt die prozentuale Verteilung der Lösemittelanteile im Summenindex (TRGS 403).

2.2 Grenzwerte

Nach der Gefahrstoffverordnung vom 23.12.04 (GefStoffV) ist der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf 8 Stunden Schichtlänge, bei welchem akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind (§ 3 Abs. 6 GefStoffV).

Für die meisten im Siebdruck relevanten Lösemittel sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) in der neuen TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ [8] festgelegt.

Der Arbeitsplatzgrenzwert für das im Siebdruck bedeutende Solvent Naphtha ²⁾ (aromatisches Kohlenwasserstoffgemisch, nur C9-Aromaten) wurde am 7.3.07 im AGS mit 100 mg/m³ festgelegt und wird demnächst in der TRGS 900 veröffentlicht.

Butylacetat, das aber kaum eine Rolle spielt, wurde in die „Bearbeitungsliste des AGS“ aufgenommen und eine Grenzwertsetzung steht noch aus. Hier wurde es mit dem bisherigen Grenzwert berücksichtigt.

²⁾ Solvent Naphtha ist ein Gemisch aromatischer Kohlenwasserstoffe (nur C9-Aromaten). Nach Angaben eines Herstellers beinhaltet es folgende Stoffe: ca. 5% 1,2,3-Trimethylbenzol, ca. 30% 1,2,4-Trimethylbenzol, ca. 10% Mesitylen (1,3,5-Trimethylbenzol), ca. 6% 2-Ethyltoluol, ca. 12% 3-Ethyltoluol, ca. 14% 4-Ethyltoluol, ca. 5% Cumol (i-Propylbenzol), ca. 8% n-Propylbenzol, ca. 10% Sonstige Bestandteile

2.3 Stoffliste

In dieser Liste finden Sie (sortiert nach den CAS-Nrn.) die meisten Stoffe, die im Siebdruck vorkommen mit ihren Grenzwerten und physikalischen Daten.

Die besonders relevanten Stoffe sind grau unterlegt.

CAS-Nr.	Stoff	Grenzwert	mg/m ³	Spitzenbegrenzung	Flammpunkt °C	Siedepunkt °C	Dampfdruck hPa 20°C	Einstufung	Hautresorptiv	TRGS 401 [3]
107-21-1	Ethandiol/ Ethylenglykol	AGW	26	2(I)	111	197	0,08	Xn; R22	H	x
107-98-2	1-Methoxy-2-propanol 1-Methoxypropylglykol-2 Propylenglykol-1-methylether	AGW	370	2(I)	32	120	11	R10		
108-32-7	Propylenglykolcarbonat	kein			135	242	0,04	Xi;R36		
108-65-6	2-Methoxy-1-methyl-ethylacetat 1-Methoxypropylacetat-2	AGW	270	1(I)	44	148	5	R10 Xi;R36		
109-59-1	2-Isopropoxyethanol	AGW	22	8(II)	46	144	3,5	Xn;R20/21 Xi; R36	H	x
111-76-2	2-Butoxyethanol/ Ethylenglykolmonobutylether	AGW	98	4(II)	69	170	1,3	Xn;R20/21/22 Xi; R36/38	H	x
112-07-2	2-Butoxyethylacetat Essigsäure-2-butoxyethylester	AGW	130	4(II)	78	184	0,4	Xn; R20/21	H	x
112-34-5	2-(2-Butoxyethoxy)ethanol Butyldiglykol	AGW	100	1(I)	105	224	0,027	Xi; R36		
123-42-2	4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on / Diacetonalkohol	AGW	96	2(I)	58	166	1,08	Xi; R36		
123-86-4	n-Butylacetat	MAK*)	480	=1=	27	126,5	10,7	R10, R66. R67	***)	x
124-17-4	Butyldiglykolacetat	kein			102	238	0,05	keine	***)	
1569-01-3	1-Propoxy-2-propanol	kein			48	150	2,3	keine	H	x
1569-02-4	1-Ethoxy-2-propanol Propylenglykolmonoethylether/	kein			40-42	133	10(bei25°C)	R10; R67	H	x
19089-47-5	2-Ethoxypropanol-1	kein			54	152	2,3	keine		
19234-20-9	2-Isopropoxyethylacetat Ethanol,2-(1-methylethoxy)- acetat	kein						keine		
108-94-1	Cyclohexanon	AGW	80	1(I)	43	156	5	R10 Xn; R20	H	x
5131-66-8	3-Butoxy-2-propanol	kein			63	170	1,13	Xi; R36/38		x
34590-94-8 13429-07-7	2-Methoxymethylethoxypropanol Dipropylenglykolmono- methylether	AGW	310	1(I)	80	187-192	0,6	keine	**)	
4435-53-4	3-Methoxybutylacetat Essigsäure-3- methoxybutylester "Butoxyl"	kein			62	169	1,5	keine	H	x
54839-24-6	2-Ethoxypropylacetat-1	MAK	300	2(II)	54	158	0,227	R10; R67	**)	
64742-95-6	Solvent Naphtha 100 leicht	AGW	100		>40	160-180	5	Xn; R65		
	Solvent Naphtha 150 schwer		100					Xn; R65		
7397-62-8	Butylglykolat 2-Hydroxyessigsäu- rebutylester Glykolsäure-n-butylester/	kein			68	188/100mbar	1,3	keine		
763-69-9	Ethyl-3-ethoxypropionat Propionsäure-3- ethoxyethylester	AGW	610	1(I)	59	165	2	keine	H	x
872-50-4	N-Methylpyrrolidon	AGW	80	2(II)	91	202	0,4	Xi; R36/38	H	x

*) Stoff in der Bearbeitungsliste des Ausschusses für Gefahrstoffe AGS, z.Z. kein AGW

***) Hinweise auf Hautresorption nach Patty's Toxicology, Verlag John Wiley & Sons, 5.Auflage.

***) Hinweise auf eine geringe Hautresorption nach Patty's Toxicology, Verlag John Wiley & Sons, 5.Auflage.

2.4 Festlegungen zur Analytik

- Expositionsmessungen werden durch geeignete Probenahme und Analytik nach TRGS 402 und einem anerkannten Analysenverfahren [16], z.B. aktive Probenahme auf A-Kohle-Röhrchen und GC-FID-Analytik, durchgeführt. Die Konzentrationen der zu quantifizierenden Stoffe werden mit einer relativen Bestimmungsgrenze von 1% Grenzwert bestimmt. Dies bedingt ein ausreichendes Probenahmenvolumen.
- Die Auswahl der zu quantifizierenden Stoffe wird anhand der prozentualen Anteile in der Zubereitung (aus den Sicherheitsdatenblättern), der verbrauchten Menge und unter Berücksichtigung des angewendeten Analysenverfahrens durchgeführt. Für diese Stoffe wird eine substanzspezifische Kalibrierung durchgeführt. Es werden nur Stoffe einzeln kalibriert und bewertet, die eindeutig identifiziert keine Kohlenwasserstoffe sind (z.B. Cyclohexanon, Diacetonalkohol).
- Sobald in den Sicherheitsdatenblättern Kohlenwasserstoffgemische (z.B. Solvent Naphtha) angegeben sind, ist eine vollständige Identifizierung sämtlicher Inhaltsstoffe unter den üblichen analytischen Bedingungen (GC-FID) nicht möglich. Alle Kohlenwasserstoffe werden als Gruppe quantifiziert, die Aromaten mit Solvent Naphtha oder 1,3,5-Trimethylbenzol kalibriert. Die Bewertung des Kohlenwasserstoffgemisches erfolgt mit der RCP-Methode (s. TRGS 900). Für das KW-Gemisch Solvent Naphtha gilt der Grenzwert für C9-C15-Aromaten von 100 mg/m.
- Einzelstoffindices und Index der Kohlenwasserstoffsumme werden entsprechend TRGS 403 addiert.
- Stoff-Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze werden mit $I \leq 0,01$ angegeben und in der Regel nicht bewertet.
- Ein Summenindex, der sich nur aus Indices $< 0,01$ zusammensetzt, wird mit $I < 0,05$ angegeben.

3. Hinweise zu den technischen Maßnahmen

Die Wirksamkeit der beschriebenen Maßnahmen wurde zusätzlich durch spezielle Messungen belegt:

3.1 Trockenhordenabsaugung

3.1.1 Konstruktion einer Trockenhordenabsaugung

Die im Folgenden beschriebene Trockenhordenabsaugung darf nicht in Bereichen, in denen mit gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre gerechnet werden muss, betrieben werden. Um dies sicherzustellen, ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und für die Mitarbeiter vor Ort eine entsprechende Betriebsanweisung zu erstellen (Einsatz von Farben und Hilfsstoffen mit Flammpunkt > 40 °C).

Trockenhordenabsaugungen sind inzwischen lieferbar. Die Konstruktion kann aber auch von einer Handwerksfirma angefertigt werden.

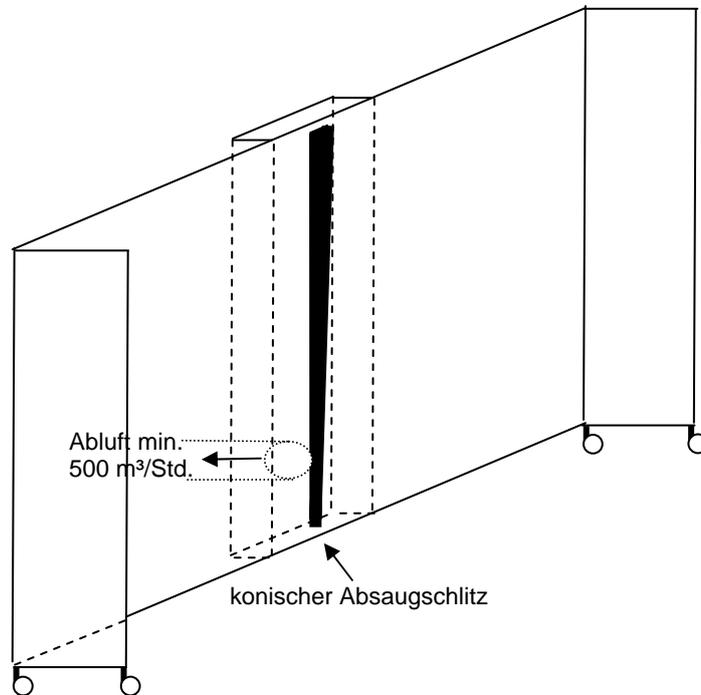
Trockenhordenabsaugungen sollten:

- standsicher sein,
- mindestens den rückwärtigen Bereich der Trockenhorde vollständig abdecken,
- so nah wie möglich an der Trockenhorde stehen,
- eine Luftmenge von mehr als 500 m³/Std. absaugen können,
- mit Abluftrohren versehen sein, die so kurz wie möglich sind und mit so wenig Krümmungen und Knicken auskommen wie möglich,

- Abluftrohre haben, deren Durchmesser größer als 100 mm ist,
- nicht an die Raumentlüftung/Raumlufthechnische Anlage angeschlossen werden.

Trockenhordenabsaugungen müssen nicht:

- mit explosionsgeschützten Lüftern ausgestattet sein,
- mit elektrisch leitfähigen Abluftrohren ausgestattet sein.



Skizze einer Erfassungseinheit für die Hordenabsaugung

3.1.2 Messtechnische Überprüfung der Wirksamkeit einer Trockenhordenabsaugung

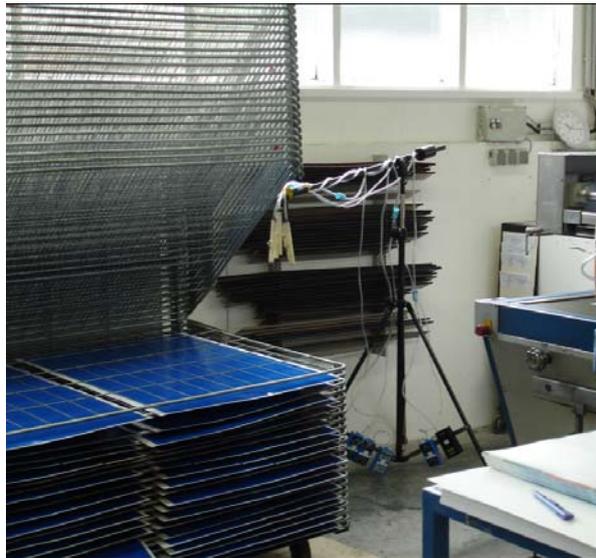
Für den Nachweis der Wirksamkeit solcher Anlagen wurden Messungen durchgeführt. Für dieses Expositionsszenario wurde eine Horde mit einer extra angefertigten Absaugeinheit ausgerüstet und bei Extrembedingungen gemessen.

Expositionsszenario - Drucken am Halbautomaten / Vollfläche

- Raum, geschlossen
- Länge/Breite/Höhe: 60 m / 14,5 m / 4,7 m
- technische Luftführung vorhanden - Freie Lüftung überwiegend über Türen
- Keine Beeinflussung durch andere Emissionsquellen
- Absaugung der Trockenhorde: 500 m³/h
- Druckfarbe: Fp. 49 °C / Dampfdruck 2 hPa (20 °C)

Solvent Naphtha, leicht	15 - 40 Gew%
Butylglykolat	10 - 20 Gew%
Diacetonalkohol	1 - 10 Gew%

- 22% Verdünner: Fp. 47 °C / Dampfdruck 3 hPa (20°C)
Solventnaphtha, leicht 60 - 65 Gew%
Butylglykolat 40 - 45 Gew%
- Verarbeitungsmenge 2250 g/h
- Format: 100 cm x 70 cm (95% bedruckte Fläche)
- 200 Bogen/h



Fotos der Trockenhordenabsaugereinheit bei der Messung

Es wurden jeweils zweistündige Messungen mit und ohne Absaugung unter exakt gleichen Bedingungen durchgeführt, die Ergebnisse sind nachfolgend aufgeführt:

	Reduktion der Exposition durch Hordenabsaugung	
	Messung stationär*	Messung personenbezogen
Summenindex (Butylglykolat, Solvent Naphtha, Diacetonalkohol)	52 %	31 %

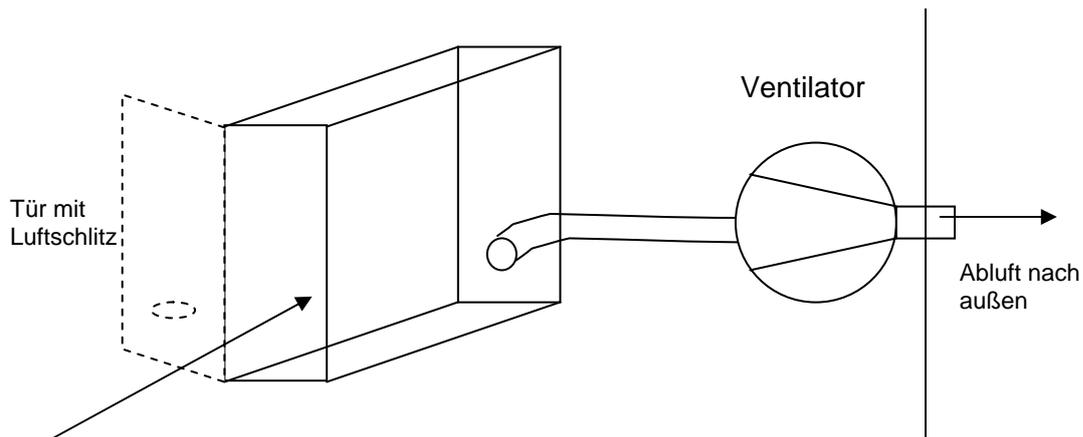
*Messung stationär: **10 cm seitlich Mitte Horde, Messhöhe: 125 cm** (siehe Abbildung)

Die Messergebnisse zeigen eine deutliche Reduzierung der Belastung beim Einsatz dieser Absaugereinheit.

3.2 Trockenmodul für den Siebwaschbereich

Trockenmodule sind individuelle Lösungen. Sie bestehen im Prinzip aus einem abgesaugten Kasten/Schrank, in den die Siebe aufrecht geschoben werden, oder z.B. aus einer abgesaugten Schublade, in die das Sieb gelegt wird.

Der Ventilator muss explosionsgeschützt ausgeführt sein.



3.3 Lüftungstechnik

Bei der Gestaltung von Lüftungsanlagen muss Folgendes beachtet werden:

- Eine gute Durchlüftung des Arbeitsraums gewährleisten, dies ist erreichbar durch:
 - Querstromlüftung (Zuluft von oben, Abluft diagonal entgegengesetzt im Raum unten, am besten hinter den Arbeitsplätzen),
 - nicht nur Abluft, sondern auch Zuluft einplanen.
- Zu große Luftgeschwindigkeiten vermeiden, mögliche Probleme sind:
 - Gefahr des Verschlusses der Gewebemaschen,
 - Zuglufterscheinungen.

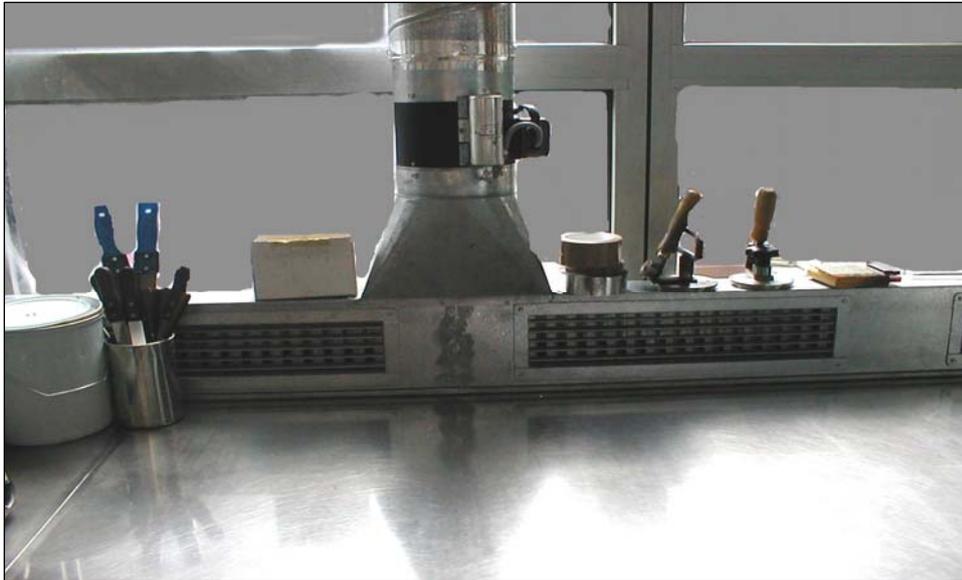
Abhilfemaßnahmen können sein:

- möglichst viele kleine Luftauslässe anstelle eines großen,
 - Zuluftschläuche aus Gewebematerial.
- Druckverluste in den Lüftungskanälen vermeiden, Druckverluste entstehen durch:
 - zu dünne und/oder zu lange Lüftungskanäle
 - Winkel
 - Krümmungen
 - Verjüngungen
 - Die Wirksamkeit mit Strömungsprüfröhrchen regelmäßig überprüfen.

Zur Optimierung der Lüftungstechnik wird außerdem auf die VDI 2262 Blatt 3 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz, Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“ [17] und die BGR 121 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ [19] hingewiesen.

3.4 Farbmischplatz

Farbmischplätze sollten, besonders wenn sie sich im Druckraum befinden, abgesaugt werden. Eine Erfassung erreicht man mit einer Hintertischabsaugung oder Objektabsaugung mit Rüssel. Am besten werden die Lösemittel an einem gekapselten Mischplatz erfasst.



Beispiel eines Farbmischplatzes

4. Beispiel einer Betriebsanweisung

Diese Muster-Betriebsanweisung muss betriebsspezifisch angepasst werden!

(Firma)	Beispiel-BETRIEBSANWEISUNG Gem. §14 GefStoffV	Nr.: Stand: Unterschrift:
GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG		
Lösemittelhaltige Siebdruckfarben und –reiniger		
GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT		
	<p>Xn Gesundheitsschädlich Entzündlich</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen • Gesundheitsschädlich beim Einatmen • Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen 	
SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN		
	<ul style="list-style-type: none"> • Von Zündquellen fernhalten, nicht rauchen • Keine größeren Vorräte am Arbeitsplatz lagern. • Auf Be- und Entlüftung achten, Absaugvorrichtungen immer einschalten, ggf. für Fensterlüftung sorgen. • Berührung mit der Haut vermeiden. • Beim Siebreinigen Chemikalienschutzhandschuhe „Name“, „Hersteller“.... tragen. (www.basis-dp.de) • Durchbruchzeiten der Schutzhandschuhe beachten. • Vor der Arbeit und nach den Pausen Hautschutzmittel gemäß Hautschutzplan auftragen • Nach der Arbeit Hautpflegemittel benutzen. • Schutzbrille bei Spritzgefahr tragen, z.B. Siebreinigung über Kopf • Nicht essen, trinken, rauchen und keine Aufbewahrung von Lebensmitteln und Tabak. • Behälter dicht geschlossen halten. • Eindringen in Boden, Gewässer und Kanalisation vermeiden! 	
VERHALTEN IM GEFAHRFALL		Ruf Feuerwehr 112
	<p>Betrieblichen Alarm- und Rettungsplan beachten Feuerwehr alarmieren Kleine Brände mit CO₂- oder Pulverlöscher bekämpfen.</p> <p>Bei Leckagen oder Verschütten mit Putztüchern aufnehmen und vorschriftsmäßig entsorgen.</p>	
ERSTE HILFE		Notruf 112
	<p>Nach Hautkontakt: Verunreinigte Kleidung sofort ausziehen. Haut mit viel Wasser und Seife spülen. Nach Augenkontakt: Augen unter fließendem Wasser gründlich spülen, evt. Augenarzt konsultieren. Nach Einatmen: Verletzten aus dem Gefahrenbereich an die frische Luft bringen (ggf. Krankenhaus). Nach Verschlucken: Wasser trinken, kein Erbrechen herbeiführen, sofort Arzt hinzuziehen.</p> <p>Ersthelfer: Zuständiger Arzt: Unfalltelefon:</p>	
SACHGERECHTE ENTSORGUNG		
	<p>Nicht in Kanalisation gelangen lassen! Verunreinigtes Aufsaugmaterial und Putzlappen in geschlossenen Behältnissen sammeln und geordnet entsorgen lassen.</p>	
Zusätzlich beachten!		
	<ul style="list-style-type: none"> • Keine großflächigen Reinigungsarbeiten mit Siebreiniger im Druckraum. • Rakel- und Siebreinigung immer im separaten Siebreinigungsbereich durchführen. • Behälter mit verschmutzten Putztüchern täglich aus dem Arbeitsraum bringen und regelmäßig entsorgen lassen. 	

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik LASI-Veröffentlichungen (LV)

LV-Nr.	Titel	Herausgabe aktuelle Auflage
1	Leitlinien des Arbeitsschutzes in der Wertstoffsorgung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 15)</i>	Juli 1995
2	Richtlinien für die Akkreditierung von Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 2.1)</i>	September 1995
2.1	Richtlinien für die Akkreditierung von Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts gemäß § 18 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht - ersetzt durch LV 2.2)</i>	Oktober 1999
2.2	Handlungsanleitung „Grundsätzliche Anforderungen an akkreditierte Messstellen zum Vollzug des Gefahrstoffrechts“	September 2005
3	Musterleitfaden zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung und der TRGS 553 „Holzstaub“ zum Schutz vor Gefahren durch Holzstaub <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Februar 1996
4	Qualitätssicherungs-Handbuch (QSH) <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	März 1996
5	Arbeitsschutzmaßnahmen bei Ozonbelastung am Arbeitsplatz <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1996
6	Leitfaden für den sicheren Umgang mit Mikroorganismen der Risikogruppe 3** <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 105)</i>	August 1996
7	Leitfaden zur Ermittlung und Beurteilung der Konzentration von Bakterien und Pilzen in der Luft in Arbeitsbereichen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 405 und 430)</i>	September 1996
8	Mehlstaub in Backbetrieben Handlungsanleitung der Länderarbeitsschutzbehörden und der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	November 1996
9	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Heben und Tragen von Lasten <i>(4. überarbeitete Auflage)</i>	April 2001
10	Umsetzung der Gleichwertigkeitsklausel bei überwachungsbedürftigen Anlagen	Februar 1997
11	Schutz schwangerer Frauen vor Benzolexposition in Verkaufsräumen von Tankstellen und an anderen Arbeitsplätzen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1997
12	Leitfaden „Ersatzstoffe und Verwendungsbeschränkungen in der Reinigungstechnik im Offsetdruck“ <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Juli 1997
13	Leitlinien für den Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 214)</i>	Oktober 1997
14	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen bei der Bildschirmarbeit <i>(2. Auflage)</i>	Mai 1998

LV-Nr.	Titel	Herausgabe aktuelle Auflage
15	Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – ersetzt durch TRBA 214)</i>	November 1998
16	Kenngößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter	Mai 1999
17	Leitfaden „Künstliche Mineralfasern“ - Handlungsanleitung für die Beurteilung von und den Umfang mit Mineralfaserprodukten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 1999
18	Leitfaden „Schutz vor Latexallergien“ <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Mai 1999
19	Beschichten von Industriefußböden und anderen großen Flächen in Innenräumen mit Methylmethacrylat (MMA)-Harzen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	September 1999
20	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen an Kassenarbeitsplätzen	Oktober 1999
21	Arbeitsschutzmanagementsysteme Spezifikation zur freiwilligen Einführung, Anwendung und Weiterentwicklung von Arbeitsschutzmanagementsystemen (AMS) <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	März 2006
22	Arbeitsschutzmanagementsysteme Handlungsanleitung zur freiwilligen Einführung und Anwendung von Arbeitsschutzmanagementsystemen (AMS) für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) <i>(2. überarbeitete Auflage)</i>	Mai 2006
23	Leitlinien zur Biostoffverordnung <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	September 2008
24	Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	März 2009
25	Ersatzstoffe in der Metallreinigung <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	September 2001
26	Umgang mit Gefahrstoffen beim Recycling von Kraftfahrzeugen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 2002
27	Umgang mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	April 2002
28	Konzept zur Ermittlung psychischer Fehlbelastungen am Arbeitsplatz und zu Möglichkeiten der Prävention	Juni 2002
29	Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten	September 2002
30	Arbeitszeitgestaltung in Krankenhäusern - Arbeitszeitproblematik am Beispiel des Ärztlichen Dienstes <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	November 2004
31	Handlungsanleitung für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder zur Ermittlung psychischer Fehlbelastungen am Arbeitsplatz und zu Möglichkeiten der Prävention	Mai 2003
32	Kunststoffverwertung – Umgang mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen bei der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffen <i>(wird nicht mehr veröffentlicht – zurück gezogen)</i>	Oktober 2004

LV-Nr.	Titel	Herausgabe aktuelle Auflage
33	Grundsätze der Behördlichen Systemkontrolle	Juli 2003
34	Gegen Mobbing – Handlungsanleitung für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder	September 2003
35	Leitlinien zur Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	August 2008
36	Handlungsanleitung für die Ausführung der Marktüberwachung in Deutschland <i>(3. überarbeitete Auflage)</i>	November 2008
37	Handlungsanleitung für den Umgang mit Arbeits- und Schutzgerüsten	März 2005
38	Handlungsanleitung für die Beurteilung von Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre für die Arbeitsschutzverwaltungen der Länder	April 2005
39	Reinigung und Innenprüfung von Heizölverbrauchertanks	Mai 2005
40	Leitlinien zur Arbeitsstättenverordnung	2009
41	Handlungsanleitung zur Beleuchtung von Arbeitsstätten Gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für Tageslicht in Gebäuden, künstliches Licht in Gebäuden und im Freien, Sicherheitsbeleuchtung <i>(wurde bisher nicht gedruckt)</i>	Februar 2005
42	Handlungsanleitung „Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefahrstoffexposition beim Schutzgasschweißen“	September 2005
43	Handlungsanleitung „Spritzlackieren von Hand bei der Holzbe- und -verarbeitung“	September 2005
44	Handlungsanleitung zur Beurteilung von überwachungsbedürftigen Anlagen nach § 1 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 Betriebssicherheitsverordnung für entzündliche wasserlösliche Flüssigkeiten	März 2006
45	Leitlinien zur Gefahrstoffverordnung <i>(2. überarbeitete Auflage)</i>	September 2008
46	Leitlinien zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz <i>(2. überarbeitete Auflage)</i>	September 2007
47	Anforderungen an Anlagen für bioethanolhaltige Kraftstoffe	März 2007
48	Buß- und Verwarnungsgeldkataloge zum Fahrpersonalrecht	August 2008
49	Qualität der gutachterlichen Äußerung im Rahmen des Erlaubnisverfahrens nach § 13 Betriebssicherheitsverordnung	August 2008
50	Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit: Handlungsanleitung zur Beurteilung von Arbeitsbedingungen	2008
51	Handlungsanleitung für die Umsetzung der REACH-Verordnung im Arbeitsschutz	März 2009

Auskünfte zu Fragen des Arbeitsschutzes erteilen die zuständigen obersten Landesbehörden bzw. deren nachgeordneten Behörden

Umweltministerium
Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz
Amt für Arbeitsschutz
Billstraße 80
20539 Hamburg

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz
des Landes Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz

Ministerium Arbeit und Soziales
Baden-Württemberg
Schellingstraße 15
70174 Stuttgart

Hessisches Ministerium für Arbeit, Familie und Gesundheit
Dostojewskistraße 4
65187 Wiesbaden

Ministerium für Umwelt
Abteilung E
Keplerstraße 18
66117 Saarbrücken

Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen
Winzererstraße 9
80797 München

Ministerium für Soziales und Gesundheit
des Landes
Mecklenburg-Vorpommern
Werderstraße 124
19055 Schwerin

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft und Arbeit
Wilhelm-Buck-Straße 2
01097 Dresden

Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
Oranienstraße 106
10969 Berlin

Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit
Gustav-Bratke-Allee 2
30169 Hannover

Ministerium für Gesundheit und Soziales
des Landes Sachsen-Anhalt
Turmschanzenstraße 25
39114 Magdeburg

Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Familie
des Landes Brandenburg
Referat Arbeitsschutz
Heinrich-Mann-Allee 103
14473 Potsdam

Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales
des Landes Nordrhein-Westfalen
Fürstenwall 25
40219 Düsseldorf

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren
des Landes Schleswig-Holstein
Adolf-Westphal-Straße 4
24143 Kiel

Die Senatorin für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales
Doventorscontrescarpe 172
28195 Bremen

Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Familie und Frauen
Bauhofstraße 9
55116 Mainz

Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit
Werner-Seelenbinder-Straße 6
99096 Erfurt