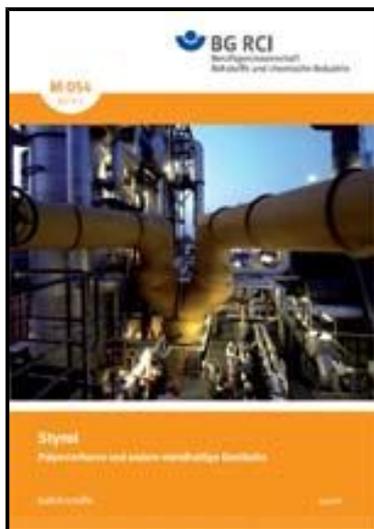


## Gefahrstoffe

# Styrol

## Polyesterharze und andere styrolhaltige Gemische



**M 054**  
DGUV Information 213-081 (bisher BGI 613)  
Stand: August 2011

## Inhaltsverzeichnis dieses Ausdrucks

Titel .....	4
1 Anwendungsbereich .....	4
2 Eigenschaften und Nachweis .....	5
2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften .....	5
2.2 Nachweis .....	5
3 Kenndaten .....	5
3.1 Physikalische und chemische Kenndaten .....	5
3.2 Kenndaten aus Regelwerken .....	7
4 Verwendung .....	9
5 Gesundheitsgefahren .....	9
5.1 Aufnahme und Wirkungsweise .....	9
5.2 Akute Gesundheitsgefahren .....	9
5.3 Chronische Gesundheitsgefahren .....	9
6 Gefährdungsbeurteilung .....	10
6.1 Allgemeine Anforderungen .....	10
6.2 Informationsermittlung .....	12
6.2.1 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis .....	12
6.2.2 Substitutionsprüfung .....	13
6.2.3 Gefährdung durch toxische Eigenschaften .....	13
6.2.4 Inhalative und dermale Gefährdung , , .....	14
6.2.5 Physikalisch-chemische Wirkungen , .....	14
6.3 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung .....	15
6.4 Wirksamkeitskontrolle und Dokumentation .....	15
7 Arbeitsbereichsüberwachung, Messtechnik .....	16
7.1 Konzentrationsmessungen in der Luft am Arbeitsplatz .....	16
7.2 Sonstige Ermittlungen .....	17
8 Schutzmaßnahmen .....	17
8.1 Grundlagen .....	17
8.2 Allgemeine technische Schutzmaßnahmen .....	19
8.2.1 Betriebliche Organisation und Vermeidung von Emissionen .....	19
8.2.2 Laboratorien .....	19
8.2.3 Anlagen, Verfahren .....	20
8.2.4 Arbeits- und Lagerräume .....	20
8.2.5 Aufbewahren, Lagern, Transport .....	20
8.2.6 Umfüllen .....	21
8.2.7 Werkstoffe .....	21
8.2.8 Reinigung .....	21
8.2.9 Verwertung/Entsorgung von Reststoffen und Abfällen .....	22
8.2.10 Abwasser , .....	22
8.2.11 Abluft .....	23
8.3 Spezifische technische Schutzmaßnahmen für die Verarbeitung von styrolhaltigen Reaktionsharzen .....	23
8.3.1 Ausgangsstoffe und Verfahren .....	23
8.3.2 Styrolemission .....	24
8.3.3 Schutzmaßnahmen in der UP-/VE-Harz verarbeitenden Industrie .....	25
8.4 Lufttechnische Maßnahmen .....	26
8.4.1 Erfassung .....	27
8.4.1.1 Allgemeines .....	27
8.4.1.2 Direkterfassung .....	27
8.4.1.3 Ausbreitungsmechanismen der Emissionen .....	28
8.4.1.4 Bauformen von Erfassungseinrichtungen .....	29
8.4.1.5 Erfassungselemente .....	30
8.4.1.6 Zuluftunterstützte Systeme .....	31
8.4.2 Raumlüftung .....	33
8.4.2.1 Allgemeines .....	33

---

8.4.2.2 Luftführung	33
8.4.3 Abluftreinigung/Abscheidung	35
8.5 Arbeitsgewohnheiten	36
8.6 Sonstige Schutzmaßnahmen	36
8.7 Brand- und Explosionsschutz	37
8.8 Schutzmaßnahmen gegen Brandgefahren	39
8.9 Schutzmaßnahmen gegen Explosionsgefahren	39
8.10 Baustellenbetrieb	40
9 Organisatorische Schutzmaßnahmen	41
9.1 Informationspflichten	41
9.2 Instandhaltung	42
9.3 Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen	43
9.4 Kennzeichnung	43
9.5 Hygiene	45
9.6 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	46
10 Persönliche Schutzmaßnahmen	46
10.1 Atemschutz	46
10.2 Augen- und Gesichtsschutz	47
10.3 Körperschutz	47
11 Erste Hilfe	47
11.1 Allgemeines	47
11.2 Augen	48
11.3 Atmungsorgane	48
11.4 Haut	49
11.5 Verschlucken	49
Anhang 1: Beispielsammlung	49
Beispiel 1: Verbesserung der lufttechnischen Maßnahmen in einer Produktionshalle für die Herstellung von GFK-Bauteilen	50
Beispiel 2: Aceton-Reinigungsanlage	51
Beispiel 3: Verfahrensänderung	52
Beispiel 4: Arbeitsbereich Laminieren	53
Beispiel 5: Arbeitsbereich: Wickeln von großen Rohren und Behältern	54
Beispiel 6: Optimierung der Lüftungsanlage in bestehender Produktionshalle	55
Beispiel 7: Installation einer abgesaugten Kabine, Herstellen von Formteilen	56
Beispiel 8: Installation einer abgesaugten Kabine, Wickeln von dünnen Rohren	57
Anhang 2: Gefahrstoffverzeichnis (Muster)	58
Anhang 3: Betriebsanweisung (Muster)	59
Anhang 4: Explosionsschutz-Dokument (Muster)	61
Anhang 5: Literaturverzeichnis	64
Bildnachweis	73
Sonstiges	74

Das vorliegende Merkblatt konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Es nennt deswegen nicht alle im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen des Merkblatts können sich darüber hinaus der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben.

Das Merkblatt wurde sorgfältig erstellt. Trotzdem wird der Unternehmer nicht von der Pflicht und Verantwortung befreit, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

In den Betrieben nehmen Frauen und Männer gleichermaßen verantwortungsvolle Aufgaben wahr. Um das Lesen zu erleichtern, wird in diesem Merkblatt – wie auch in den Vorschriften – unabhängig davon nur von „dem Vorgesetzten“ gesprochen.

Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmer nicht notwendigerweise Arbeitnehmer beschäftigen. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, so dass der Begriff „Unternehmer“ verwendet wird.



## 1 Anwendungsbereich

Das Merkblatt behandelt Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen\* wie styrolhaltigen Reaktionsharzen (ungesättigte Polyesterharzen = UP-Harze, Vinylesterharze = VE-Harze).

Als Ergänzung der Betriebsanweisung kann es den Beschäftigten zur Information über Gefährdungsmöglichkeiten und Schutzmaßnahmen dienen.

In erster Linie soll es jedoch den Vorgesetzten unterstützen bei der

- Ermittlung und Beurteilung der Gefahren, einschließlich der Prüfung, ob Ersatzstoffe oder -verfahren vorhanden sind und angewendet werden können
- Festlegung der zum Schutz des Menschen und der Umwelt erforderlichen Maßnahmen und Verhaltensregeln
- Festlegung des Verhaltens im Gefahrenfall
- Festlegung der Erste-Hilfe-Maßnahmen
- Festlegung der sachgerechten Entsorgung

\* Aus zwei oder mehreren Stoffen bestehende Gemenge, Gemische oder Lösungen werden nach Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG als Zubereitung und nach EU-Verordnungen 1907/2006 (REACH-Verordnung) und 1272/2008 (CLP-Verordnung) als Gemisch bezeichnet. In diesem Merkblatt wird die Bezeichnung Gemisch verwendet.

- Ausarbeitung der Betriebsanweisung und
- Durchführung der mündlichen Unterweisungen

## 2 Eigenschaften und Nachweis

### 2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften (102)

- Styrol ist eine farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit mit einem charakteristischen, in niedrigen Konzentrationen süßlichen Geruch.
- Styrol ist mit den meisten organischen Lösemitteln in jedem Verhältnis mischbar. Es ist ein gutes Lösemittel für nichtvernetzte Hochpolymere, z. B. für Polystyrol, ungesättigte Polyester und synthetischen Kautschuk. Die Mischbarkeit mit Wasser ist sehr gering (siehe Abschnitt 3.1).
- Styrol kann mit Luft explosionsfähige Atmosphäre bilden (vgl. Abschnitt 3.1).
- Unstabilisiertes Styrol polymerisiert bereits bei Zimmertemperatur merklich.
- Styrol lässt sich zu Homopolymeren und, z. B. mit Acrylnitril und Butadien, zu Copolymeren umsetzen.
- Mit starken Oxidationsmitteln erhält man z. B. Benzoesäure, Benzaldehyd und Phenylglykol.
- Viele Stoffe, z. B. Halogene, Amine, Mercaptane, werden leicht an die Doppelbindung angelagert.
- Polymerisations- und Oxidationsreaktionen können durch den Zusatz von Stabilisatoren unterdrückt werden. Geeignet sind z. B. 10–20 mg/kg 4-t-Butylbrenzcatechin.

### 2.2 Nachweis

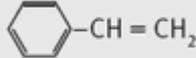
Zum Nachweis von Styrolämpfen in der Luft sind folgende Verfahren anwendbar:

- Adsorption styrolbelasteter Luft auf Silicagel-, Tenax- oder Aktivkohleträger (103) (Probeträger) mit anschließender gaschromatographischer Auswertung im Labor
- Einsatz von direktanzeigenden Messgeräten, z. B. mobile IR-Spektralphotometer, Gaschromatographen oder Photoionisationsdetektoren
- Verwendung direktanzeigender Prüfröhrchen

Hinweise über die Eignung der verschiedenen Verfahren (115) sind im Abschnitt 7.1 beschrieben und werden in der Dokumentation „Empfohlene Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen“ genannt.

## 3 Kenndaten

### 3.1 Physikalische und chemische Kenndaten

	Summenformel		C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>
	Strukturformel		
(102)	Molare Masse (Molekulargewicht)		104,153 g/mol
(102), (121)	Schmelzpunkt		242,55 K (-30,6 °C)
(102)	Siedepunkt		418,3 K (145,15 °C)
(102)	Dichte bei 25 °C		900,7 g/l
(107), (121)	Relative Dampfdichte (Luft = 1)		3,59
(102)	Dampfdruck bei	20 °C	0,006 bar
		50 °C	0,032 bar
		100 °C	0,257 bar
(111)	Sättigungskonzentration bei	20 °C	31 g/m <sup>3</sup>
		50 °C	136 g/m <sup>3</sup>
(117)	Relative Verdunstungszahl (Ether = 1)		16
(102)	Löslichkeit von Styrol in Wasser bei	25 °C	0,032 Gew.-%
		50 °C	0,045 Gew.-%
(102)	Löslichkeit von Wasser in Styrol bei	25 °C	0,07 Gew.-%
		50 °C	0,12 Gew.-%
(102)	Polymerisationswärme bei	25 °C	-69,8 kJ/Mol
(102)	Kritischer Druck		38,3 bar
(102)	Kritische Temperatur		635,25 K (362,1 °C)
(102)	Flammpunkt		304,25 K (31,1 °C)
(102), (121)	Zündtemperatur in Luft		763,15 K (490 °C)
	Explosionsgrenzen in Luft bei 1,013 bar		

(107)	untere Explosionsgrenze bei	20 °C	1,0 Vol.-% = 42 g/m <sup>3</sup>
(124)		50 °C	0,93 Vol.-% = 40 g/m <sup>3</sup>
(124)		100 °C	0,85 Vol.-% = 37 g/m <sup>3</sup>
(124)		150 °C	0,80 Vol.-% = 34 g/m <sup>3</sup>
(107)	obere Explosionsgrenze bei	20 °C	8 Vol.-% = 350 g/m <sup>3</sup>
(124)		100 °C	7,7 Vol.-% = 334 g/m <sup>3</sup>
(124)		150 °C	8,15 Vol.-% = 355 g/m <sup>3</sup>
(13), (121)	Temperaturklasse		T 1
(13), (121)	Explosionsgruppe		II A
(121)	Geruchsschwellenwert		0,05–0,08 ml/m <sup>3</sup> (Gewöhnungseffekt!)

### 3.2 Kenndaten aus Regelwerken

Index-Nr.	601-026-00-0	(1)
EG-Nr.	202-851-5	(1)
CAS-Nr.	100-42-5	(121)
UN-Nr.	2055 (stabilisiert)	(112)
Gefahrzettel	3	
Einordnung nach GGVSEB/ADR/RID		
Klasse	3	
Klassifiz. Code	F1	
Verpackungsgruppe	III	
Einordnung nach ICAO/IATA DGR		
Klasse	3	
Verpackungsgruppe	III	

Einordnung nach GGVSee/IMDG		
Klasse	3	
Verpackungsgruppe	III	
EMS-Code	F-E, S-D	
HAZCHEM-Code	3Y	
Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)	20 ml/m <sup>3</sup> = 86 mg/m <sup>3</sup>	(26)
Spitzenbegrenzung	2 (II)	
Biologischer Grenzwert (BGW)*		(27)
Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	600 mg/g Kreatinin	
Hautresorption	nein	(26)
Fruchtschädigung	Y**	(26)
Wassergefährdungsklasse – Reinstoff	2	(40)
bzw. in Gemischen < 10 % Styrol	1	
TA Luft – im Massenstrom	≤ 0,50 kg/h	(32)
bzw. Massenkonzentration	≤ 50 mg/m <sup>3</sup>	
Kennzeichnung nach RL 67/548/EWG	Reinstoff	Gemisch ≥ 12,5 %
Gefahrensymbol:	X <sub>n</sub>	X <sub>n</sub>
R-Sätze	10-20-36/38	20-36/38
S-Sätze	(2)-23	23
Kennzeichnung nach VO (EG) 1278/2008		
Gefahrenpiktogramm:		
Signalwort:	Gefahr	
		(1), (15)
		(1), (118)

\* Untersuchungsmaterial: Urin; Probenahmezeitpunkt: bei Langzeitexposition: Nach mehreren vorangegangenen Schichten; sonst nach Expositionsende bzw. Schichtende.

\*\* Bei Einhaltung des AGW- und des BGW-Wertes braucht ein Risiko nicht befürchtet zu werden.

H-Sätze	H226, H304, H315, H319, H332, H335, H372	
---------	--	--

## 4 Verwendung

Styrol wird hauptsächlich zur Herstellung polymerer Produkte verwendet. Beispiele für die große Zahl von auf Styrol basierenden Thermoplasten, Duroplasten, Elastomeren und Dispersionen sind Polystyrol, Copolymere mit Acrylnitril, mit Butadien und Acrylnitril sowie Polyesterharze.

Die Gefahr der Grenzwertüberschreitung ist insbesondere bei Tätigkeiten mit styrolhaltigen Reaktionsharzen (ungesättigte Polyesterharze = UP-Harze, Vinylester-Harze = VE-Harze; vgl. Abschnitt 8.3) gegeben. Eine Übersicht über den Einsatz von styrolhaltigen Gemischen und die dabei festgestellten Expositionsdaten können z. B. dem IFA-Handbuch (114) entnommen werden. Die Schutzmaßnahmen, die hierbei angewandt werden können, sind auch bei anderen Verfahren mit Styrol einsetzbar.

## 5 Gesundheitsgefahren

Die hier beschriebenen Gesundheitsgefahren beziehen sich auf Styrol als Reinstoff oder in Gemischen. Styrol ist als gesundheitsschädlich und reizend eingestuft (15). Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (TRGS 900, Bemerkungen Y) und des Biologischen Grenzwertes (TRGS 903) nicht befürchtet zu werden.

### 5.1 Aufnahme und Wirkungsweise (109)

Styrol-Dämpfe werden vorwiegend über die Atemwege aufgenommen, ihre Aufnahme über die Haut ist von untergeordneter Bedeutung. Auch flüssiges Styrol wird nur gering über die Haut resorbiert. Unter Arbeitsplatzbedingungen ist dieser Aufnahmeweg unbedeutend. Die Geruchsschwelle wird mit Werten unter  $0,1 \text{ ml/m}^3$  (ppm) angegeben. Bei Inhalation wird Styrol größtenteils (60–90 %) resorbiert. Die Verteilung im Organismus tritt sehr rasch ein (maximale Blutkonzentration ist nach etwa einer Stunde erreicht). Styrol wird zum überwiegenden Teil zu Mandelsäure und Phenylglyoxylsäure verstoffwechselt und über den Urin ausgeschieden. Styrol wirkt auf Haut, Schleimhäute und Nervensystem.

### 5.2 Akute Gesundheitsgefahren

Im Vordergrund der akuten Styrolvergiftung stehen Schädigungen des Zentralnervensystems. Gleichzeitig können Schleimhautreizungen auftreten. Bei der Festlegung des Arbeitsplatzgrenzwertes von  $20 \text{ ml/m}^3$  (ppm) wurde berücksichtigt, dass es bei einer Exposition gegen Styrolämpfe etwa ab Konzentrationen von 50 ppm zu Schleimhautreizungen und Reizerscheinungen an den Augen und den oberen Atemwegen kommt. Oberhalb 200 ppm werden Müdigkeit, Brechreiz, Gleichgewichtsstörungen und verlängerte Reaktionszeiten beobachtet.

## 5.3 Chronische Gesundheitsgefahren

Es werden Schäden sowohl am zentralen als auch am peripheren Nervensystem beschrieben. Im Vordergrund stehen:

Psychomotorische und kognitive Funktionsstörungen (verlangsamte Reaktionszeiten, reduzierte Gedächtnisleistungen). Es wird auch eine Verlangsamung der Nervenleitgeschwindigkeit beobachtet.

Flüssiges Styrol und hohe Luft-Konzentrationen können an Haut und Schleimhäuten starke Irritationen und bei wiederholtem Kontakt Entzündungen und toxisch-degenerative Veränderungen verursachen.

Eine mögliche Schädigung des Gehörs durch Lärm und gleichzeitige Exposition gegenüber Styrol (v. a. bei Überschreiten des Grenzwertes) wird derzeit diskutiert.

Die Abklärung der Frage einer krebserzeugenden Wirkung von Styrol ist Gegenstand laufender wissenschaftlicher Untersuchungen.

Erkrankungen durch Styrol sind meldepflichtige Berufskrankheiten nach

- Nr. 1303 „Erkrankungen durch Benzol, seine Homologe oder durch Styrol“
- Nr. 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“ der Anlage 1 zur Berufskrankheitenverordnung (BKV) .

## 6 Gefährdungsbeurteilung

### 6.1 Allgemeine Anforderungen

Arbeitsschutzgesetz, Verordnungen zum Arbeitsschutz (z. B. Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung, Arbeitsstättenverordnung) und die Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1) verpflichten den Unternehmer, Gefährdungen und Belastungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu ermitteln und zu beurteilen (18). Gefährdungen können beispielsweise auftreten durch

- Gefahrstoffe (Toxizität, physikalisch-chemische Wirkung, insbesondere Brand- und Explosionsgefahren), (19), (29)
- technische Mängel (z. B. undichte Anlagenteile),
- organisatorische Mängel (z. B. fehlende Unterweisungen) oder
- mangelhafte Arbeitsplatzgestaltung (z. B. Stolperstellen).

Die BG RCI und andere Unfallversicherungsträger bieten ihren Mitgliedsbetrieben für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach Arbeitsschutzgesetz vielfältige Hilfsmittel an:

- Die Merkblätter A 016 „Gefährdungsbeurteilung – Durchführung – Wie? Warum? Wer?“ und A 017 „Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog“ der BG RCI sowie die Mappe „Gefährdungsbeurteilung – Arbeitshilfen“ (95).

- Die dort enthaltenen Arbeitsblätter sind Teil des Programms GefDok light im „Kompendium Arbeitsschutz“ (94) und stehen unter <http://bgc-formulare.jedermann.de> zur Verfügung. Die Excel-Vorlagen können ohne spezielle Excel-Kenntnisse direkt am PC ausgefüllt werden.
- Im „Wegweiser Sicherheit und Gesundheitsschutz“ enthaltene Hilfsmittel (Formblätter als Word- und Excel-Dateien). (96)

In der Gefahrstoffverordnung kommt der Gefährdungsbeurteilung eine zentrale Rolle zu. Die Gefährdungsbeurteilung

- ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durchzuführen,
- darf nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Gegebenenfalls hat sich der Unternehmer fachkundig beraten zu lassen, z. B. vom Betriebsarzt oder der Fachkraft für Arbeitssicherheit,
- ist zu dokumentieren und auf aktuellem Stand zu halten.

Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen dürfen erst aufgenommen werden, nachdem die entsprechenden Schutzmaßnahmen festgelegt wurden. (15)

Die Gefahrstoffverordnung fordert die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach folgenden Kriterien:

- Gefährdung durch **toxische Eigenschaften** (siehe Abschnitt 6.2.3)
- Gefährdung durch **inhalative und dermale Belastungen** (siehe Abschnitt 6.2.4)
- Gefährdung durch **physikalisch-chemische Eigenschaften** (siehe Abschnitt 6.2.5).

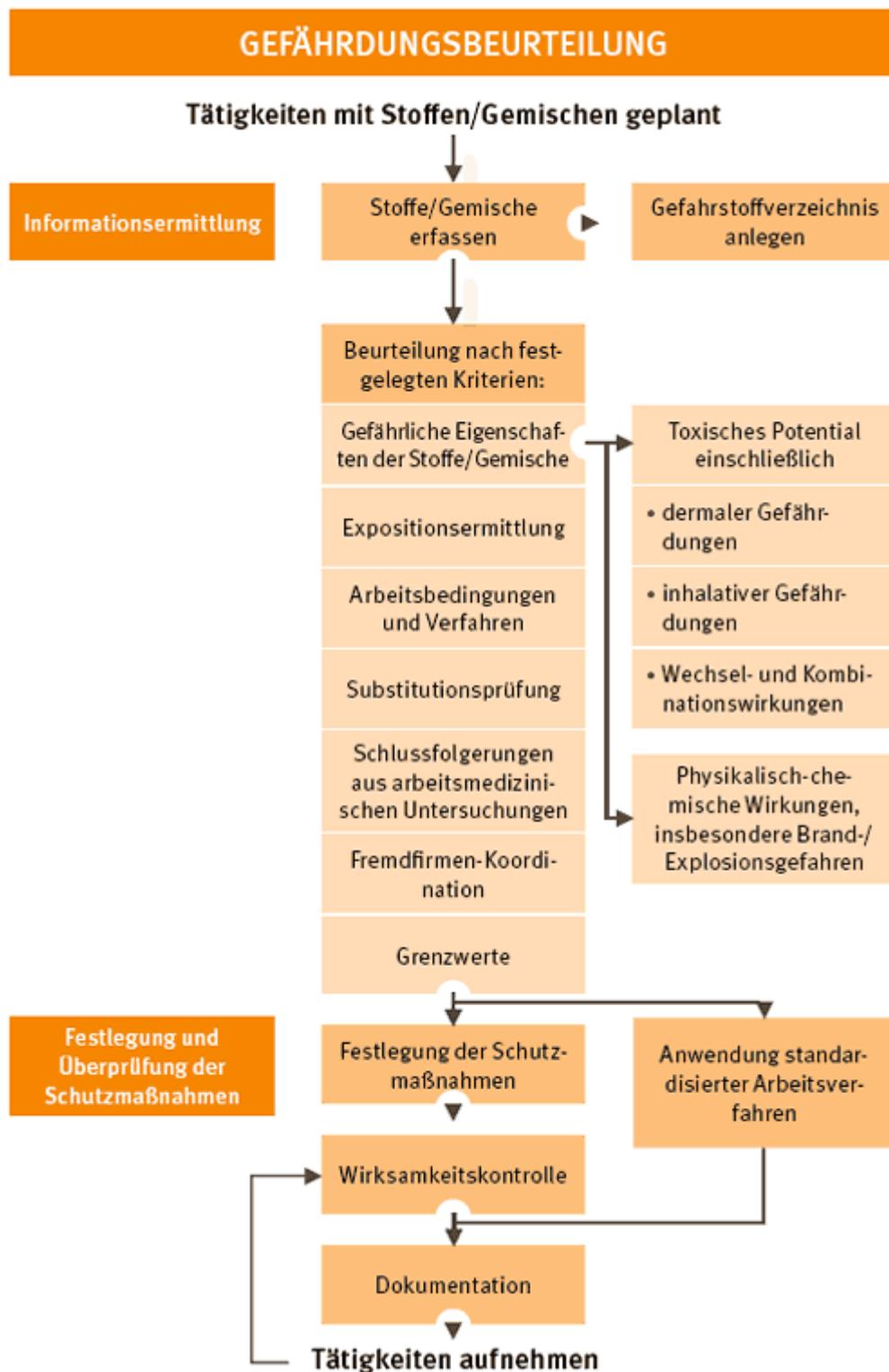
Dabei müssen über den normalen Betrieb hinaus auch Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten sowie die Störungsbeseitigung im Normalbetrieb betrachtet werden. Bei der Zusammenarbeit verschiedener Firmen kann die Möglichkeit einer gegenseitigen Gefährdung bestehen (z. B. beim Einsatz von Fremdfirmen in feuergefährdeten Bereichen) (GefStoffV, § 15). Deshalb muss die **Fremdfirmenkoordination** ebenfalls Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung (52) sein.

Liegt vom Hersteller oder Inverkehrbringer des Styrols oder des styrolhaltigen Gemisches bereits eine Gefährdungsbeurteilung, ein Expositionsszenario nach REACH oder Verfahrens- und Stoffspezifische Kriterien (VSK) (21) vor, darf der Unternehmer diese bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen übernehmen, wenn das Produkt in der vom Hersteller beschriebenen Weise eingesetzt wird. In der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ sind die Rahmenbedingungen beschrieben, die für eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung gelten.

Die Gefährdungsbeurteilung (15) gliedert sich in folgende Schritte:

- Stoffe, Gemische und sonstige Gefährdungsfaktoren am Arbeitsplatz erfassen
- Informationsermittlung nach festgelegten Kriterien
- Bewertung der Gefährdung (inhalativ, dermal, physikalisch-chemisch; jeweils unabhängig von einander)
- Prüfung auf Substitutionsmöglichkeiten
- Festlegung und Durchführung notwendiger Schutzmaßnahmen
- Wirksamkeitskontrolle
- Dokumentation

Abbildung 1: Ablauf einer Gefährdungsbeurteilung



## 6.2 Informationsermittlung

## 6.2.1 Erfassung der verwendeten Stoffe und Gemische – Gefahrstoffverzeichnis

Es muss ermittelt werden, ob die eingesetzten Stoffe und Gemische Gefahrstoffe sind oder ob bei Tätigkeiten mit diesen Gefahrstoffe freigesetzt werden (GefStoffV, § 6). Entsprechende Angaben enthalten die aktuellen Sicherheitsdatenblätter, die spätestens bei der ersten Lieferung vom Hersteller/Lieferanten kostenlos zu übermitteln sind. Manche Stoffe sind nicht als Gefahrstoff eingestuft, haben aber trotzdem gefährliche Eigenschaften im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Erläuterungen hierzu siehe Abschnitt 4.2 „Gefahrstoffe“ der TRGS 400.

Auch wenn kein Sicherheitsdatenblatt vorliegt, muss der Hersteller die notwendigen Informationen zur Gefährdungsbeurteilung zur Verfügung stellen. Eigene Erfahrungen des Unternehmens bei Tätigkeiten mit den eingesetzten Stoffen sind bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Die Unfallversicherungsträger und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) unterstützen ihre Mitgliedsbetriebe durch Beratungen und durch Veröffentlichungen, z. B. von Merkblättern, toxikologischen Bewertungen und den Internet-Datenbanken GisChem der BG RCI, GISBAU der BG Bau und GESTIS der DGUV (50)–(70), (93), (118), (122), (121).

Hinweise zum praktischen Umgang mit Sicherheitsdatenblättern stehen auf der Homepage der BAuA unter [www.baua.de](http://www.baua.de) → Themen von A–Z → Gefahrstoffe → Sicherheitsdatenblatt.

Styrol, styrolhaltige Gemische und alle anderen Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften sind in einem Gefahrstoffverzeichnis aufzulisten (GefStoffV, § 16). Das Verzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten und allen betroffenen Beschäftigten zugänglich zu machen.

An Angaben sollten darin mindestens enthalten sein:

- Bezeichnung der Gefahrstoffe
- Einstufung oder Angabe der gefährlichen Eigenschaften
- Angaben zu dem im Betrieb verwendeten Mengenbereichen
- Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sind
- Stand des Sicherheitsdatenblatts/Hersteller

Die Sicherheitsdatenblätter müssen im Arbeitsbereich zur Verfügung stehen. Eine frei editierbare Vorlage für ein Gefahrstoffverzeichnis kann vom Gefahrstoffportal der BG RCI (120) heruntergeladen werden. Ein interaktives Gefahrstoffverzeichnis bietet das Gefahrstoffinformationssystem GisChem (118).

In Anhang 2 ist das Muster eines Gefahrstoffverzeichnisses wiedergegeben.

## 6.2.2 Substitutionsprüfung (15)

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen hat der Unternehmer zu ermitteln, ob Stoffe oder Verfahren mit einer geringeren gesundheitlichen Gefährdung als die von ihm in Aussicht genommenen verfügbar sind (siehe hierzu TRGS 600 „Substitution“). Der Verzicht auf eine mögliche Substitution ist in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

Derzeit ist für die meisten Einsatzgebiete von Styrol kein geeigneter Ersatzstoff vorhanden (114). Bei der Karosserieinstandsetzung kann aber beispielsweise der Einsatz styrolhaltiger Polyester-Spachtelmassen durch Verwendung wirksamer mechanischer Ausbeulverfahren oder das Verzinnen verformter Karosserieteile wesentlich reduziert werden.

### 6.2.3 Gefährdung durch toxische Eigenschaften

Die Gefährdung durch toxische Eigenschaften wird bestimmt durch

- die Einstufung des Stoffes (gesundheitsschädlich, reizend, ...),
- die verwendete Menge und
- durch das Freisetzungsvermögen (Dampfdruck).

Die Gefahrstoffverordnung sieht für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen vor, dass Maßnahmen entsprechend den in der Gefährdungsbeurteilung herauszuarbeitenden Gefährdungen getroffen werden:

- Durch **Grundpflichten** nach § 7 der Gefahrstoffverordnung sollen vorhandene Gefährdungen beseitigt oder in Verbindung mit den Schutzmaßnahmen minimiert werden.
- **Allgemeine Schutzmaßnahmen** nach § 8 der Gefahrstoffverordnung sind vom Unternehmer zu treffen, sobald Gefahrstoffe eingesetzt werden.
- **Zusätzliche Schutzmaßnahmen** nach § 9 der Gefahrstoffverordnung werden notwendig, wenn Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologische Grenzwerte überschritten werden, eine Gefährdung durch möglichen Haut- oder Augenkontakt oder durch Inhalation besteht.
- **Besondere Schutzmaßnahmen** nach § 10 der Gefahrstoffverordnung sind bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsschädigenden Gefahrstoffen der Kategorien 1 und 2 zu treffen.

Bei Tätigkeiten mit Styrol und üblicherweise verwendeten styrolhaltigen Gemischen sind die Allgemeinen Maßnahmen mit den Gefährdungen entsprechenden Zusätzlichen Maßnahmen ausreichend. Bei Verwendung von Gemischen, die mit T oder T+ gekennzeichnet sind, sind entsprechende weitere Allgemeine und Zusätzliche Maßnahmen zu treffen.

### 6.2.4 Inhalative und dermale Gefährdung (20), (19), (121)

Styrolämpfe oder -aerosole können über die Atemwege aufgenommen werden und dort zu Reizungen führen. Im Unterschied zu reinem Styrol können Stabilisatoren, Härter und Beschleuniger sensibilisierend wirken.

Grundsätzlich besitzt Styrol, wie alle organischen Lösemittel, eine entfettende Wirkung auf die Haut und kann Hauterkrankungen hervorrufen und/oder über die Haut aufgenommen werden.

Arbeitsmedizinische Untersuchungen geben im Einzelfall Hinweise auf solche Gefährdungen.

### 6.2.5 Physikalisch-chemische Wirkungen (15), (121)

Die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Styrol und styrolhaltigen Gemischen geben Hinweise auf besondere Gefahren für die Beschäftigten. Für die Gefährdungsbeurteilung ist deshalb die Kenntnis der physikalisch-chemischen Kenngrößen erforderlich. Relevante Kenndaten sind in Abschnitt 3.1 und in den Sicherheitsdatenblättern aufgeführt.

Mit Hilfe der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Styrol und styrolhaltigen Gemischen können Gefährdungen durch

- Brände und
- gefährliche explosionsfähige Atmosphäre

bewertet werden.

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre kann beispielsweise durch mechanisch erzeugte Funken, heiße Oberflächen oder elektrostatische Aufladung (bei geringer elektrischer Leitfähigkeit) entzündet werden. Der Unternehmer hat deshalb zu ermitteln, ob Styrol und styrolhaltige Gemische aufgrund ihrer Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz verwendet werden, zu Brand- und Explosionsgefahren führen können.

Zu Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren siehe Abschnitte 8.8 und 8.9.

## 6.3 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen nach Gefahrstoffverordnung

Für die Festlegung der Schutzmaßnahmen sind die Ergebnisse der in 6.2.3 bis 6.2.5 beschriebenen Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen.

Die Maßnahmenkonzepte (technische, organisatorische und personenbezogene Schutzmaßnahmen) bauen aufeinander auf.

### **Grundpflichten:**

Die Grundpflichten beschreiben die stets anzuwendenden Mindeststandards des Arbeitsschutzes (22), wie z. B. Gestaltung des Arbeitsplatzes- und verfahrens, Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte, kein dauerhafter Einsatz belastender persönlicher Schutzausrüstung, Minimierungsgebot, Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen an der Gefahrenquelle und Funktionsüberprüfung und Wartung der Schutzmaßnahmen.

### **Allgemeine Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen:**

Allgemeine, hauptsächlich organisatorische Maßnahmen, wie z. B. das Bereitstellen geeigneter Arbeitsmittel, Hygiene und Arbeitsplatzreinigung, richtige Kennzeichnung, Lagerung und Entsorgung von Gefahrstoffen, Begrenzung der Zahl der Exponierten und der Gefahrstoffmenge.

### **Zusätzliche Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit erhöhter Gefährdung:**

Diese Maßnahmen beinhalten z. B. Verwendung von geschlossenen Systemen, Zugangsbeschränkungen, erneute Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) (26), unverzügliche Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen, sowie Aufbewahrung und Reinigung von Arbeitskleidung.

### **Besondere Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit CMR-Stoffen:**

Expositionsmessung und -überwachung, Abgrenzung von Gefahrenbereichen, Ausschöpfung aller technischer Schutzmaßnahmen, Minimierung der Expositionszeit, Tragepflicht für persönliche Schutzausrüstungen und keine Rückführung abgesaugter Luft.

Ausführlich sind die Schutzmaßnahmen in Kapitel 8 dargestellt.

## 6.4 Wirksamkeitskontrolle und Dokumentation

Die Wirksamkeit der zu treffenden oder bereits getroffenen Schutzmaßnahmen muss überprüft werden. Dazu gehört z. B.

- Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte (Arbeitsplatzgrenzwert AGW (26) und biologischer Grenzwert BGW (27)), z. B. durch Messungen (siehe Abschnitt 7),
- die regelmäßige Überprüfung von Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen,
- Überprüfung der Einhaltung organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen.

Die Ergebnisse von Vorsorgeuntersuchungen sind in die Wirksamkeitskontrollen einzubeziehen (5), (45).

---

Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten zu dokumentieren und bei Veränderungen oder neuen Erkenntnissen zu aktualisieren.

Sie umfasst

- die Art der Gefährdungen,
- die festgelegten Schutzmaßnahmen und
- die Wirksamkeitskontrolle.

Bei Tätigkeiten mit einer geringen Gefährdung nach § 6 Abs. 11 der Gefahrstoffverordnung muss die Dokumentation nicht detailliert erfolgen.

Die Gefährdungsbeurteilung ist der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzuweisen (15).

Hinweise zu Arbeitshilfen für die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung siehe Abschnitt 6.1.

## 7 Arbeitsbereichsüberwachung, Messtechnik

Ist das Auftreten von Styrol in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so ist zu ermitteln, ob der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) (26) von 20 ml/m<sup>3</sup> bzw. 86 mg/m<sup>3</sup> sowie die zulässige Spitzenkonzentration eingehalten sind. Die Gesamtwirkung verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz ist zu beurteilen (18), (20).

Grundsätzlich sind bei der Verarbeitung von styrolhaltigen Reaktionsharzen Probleme mit der Einhaltung des Grenzwertes zu erwarten. Mit einem Überschreiten des AGW für Styrol ist nach sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Erfahrungen beim Wickelverfahren, auf Baustellen (Säureschutzbau) und generell beim großflächigen Verarbeiten von styrolhaltigen Reaktionsharzen zu rechnen.

Die Praxis zeigt, dass es auch in anderen Bereichen, z. B. Formteilpressen, Faserspritzen, Handlaminieren in Innenbereichen, bei der GFK-Großteilefertigung und beim großflächigen Auftrag von Polyester-Spachtelmassen bei nicht optimal gestalteten technischen Maßnahmen zu Grenzwertüberschreitungen kommen kann.

Soweit Betriebsarten, Arbeitsplätze oder Tätigkeiten nicht eindeutig zu beurteilen sind, ist im Einzelfall zu ermitteln, wie hoch die Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz ist.

Eine Überschreitung von Grenzwerten am Arbeitsplatz ist den betroffenen Beschäftigten und dem Betriebsrat unverzüglich mitzuteilen.

In Arbeitsbereichen mit Grenzwertüberschreitungen für Styrol müssen die Beschäftigten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen (5) unterzogen werden (siehe Abschnitt 9.6).

Das Ausmaß der Exposition am Arbeitsplatz kann z. B. festgestellt werden anhand von

- Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten
- zuverlässigen Berechnungen von hinreichender Plausibilität
- Konzentrationsmessungen gemäß TRGS 402

Die Ergebnisse der Arbeitsbereichsüberwachung sind zu dokumentieren.

## 7.1 Konzentrationsmessungen in der Luft am Arbeitsplatz

### **Personenbezogene Probenahmegeräte:**

Zur Ermittlung der Schichtmittelwerte eignen sich besonders an der Person getragene Pumpen, die die Luft im Atembereich der Beschäftigten ansaugen und über einen Probenträger führen. Die Anwendung von Passivsammlern ist ebenfalls möglich. Die Auswertung erfolgt anschließend im Labor. (113)

### **Direktanzeigende Messgeräte:**

Durch den Einsatz mobiler IR-Analysatoren oder Gaschromatographen kann die Höhe und der zeitliche Verlauf der Styrolkonzentration direkt vor Ort angezeigt werden. Eine Beurteilung verschiedener Lüftungsverhältnisse und Optimierung der technischen Schutzmaßnahmen ist möglich. Bei Einsatz eines Photoionisationsdetektors (PID) ist auf Querempfindlichkeiten zu achten. (113)

### **Direktanzeigende Prüfröhrchen:**

Diese Prüfröhrchen zeigen die Styrolkonzentration mittels eines Farbumschlages direkt nach einer kurzen Probenahmedauer an. Zur Klärung von Querempfindlichkeiten empfiehlt sich Kontaktaufnahme zum Hersteller des Prüfröhrchens. (114)

Wegen der relativ kurzen Probenahmedauer sollte dieses Verfahren nur für orientierende Messungen verwendet werden.

Zur Beurteilung des Schichtmittelwertes ist eine ausreichende Probenzahl notwendig (z. B. sind bei einer Probenahmedauer von 5 Minuten mindestens 12 Einzelmessungen erforderlich). (20)

Die Entscheidung über die Eignung des Prüfröhrchen-Messverfahrens liegt beim Anwender. Wer Messungen durchführt, muss über die notwendige Sachkunde und über die notwendigen Einrichtungen verfügen.

Messungen zur Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes nach TRGS 402 dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über die notwendige Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen verfügen (127). Dies können z. B. akkreditierte Messstellen sein. Ein Verzeichnis solcher Messstellen wird vom Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V. im Internet veröffentlicht (128) unter: [www.bua-verband.de/ gefahrstoffmessstellen.html](http://www.bua-verband.de/ gefahrstoffmessstellen.html)

## 7.2 Sonstige Ermittlungen

Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten können zur Abschätzung der Konzentration von styrolhaltigen Dämpfen am Arbeitsplatz herangezogen werden, z. B. wenn Messungen für gleichartige Anlagen vorliegen. (20)

Bei Berechnungen sind die im Arbeitsbereich bestehenden baulichen Gegebenheiten, die Belüftung des Arbeitsbereiches sowie die Art und Weise der Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen zu berücksichtigen. In der Regel lässt sich die Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz nur abschätzen, da für die Beurteilung der Exposition der Mitarbeiter die Gefahrstoffmenge direkt im Atembereich ausschlaggebend ist. Über die Durchführung von Berechnungen zur Feststellung des Ausmaßes der Exposition am Arbeitsplatz informiert der BGIA-Report 3/2001. (130)

## 8 Schutzmaßnahmen

## 8.1 Grundlagen

Sind die Gefährdungsbeurteilungen nach Arbeitsschutzgesetz, Betriebssicherheitsverordnung und Gefahrstoffverordnung durchgeführt und die Gefährdungen ermittelt, erfolgt die Festlegung der Schutzmaßnahmen. Dazu gehören insbesondere die gefährdungsabhängigen Maßnahmen der §§ 7–10 der Gefahrstoffverordnung, die in Abschnitt 6.3 angesprochen werden.

Diese umfassen Ersatzmaßnahmen, technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen sowie Vorgaben und Kriterien zur Überprüfung der Wirksamkeit getroffener Schutzmaßnahmen (z. B. Messverpflichtung, Prüfintervalle). Sie beschreiben dabei nur das mindestens notwendige Maßnahmenpaket. **Die konkrete Auswahl, Festlegung und Umsetzung der Maßnahmen ist immer das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung.** (18), (56), (57)

Die Gefahrstoffverordnung berücksichtigt das Gefährdungspotenzial und die Einsatzbedingungen und bezieht sich im Wesentlichen auf die inhalativen Gefahren. Die Maßnahmen müssen deshalb gegebenenfalls um zusätzliche Maßnahmen, die auf andere Gefährdungen abzielen, ergänzt werden. Dies können z. B. Maßnahmen zum Schutz vor Stäuben (Maßnahmenpaket siehe Anhang I Nr. 2 Gefahrstoffverordnung), dermalen oder physikalisch-chemischen Gefährdungen sein.

Bei Tätigkeiten mit jeglichen chemischen Arbeitsstoffen, ob gefährlich oder nicht gefährlich, sind immer mindestens Maßnahmen nach §§ 7 und 8 Gefahrstoffverordnung und Abschnitt 4 der TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ zu treffen. Dazu gehören:

- Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsorganisation
- Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel und Festlegung entsprechender Wartungsverfahren zur Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit
- Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten, die Styrol ausgesetzt sind
- Begrenzung der Dauer und des Ausmaßes der Exposition
- Angemessene Hygienemaßnahmen, insbesondere die regelmäßige Reinigung des Arbeitsplatzes
- Begrenzung der am Arbeitsplatz vorhandenen Gefahrstoffe auf die für die betreffende Tätigkeit erforderliche Menge (19), (20)
- Geeignete Arbeitsmethoden und Verfahren einschließlich Vorkehrungen für die sichere Handhabung, Lagerung und Beförderung von Styrol und styrolhaltigen Gemischen sowie von Abfällen, die diese Stoffe enthalten.

Sind diese Maßnahmen bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen nicht ausreichend, müssen Zusätzliche Schutzmaßnahmen und Vorkehrungen nach dem Stand der Technik getroffen werden. Bereits bestehende Anlagen und Arbeitsverfahren sind innerhalb einer angemessenen Frist dem Stand der Technik anzupassen.

Da Styrol durch Einatmen der Dämpfe und durch Hautkontakt aufgenommen wird, muss zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten und der Hautkontakt vermieden werden.

Lassen sich durch technische und organisatorische Maßnahmen nicht alle Gefährdungen vermeiden, sind wirksame persönliche Schutzausrüstungen (PSA) bereitzustellen und zu benutzen. Die PSA sind in ordnungsgemäßem Zustand zu halten (siehe Abschnitt 10). (10), (15), (35), (51)

Allgemeine rechtliche Grundlagen für die bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen zu treffenden Schutzmaßnahmen sind insbesondere:

- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Gefahrstoffverordnung, mit den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Arbeitsstättenverordnung

- Mutterschutzgesetz (MuSchG) und Verordnung zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV)
- Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (JArbSchG)
- Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1)

## 8.2 Allgemeine technische Schutzmaßnahmen

### 8.2.1 Betriebliche Organisation und Vermeidung von Emissionen

Technische Schutzmaßnahmen können nur dann wirksam sein, wenn bestimmte organisatorische, räumliche und technische Voraussetzungen getroffen werden (15). Diese Voraussetzungen sollen in erster Linie das Ziel haben,

- Emissionsquellen zu vermeiden,
- Sauberkeit und Ordnung aufrecht zu erhalten,
- Verfahren unterschiedlicher Emissionsquellstärken räumlich zu trennen,
- die Wirkung technischer Schutzmaßnahmen zu unterstützen und
- Voraussetzungen für die Errichtung technischer Schutzmaßnahmen zu schaffen.

Emissionen, die sich bereits in der Raumluft ausgebreitet haben, lassen sich nur schwer und mit hohem lufttechnischen Aufwand aus der Atemluft entfernen. Durch die Verhinderung der Ausbreitung von Emissionen in die Raumluft lassen sich sowohl Investitionskosten als auch erhebliche Betriebskosten einsparen.

Aus offenen styrolhaltigen Behältnissen, von der Oberfläche verspritzter oder verschütteter Materialien usw. treten zum Teil erhebliche Mengen Styrol in den Raum aus. Ferner belasten Styroldämpfe aus aushärtenden Produkten die Raumluft. Die Summe dieser Belastungen kann ohne weiteres dazu führen, dass in der gesamten Raumluft Konzentrationen vorliegen, die den Arbeitsplatzgrenzwert von  $86 \text{ mg/m}^3$  übersteigen. Hinzu kommen noch die Anteile aus den Fertigungsprozessen.

*Beispiel:* Verdampfen in einem Raum von  $1\,000 \text{ m}^3$  86 g Styrol (entspricht einem Volumen von ca. 0,09 Litern flüssigem Styrol), so hat die Raumkonzentration den Grenzwert erreicht.

Weitere Beispiele zur Vermeidung von Emissionen sind:

- Keine mit Styrol benetzten Teile oder Werkstücke offen ablegen
- Misch- und Umfüllvorgänge räumlich trennen oder nur in mit Absaugungen versehenen Einrichtungen (Absaugtische, -kabinen usw.) durchführen
- keine Behältnisse (gefüllt oder leer) offen im Arbeitsbereich belassen
- Fertigteile zum Aushärten in speziell hergerichteten, vom Fertigungsprozess getrennten Räumen lagern

### 8.2.2 Laboratorien

Arbeiten, bei denen Dämpfe von Styrol in gefährlicher Konzentration oder Menge (siehe Abschnitte 3 und 7) auftreten können, dürfen grundsätzlich nur in Abzügen durchgeführt werden. Die Frontschieber sind bei solchen Arbeiten geschlossen zu halten.

Außerhalb der Abzüge dürfen solche Arbeiten nur durchgeführt werden, wenn durch geeignete Maßnahmen oder die Art der Arbeit sichergestellt ist, dass Beschäftigte nicht gefährdet werden. Das ist z. B. möglich durch Verwenden von

- geschlossenen Apparaturen und
- wirksamen Objektabsaugungen.

Hinweise für spezielle Schutzmaßnahmen in Laboratorien enthalten die Laborrichtlinien „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“ (BGI/GUV-I 850-0).

### 8.2.3 Anlagen, Verfahren

Anlagen und Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, dass styrolhaltige Dämpfe oder Schwebstoffe nicht frei werden (15). Ist das technisch nicht möglich, so sind die Dämpfe oder Schwebstoffe an der Austritts- oder Entstehungsstelle vollständig zu erfassen („abzusaugen“) und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt zu entsorgen. Ist eine vollständige Erfassung („Absaugung“) nicht möglich, sind geeignete Lüftungsmaßnahmen (Be- und Entlüftung) zu treffen. (71), (85)

Arbeitsverfahren sollten so gestaltet sein, dass Beschäftigte nicht mit Styrol in Hautkontakt kommen. (19)

Kann Styrol so eingeschlossen werden, dass durch Wärmeeinwirkung der zulässige Betriebsüberdruck eines Anlagenteils überschritten werden kann, sind geeignete Sicherheitseinrichtungen vorzusehen, z. B. Sicherheitsventile, Berstscheiben, Ausdehnungsbehälter. Abluft aus Sicherheitseinrichtungen ist gefahrlos für Mensch und Umwelt abzuleiten, sie darf nicht in Arbeitsbereiche geführt werden. Die Sicherheitseinrichtungen bedürfen einer den betrieblichen Verhältnissen angepassten regelmäßigen Überprüfung.

Soweit erforderlich sind ausreichende Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen zu treffen. (69)

Es sind Augenduschen in ausreichender Zahl und auffallend gekennzeichnet zu installieren. Augenspülflaschen sind als Notbehelf anzusehen und daher nur in Ausnahmefällen zu verwenden. (46)

### 8.2.4 Arbeits- und Lagerräume

Räume, in denen mit Styrol umgegangen wird, müssen gut durchlüftet sein. Reicht natürliche Lüftung nicht aus, so ist eine technische Lüftung erforderlich (angemessene Be- und Entlüftung). Ablufführungen sind so zu gestalten, dass schadstoffhaltige Luft nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt wird. (7), (8)

Das schnelle und sichere Verlassen der Räume muss durch Anzahl, Lage, Bauart und Zustand von Rettungswegen und Ausgängen gewährleistet sein. Fußböden sollen gegen Styrol beständig und, zur besseren Reinigung, dicht, fugenlos und nicht saugfähig sein. Der Ableitwiderstand von Fußböden in explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 0 und 1 darf den Wert von  $10^8$  Ohm nicht überschreiten. (69)

Unbefugte dürfen die Räume nicht betreten, wenn dadurch eine Gefahr für Sicherheit und Gesundheit entsteht. Entsprechende Hinweisschilder sind anzubringen. (44), (46)

### 8.2.5 Aufbewahren, Lagern, Transport

Styrol und styrolhaltige Gemische sind unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und Technischen Regeln so aufzubewahren und zu lagern, dass Mensch und Umwelt nicht gefährdet werden. (23)

Behälter, durch deren Form oder Kennzeichnung der Inhalt mit Lebensmitteln verwechselt werden kann, dürfen nicht zur Aufbewahrung und Lagerung verwendet werden. (15)

An Arbeitsplätzen darf Styrol nur in Mengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeit erforderlich sind.

Beispiele für weitere Regelungen

- Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- BG-Regel „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104), Abschnitt 2.7 der Beispielsammlung

Da Styrol bereits bei Zimmertemperatur merklich polymerisiert, wird es in stabilisiertem Zustand gelagert und transportiert.

Rost, Säuren und Laugen dürfen nicht in das Styrol gelangen, da sie die Polymerisation katalysieren bzw. den Stabilisator inaktivieren (Laugen).

Den Transport von Styrol und styrolhaltigen Gemischen auf öffentlichen Verkehrswegen (41), (112) regeln eine Reihe nationaler und internationaler verkehrsrechtlicher Vorschriften. Einzelheiten enthalten die Merkblätter A 002 „Der Gefahrgutbeauftragte“ (BGI 824), A 013 „Beförderung gefährlicher Güter“ (BGI 671) und A 014 „Gefahrgutbeförderung im PKW“ (BGI 744).

## 8.2.6 Umfüllen

Beispiele für sicheres Umfüllen von Flüssigkeiten sind im Merkblatt T 025 „Umfüllen von Flüssigkeiten“ (BGI 623) zusammengestellt.

Eine Gefährdung der Beschäftigten wird z. B. durch Umpumpen im geschlossenen System unter Anwendung des Gaspindelverfahrens vermieden.

## 8.2.7 Werkstoffe

Als Werkstoff für Lager-, Transport- und Reaktionsbehälter für Styrol sind im Allgemeinen Stahl und Aluminium geeignet.

Zur Lagerung und zum Transport von UP-/VE-Harzen werden Edelstahl (Werkstoff Nr. 1.4541), Aluminium, Aluminium-Magnesium-Legierungen, Weißblech oder styrolbeständig lackiertes Blech eingesetzt. Nicht alle genannten Werkstoffe sind für alle Harztypen verwendbar. Insbesondere bei Spezialharzen können Sonderanforderungen an die eingesetzten Werkstoffe gestellt werden (Hinweise des Harzherstellers beachten).

Zur Lagerung von UP-/VE-Harzen werden mit langjährigen guten Erfahrungen auch GFK-Behälter auf Basis von Spezialharzen (Hinweise des Harzherstellers beachten) eingesetzt. Bei GFK-Lagerbehältern ist darauf zu achten, dass kein freier Lichtzutritt zum Harz stattfindet (pigmentierter Außenanstrich).

## 8.2.8 Reinigung

Anlageteile, Apparaturen und Einrichtungen, in denen mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen umgegangen wird, sind so zu gestalten, dass sie leicht zu reinigen sind und möglichst selten von Hand gereinigt werden müssen.

Die Umgebung der Anlageteile und Apparaturen muss ebenfalls leicht und gefahrlos zu reinigen sein.

---

Reinigungsarbeiten dürfen wegen der hohen Belastung der Raumluft nur in speziellen Einrichtungen (Kabinen, Absaugtische, getrennte Räume usw.) durchgeführt werden.

Sollte der Einsatz von Lösemitteln, wie z. B. Aceton, zur Reinigung von Geräten oder Anlageteilen unumgänglich sein, sind die BG-Regel „Einrichtungen zum Reinigen von Werkstücken mit Lösemitteln“ (BGR 180) sowie die Merkblätter M 017 „Lösemittel“ (BGI 621) und M 043 „Kaltreiniger“ (BGI 880) zu beachten.

*Ein Beispiel für eine Reinigungsanlage unter Verwendung von Aceton zeigt Anhang 1, Beispiel 4.*

Anstelle des als leichtentzündlich, gesundheitsschädlich und reizend eingestuft Acetons haben sich z. B. Dibasische Ester (DBE)\* bewährt. (138)

Verschüttetes und ausgelaufenes Styrol ist unverzüglich mit nicht brennbaren aufsaugenden Mitteln (z. B. Perlite, Zement) gefahrlos zu beseitigen. Auch die Verwendung von Quarzsand hat sich in der Praxis bewährt. Die Ausbreitung von flüssigem Styrol ist zu verhindern.

Zur komplikationslosen Entsorgung empfiehlt es sich, ausgelaufenes Styrol durch Zugabe von Härtern und Beschleunigern ausreagieren zu lassen (siehe dazu Abschnitt 8.2.9).

## 8.2.9 Verwertung/Entsorgung von Reststoffen und Abfällen

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz legt die Prioritätenfolge „Vermeiden vor Verwerten vor Beseitigen“ verbindlich fest. Die anlageninterne Kreislaufführung wird als Abfallvermeidung anerkannt.

Ausgehärtete Kunststoffabfälle, die nicht betriebsintern wieder eingesetzt werden können (also im Sinne des Gesetzes vermieden werden), sind einer geeigneten, schadlosen Verwertung zuzuführen. Informationen zu Verwerterfirmen und Verwertungsverfahren können bei den Industrie- und Handelskammern oder der kommunalen Abfallberatung nachgefragt werden. (125), (126)

Metallgebilde sind nach Möglichkeit an den Lieferanten zurückzugeben (Mehrwegsystem). Ansonsten kann nach vollständiger Restentleerung die Abgabe zur Schrottverwertung erfolgen. Ist im speziellen Einzelfall eine Verwertung nicht möglich, sind die Abfälle ordnungsgemäß zu beseitigen.

Kleinmengen von nicht verwertbaren ausgehärteten Kunststoffabfällen können gemeinsam mit dem Hausmüll beseitigt werden.

Es wird empfohlen, großvolumige Abfälle vor der Entsorgung zu zerkleinern. Für die Zerkleinerung sind Verfahren zu wählen, die möglichst wenig Stäube freisetzen oder entstehende Stäube sind wirksam abzusaugen. Einzelheiten sind zweckmäßigerweise mit dem jeweiligen Entsorger abzusprechen.

Abfälle sind nach dem System des Europäischen Abfallkataloges zu bezeichnen. Die Einstufung, ob es sich um einen besonders überwachungsbedürftigen, überwachungsbedürftigen oder nicht überwachungsbedürftigen Abfall handelt, erfolgt in den jeweiligen Bestimmungsverordnungen. Abhängig von dieser Einstufung sind unterschiedliche Nachweisverfahren erforderlich.

Für besonders überwachungsbedürftige Abfälle ist beim Entsorger (Verwerter oder Beseitiger) ein Entsorgungsnachweis einzureichen. Dieser Nachweis muss von der Aufsichtsbehörde des Entsorgers bestätigt werden. Vor der tatsächlichen Entsorgung muss der Abfallerzeuger den bestätigten Nachweis der zuständigen Behörde (Stadtverwaltung oder Landratsamt) vorlegen. (125), (126)

In einigen Bundesländern besteht die Pflicht, im Betrieb angefallene, besonders überwachungsbedürftige Abfälle einer zentralen Landesentsorgungsgesellschaft anzudienen. Informationen erteilt die kommunale Abfallberatung.

---

\* Ausgezeichnet mit dem Sonderpreis „Gesundheitsschutz – Technik“ des Förderpreis „Arbeit – Sicherheit – Gesundheit“ 2011 der BG RCI

## 8.2.10 Abwasser (39), (40)

Der Abgabe von Styrol in Oberflächengewässer sind gesetzlich enge Grenzen gesetzt. Zu beachten sind z. B. das Wasserhaushaltsgesetz und die Verordnung über wassergefährdende Stoffe.

Reines Styrol ist in die Wassergefährdungsklasse (WGK) 2 eingestuft, für Gemische kann die WGK nach der Mischungsregel des Anhang 4 der VwVwS ermittelt werden.

Weitere Hinweise enthält das Sicherheitsdatenblatt.

## 8.2.11 Abluft

Bei der Freisetzung von Styrol aus Anlagen bestehen Anforderungen zur Luftreinhaltung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz und seinen Verordnungen. Zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft dient außerdem die TA Luft (32), die insbesondere in Genehmigungsverfahren herangezogen wird und als Maßstab der behördlichen Überwachung gilt.

In zahlreichen Anwendungen ist Styrol reaktives Lösemittel oder kommt als reaktiver Verdünner zum Einsatz. Durch Verdunsten in die Umwelt kann der Stoff zur Belastung der Luft mit flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) beitragen. Bei verschiedenen Anlagenarten und Tätigkeiten sind deshalb ab einem bestimmten jährlichen Lösemittelverbrauch Anforderungen nach der 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (31. BImSchV) einzuhalten. Anlagen, in denen ungesättigte Polyesterharze verarbeitet werden und die als genehmigungsbedürftige oder nicht genehmigungsbedürftige Anlagen in den Anwendungsbereich der „Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen“ (31. BImSchV) fallen können, sind beispielsweise solche zur Klebebeschichtung, zum Beschichten von Geweben oder zum Beschichten sonstiger Kunststoffoberflächen.

Bei der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs gilt bei styrolhaltigen Reaktionsharzen der Anteil als emissionsrelevant, der im Verarbeitungsprozess nicht abreagiert. Alternativ zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten der 31. BImSchV kann vom Betreiber ein Reduzierungsplan eingesetzt werden.

Die TA Luft (32) stellt bezüglich der Emission organischer Verbindungen in gefassten Abgasen an die Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zum Teil strengere Anforderungen, die auf der Grundlage einer erteilten Anlagengenehmigung weiter gelten. Anforderungen nach dem Stand der Technik können im Einzelfall auch im Rahmen der behördlichen Überwachung verlangt werden.

## 8.3 Spezifische technische Schutzmaßnahmen für die Verarbeitung von styrolhaltigen Reaktionsharzen

### 8.3.1 Ausgangsstoffe und Verfahren

Reaktionsharze sind flüssige Präpolymere, die durch Polymerisation oder Polyaddition zu Duromeren aushärten. Hierzu gehören neben den hier behandelten Ungesättigten Polyesterharzen (UP-Harze) und Vinylesterharzen (VE-Harze) die Diallylphthalatharze (DAP-Harze), Methylmethacrylatharze (MMA-Harze), Epoxidharze (EP-Harze), Isocyanatharze (Polyurethane, PUR), Phenol-Formaldehydharze (PF) und Aminoharze (UF/MF/MP). UP- bzw. VE-Harze sind in Styrol als reaktivem Lösemittel (Monomer) gelöst.

Der Styrolanteil liegt üblicherweise zwischen 25 und 45 %. Die Harze sind Vorprodukte, die bei Zugabe von Härtern und gegebenenfalls Beschleunigern durch Copolymerisation in dreidimensional vernetzte, feste und unlösliche Produkte übergehen. Die üblichen Verarbeitungsverfahren zeigt Tabelle 1.

Eine ausführliche Beschreibung dieser Verfahren ist im Handbuch „Faserverstärkte Kunststoffe und duroplastische Formmassen“ zu finden. (108)

**Tabelle 1: UP-Harze, Verarbeitungsverfahren**

Reaktionsharzverarbeitung				
Faserverstärkt			Nicht faserverstärkt	
1. Handwerkliche Verfahren z. T. großflächiger Umgang mit offenen Laminaten	2. Teilmechanisierte Verfahren • diskontinuierlich	3. Maschinelle, vorwiegend automatisierte, kontinuierliche Verfahren	4. Gießverfahren	5. Lackieren / Oberflächenbehandlung
1.1 Handlaminieren	2.1 Herstellung BMC • kleine und mittlere Chargen	3.1 Herstellung von • Platten • Bahnen	4.1 Herstellung Knöpfe	5.1 Auftragen von Polyesterlacken • Beschichtungen
1.2 Faserspritzen	2.2 Spritzpressen BMC	3.2 Herstellung SMC	4.2 Herstellung UP-Harzbeton • Agglomarmor • Steinimitation	5.2 Auftragen von styrolhaltigen Spachtelmassen
1.3 Wickeln unter Verwendung von Rovings, Matten, Geweben, Gelegen	2.3 Pressen SMC, BMC	3.3 Herstellung BMC • große Chargen	4.3 Möbelapplikationen • Einbettungen	
1.4 Injektionsverfahren	2.4 Nasspressen	3.4 Profilziehen	4.4 Herstellung Spachtelmasse	
1.5 Aufbringen von Beschichtungen	2.5 Wickelverfahren unter vorwiegender Verwendung von Rovings • Parallelwickeln • Kreuzwickeln	3.5 Wickelverfahren • kontinuierlich		
	2.6 Schleuderverfahren			
	2.7 Herstellung von Vorformlingen			

Abkürzungen: BMC, SMC sind in Heißpressverfahren verarbeitete Massen (Halbzeuge)

### 8.3.2 Styrolemission

Aufgrund des Dampfdruckes von Styrol, verstärkt durch die Reaktionswärme, führt der offene und großflächige Umgang mit styrolhaltigen Reaktionsharzen zu Emissionen, deren Folge eine erhebliche Belastung am Arbeitsplatz sein kann. Erhöhte Styrolkonzentrationen können auch durch Tröpfchenbildung (z. B. beim Faserspritzen und ähnlichen Verfahren) sowie bei erhöhten Verarbeitungstemperaturen auftreten. Deshalb sind Schutzmaßnahmen erforderlich.

Tabelle 2 gibt einen qualitativen Vergleich der verfahrensbedingten Styrolemission.

Tabelle 2: Qualitativer Vergleich verfahrensbedingter Styrolemission

Qualitativer Vergleich der verfahrensbedingten Styrolemission			
	Emission	Abhängig im Wesentlichen von:	Technische Möglichkeiten zur Reduzierung der Styrol-Emission
1.1 Handlaminieren	** bis ****	Geometrie	x bis ****
1.2 Faserspritzen	** bis ****		x
1.3 Wickeln unter Verwendung von Rovings, Matten, Geweben, Gelegen	*** bis ****	Geometrie, Temperatur, Dynamik	****
1.4 Injektionsverfahren	* bis **		x
1.5 Aufbringen von Beschichtungen	*** bis ****	Geometrie, Temperatur	*** bis ****
2.1 Herstellung BMC • kleine und mittlere Chargen	*		x
2.2 Spritzpressen BMC	*		x bis **
2.3 Pressen SMC, BMC	** bis ***	Geometrie, Temperatur, Einlege- technik	x bis **
2.4 Nasspressen	** bis ****	Geometrie, Temperatur, Einlege- technik	** bis ***
2.5 Wickelverfahren unter vorwiegender Verwendung von Rovings • Parallelwickeln • Kreuzwickeln • Polwickeln	** bis ****	Geometrie, Temperatur, Dynamik	** bis ****
2.6 Schleuderverfahren	* bis ***	Geometrie, Temperatur	**
2.7 Herstellung von Vorformlingen	**	Geometrie, Temperatur, Dynamik	****
3.1 Herstellung von • Platten • Bahnen	**		x
3.2 Herstellung SMC	**		x
3.3 Herstellung BMC • große Chargen	**		x
3.4 Profiliziehen	* bis **		x
3.5 Wickelverfahren • kontinuierlich	* bis ****	Geometrie, Temperatur, Dynamik	**
4.1 Herstellung Knöpfe	** bis ***		**
4.2 Herstellung UP-Harzbeton • Agglomarmor • Steinimitation	* bis ***	Geometrie, Temperatur	x bis ***
4.3 Möbelapplikationen • Einbettungen	** bis ***	Geometrie, Temperatur	**
4.4 Herstellung Spachtelmasse	* bis **	Chargengröße	**
5.1 Auftragen von Polyesterlacken • Beschichtungen	*** bis ****	Geometrie	x bis ****
5.2 Auftragen von styrolhaltigen Spachtelmassen	* bis ***	Verarbeitungsmenge	x bis ***
Abkürzungen: BMC, SMC sind in Heißpressverfahren verarbeitete Massen (Halbzeuge) Zeichenerklärung: * geringe Emission **** hohe Emission x geringer Aufwand **** hoher Aufwand			

### 8.3.3 Schutzmaßnahmen in der UP-/VE-Harz verarbeitenden Industrie

In der UP-/VE-Harz verarbeitenden Industrie wurden im Wesentlichen folgende Maßnahmen zur Absenkung der Styrolkonzentration am Arbeitsplatz getroffen:

- Einsatz von UP-/VE-Harzen mit verminderter Styrolverdunstung

- Einsatz lichthärtender UP-/VE-Harze
- Überwickeln mit Folie (bei Wickelverfahren)
- Verarbeiten von Halbzeugen, Zwischenstufen
- Injektionsverfahren
- Einrichtung von Spritzstellen, Spritzkabinen (Faserspritzen, Feinschichtspritzen)
- Örtliche Absaugung am Arbeitsplatz
- Lüftung der Verarbeitungsräume

Trotz dieser technischen Einrichtungen und Vorkehrungen ist es in einer Reihe von Fällen noch nicht möglich, den Arbeitsplatzgrenzwert von  $20 \text{ ml/m}^3$  (ppm) einzuhalten. Um auch in solchen Fällen die Einhaltung des Grenzwertes zu gewährleisten, wird daher nach weiteren Maßnahmen gesucht. (26)

Möglichkeiten zur **produktionsbezogenen Minderung** der Styrolverdunstung sind:

- **Einsatz von UP-/VE-Harzen mit verminderter Styrolverdunstung**  
Neben den schon lange bekannten thixotropen Laminierharzen mit verminderter Styrolemission sind heute auch nicht thixotrope UP- und VE-Harze mit verminderter Styrolemission Stand der Technik. In beiden Fällen wird die Styrolverdunstung durch Zusatz spezieller Hautbildner reduziert. Da der Einsatz von Hautbildnern prinzipiell die Verarbeitungseigenschaften der UP-/VE-Harze beeinflussen kann (z. B. die Haftung von Überlaminaten), muss die Möglichkeit der Verwendung entsprechender Harze für die spezielle Anwendung geprüft werden.
- **Einsatz von lichthärtenden UP-/VE-Harzen**  
Lichthärtende UP-/VE-Harze enthalten einen Lichtinitiator, der die Härtung durch langwelliges UV-Licht ermöglicht. Direkt nach Einschalten der UV-Lichtquelle härten entsprechende Harze von außen nach innen, so dass sich sofort eine Haut über dem härtenden Laminat bildet, die die weitere Styrolverdunstung deutlich vermindert. Abtropfendes Harz, das sich außerhalb des Wirkungsbereichs der UV-Lichtquelle befindet, kann ohne Qualitätseinbuße wiederverwendet werden, so dass der Harzabfall gering gehalten werden kann.

Diese Möglichkeiten sind jedoch nicht für alle Verfahren anwendbar. Zudem wirken sie erst nach Beendigung des Laminiervorganges. Von größerer Bedeutung sind daher die verfahrens- und betriebstechnischen Maßnahmen zur Minderung der Styrolverdunstung:

- **Automatisierung/Produktion im geschlossenen System** Bei automatisierten Produktionen, z. B. bei kontinuierlichen Imprägnierverfahren, ist eine Kapselung, d. h. eine vollständige Einhausung einer Produktionseinrichtung, möglich. Dabei kann jedoch die untere Explosionsgrenze überschritten werden (vgl. Abschnitte 3.1 und 9.2). Bei der Einzelteilfertigung (kompliziert geformte und großvolumige Teile, z. B. Bootsrümpfe und großflächige Fassaden von Schaustellerbetrieben) und bei der Produktion von Kleinserien ist eine Automation ausgeschlossen. Eine Kapselung ist in vielen Fällen möglich durch Anwendung von Vakuuminjektions- oder RTM (Resin Transfer Moulding)-Verfahren.
- **Raumlüftung**  
Durch die Raumlüftung können die nicht vermeidbaren Emissionen aus der Raumluft abgeführt werden. Im Gegensatz zur Abluft aus Erfassungseinrichtungen ist die Styrolkonzentration in der Raumluft so gering, dass eine Abluftreinigung mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist. Das bedeutet, dass bei zu hohen Restkonzentrationen von Styrol in der Raumluft die Emissionsbegrenzung nach der TA Luft nicht eingehalten werden kann. Aus diesem Grund sind Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen und der Zahl der Emissionsquellen bzw. die direkte Erfassung der nicht vermeidbaren Emissionen von großer Bedeutung. Hinweise zu sachgerechten lufttechnischen Maßnahmen siehe Abschnitt 8.4.  
Als Hilfestellung für die Errichtung und Änderung einer lufttechnischen Anlage findet sich z. B. eine Checkliste im Abschnitt 7 der BGI 5121 „Arbeitsplatzlüftung – Entscheidungshilfe für die betriebliche Praxis“.

Zu **persönlichen Schutzausrüstungen** siehe Abschnitt 10.

## 8.4 Lufttechnische Maßnahmen

Zu den lufttechnischen Maßnahmen zählen die

- Erfassung der Emissionen an der Entstehungs- und Austrittsstelle,
- Raumlüftung und
- Abluftreinigung (Abscheidung).

Zur richtigen Auslegung und Installation gut funktionierender lufttechnischer Systeme ist fachspezifische Beratung nötig. Aus diesem Grund sollten sachverständige Fachfirmen zu Rate gezogen werden. Die Eignung des angebotenen Systems sollte z. B. durch bewährte Referenzanlagen bestätigt sein.

Lufttechnische Maßnahmen können nur dann ihre Aufgaben erfüllen, wenn alle drei Maßnahmen aufeinander abgestimmt sind. Diese Tatsache soll durch folgende Erläuterungen verdeutlicht werden:

Bei der Erfassung der Emissionen kommt es darauf an, dass bei möglichst niedrigen Absaugvolumenströmen ein hoher Erfassungsgrad erreicht wird. Durch niedrige Volumenströme wird einerseits die Verdampfungsrate verringert und andererseits die Luftreinigung dadurch erleichtert, dass der Sammel-Abluftstrom insgesamt niedrig ist und gleichzeitig ausreichend hohe Styrolkonzentrationen enthalten sind, wodurch beispielsweise eine thermische Abluftreinigung begünstigt wird.

Eine effiziente Erfassung der Emissionen vereinfacht nicht nur die Raumlüftung, sondern reduziert auch den technischen Aufwand bei der Raumlüftung. Bei sorgfältiger Planung lufttechnischer Anlagen kann nicht nur die Wirksamkeit optimiert, sondern es können auch erhebliche Investitions- und Betriebskosten eingespart werden.

Beispiele bietet die BG-Information „Arbeitsplatzlüftung – Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis“ (BGI 5121).

### 8.4.1 Erfassung

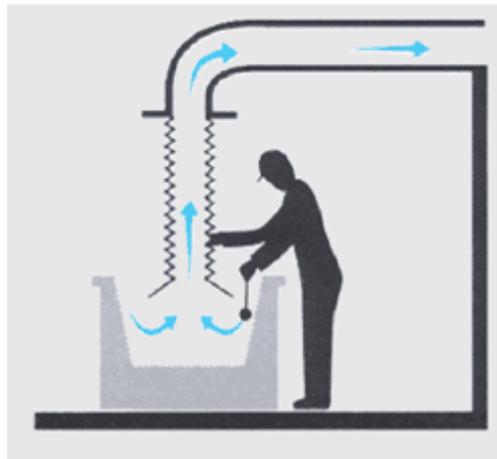
#### 8.4.1.1 Allgemeines

Die Erfassung der Styrolemissionen an der Entstehungsstelle ist die vorrangigste lufttechnische Maßnahme. Wesentlich für die Wirksamkeit der Erfassungseinrichtungen ist, dass sie auf den jeweiligen Produktionsablauf und oft sehr ausgedehnte Emissionsflächen auszurichten sind. Ferner handelt es sich um unterschiedliche Produktionsverfahren (Spritzauftrag, Handauftrag, Gussverfahren usw.) und Produktionsabläufe (Serienfertigung, Einzelteilefertigung, stationär, instationär usw.).

#### 8.4.1.2 Direkterfassung

Die günstigsten Verhältnisse sind dann zu erreichen, wenn die beim Produktionsprozess freigesetzten luftfremden Stoffe unmittelbar erfasst und abgeführt werden können. Hierzu dienen Erfassungseinrichtungen, die strömungstechnisch auch als „Senken“ bezeichnet werden.

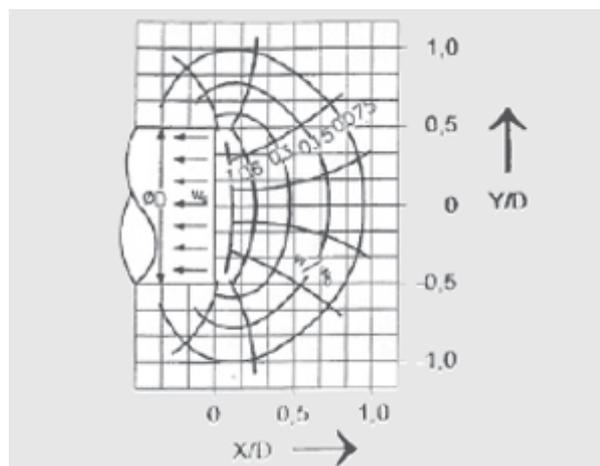
**Abbildung 2: Direkte Absaugung mit flexiblem Schlauch**



Senkenströmungen besitzen nur eine sehr geringe Tiefenwirkung und müssen daher möglichst direkt in den Produktionsprozess eingebunden sein.

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Abnahme der Geschwindigkeit vor einem Saugrohr als Senke in Form von Isotachenlinien (Linien gleicher Geschwindigkeit). Deutlich wird hierbei, dass schon in einer Entfernung, die der Länge eines Saugrohrdurchmessers entspricht, die Geschwindigkeit auf ca. 5 % der Absauggeschwindigkeit im Saugrohr abgefallen ist.

**Abbildung 3: Geschwindigkeitsfeld vor einer Rohröffnung**



### 8.4.1.3 Ausbreitungsmechanismen der Emissionen

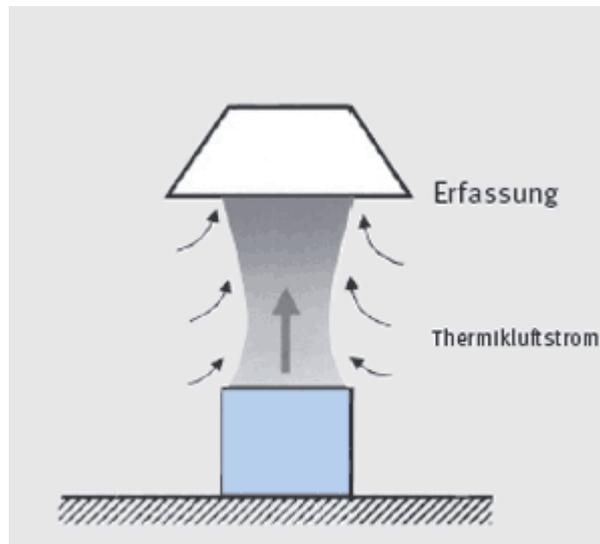
Berücksichtigt werden sollte bei der Auswahl und Anordnung der Erfassungseinrichtungen die Ausbreitungsrichtung der zu erfassenden Emissionsquelle.

Geht man davon aus, dass das Freisetzen von Styrol in der Regel in Abhängigkeit von der Schichtdicke des verarbeiteten Harzes mit Wärmeentwicklung verbunden ist, sind Erfassungseinrichtungen den Auftriebsströmungen gemäß Abbildung 4 anzupassen.

Hinsichtlich der Dimensionierung von Erfassungseinrichtungen siehe VDI 3802 (92) und VDI 2262 (90).

Bei verschiedenen Produktionsverfahren können jedoch auch Stoffausbreitungen durch äußere Kräfte mit gerichteter Eigenbewegung emittierter Teilchen auftreten (z. B. beim Spritzen).

**Abbildung 4: Auftriebsströmung**



#### 8.4.1.4 Bauformen von Erfassungseinrichtungen

Grundsätzlich unterscheidet man folgende Systemvarianten zur Erfassung der freigesetzten Emissionsströme:

- Geschlossene Systeme
- Halboffene Systeme
- Offene Systeme

Am wirkungsvollsten ist eine vollständige Einhausung der Emissionsquelle (geschlossenes System), da bei dieser Bauform die kleinsten Erfassungsluftströme erforderlich werden, die durch Undichtigkeiten des Gehäuses bestimmt sind.

Bei der halboffenen Bauart befindet sich die Quelle luftfremder Stoffe innerhalb der Erfassungseinrichtung. Im Gegensatz zur geschlossenen Bauart ist die halboffene Erfassungseinrichtung an mindestens einer Seite offen. Typische Ausführungsbeispiele sind Arbeitstische, bzw. Arbeitskabinen.

Am schwierigsten zu beherrschen sind offene Erfassungseinrichtungen, da die Tiefenwirkung der Erfassungseinrichtung sehr gering ist und Störungen in Form von Querströmungen in der Halle zu zusätzlichen Ausspüleeffekten führen, die den Erfassungsgrad der Einrichtungen begrenzen und mindern.

Ausgehend von der Emissionsquelle unterscheidet man:

- Punktförmige Emissionen
- Linienförmige Emissionen

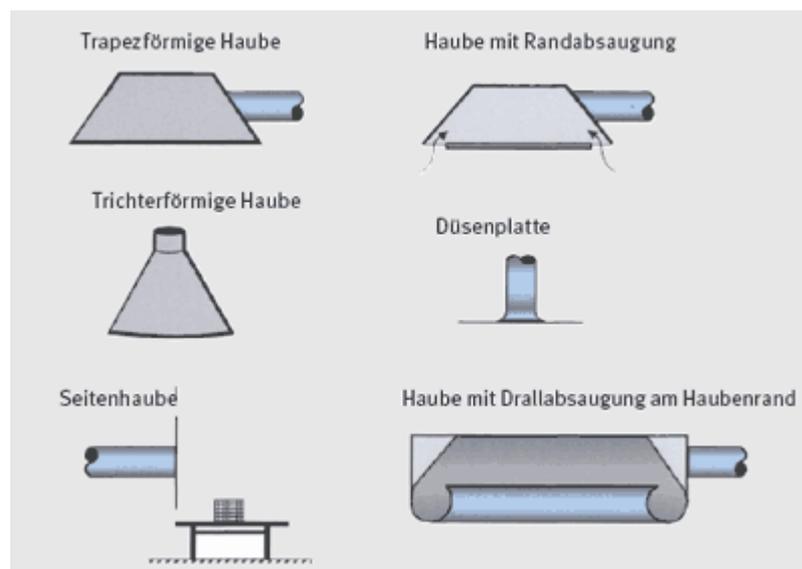
**Abbildung 5: Transportabler Arbeitsplatz**



#### 8.4.1.5 Erfassungselemente

##### Punktförmige Emissionen

**Abbildung 6: Erfassungseinrichtungen für punktförmige Emissionen**



Zur Erfassung punktförmiger Emissionen eignen sich:

- Absaughauben
  - Trapezförmige Hauben
  - Trichterförmige Hauben
  - Seitenhauben
  - Hauben mit Randabsaugung
- Düsenplatten
- Hauben mit Drallabsaugung am Haubenrand

Den verschiedenen Erfassungseinrichtungen liegen nachstehend beschriebene Strömungsprinzipien zugrunde:

Bei Hauben wird der Stauraum als Pufferzone genutzt. In die Haube eintretende Emissionsströme werden aus dem Stauraum abgesaugt. Tiefenwirkungen in der Erfassung sind mit derartigen Elementen nicht zu erreichen.

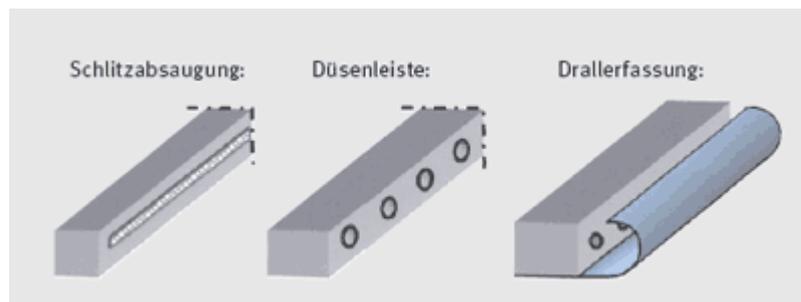
Düsenplatten erreichen eine gegenüber der Haube deutlich verbesserte Erfassungstiefe. Dadurch, dass sich eine entlang der Platte zur Absaugesenke gerichtete Strömung aufbaut, werden die luftfremden Stoffe in diese Strömung aufgenommen und direkt über die Düse mit anschließendem Absaugerohr abgeführt.

Bei Drallströmungen wird eine in der Natur in Form von Wirbelstürmen auftretende Strömungsform nachgebildet. Durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten um das Wirbelzentrum entstehen im Zentrum selbst sehr hohe Unterdrücke, die eine sehr gute Erfassung erreichen lassen. Ein nachträglicher Austrag aus Hauben mit Drallabsaugungen am Haubenrand ist nahezu ausgeschlossen.

Der Erfassungsluftstrom besteht nur zu einem Teil aus kontaminierter Luft. Durch Zuschläge werden Anteile abgesaugter unkontaminierter Umgebungsluft und Querluftbewegungen in der Fertigungshalle berücksichtigt (siehe VDI 2262-4) (90).

### Linienförmige Emissionen

**Abbildung 7: Erfassungseinrichtungen für linienförmige Emissionen**



Bei linienförmigen Emissionen eignen sich:

- Schlitzabsaugung
- Düsenleisten
- Drallerfassung (Wirbelhauben)

Auch bei diesen Erfassungselementen sind Zuschläge zu berücksichtigen.

Schlitzabsaugungen eignen sich nur an den Stellen, die in unmittelbarer Nähe der Emissionsquelle liegen (auf Gleichmäßigkeit der Absaugung über die Länge des Schlitzes ist zu achten).

Eine verbesserte Tiefenwirkung besitzen in Reihe angeordnete Düsen, die als Düsenleisten bezeichnet, aus in regelmäßigen Abständen angeordneten Einlaufdüsen bestehen.

Aufgrund des hohen Unterdrucks im Wirbelzentrum sind Drallerfassungen besonders geeignet, um ein gleichmäßiges Absaugen zu erreichen und bei Vorhandensein von Störströmungen.

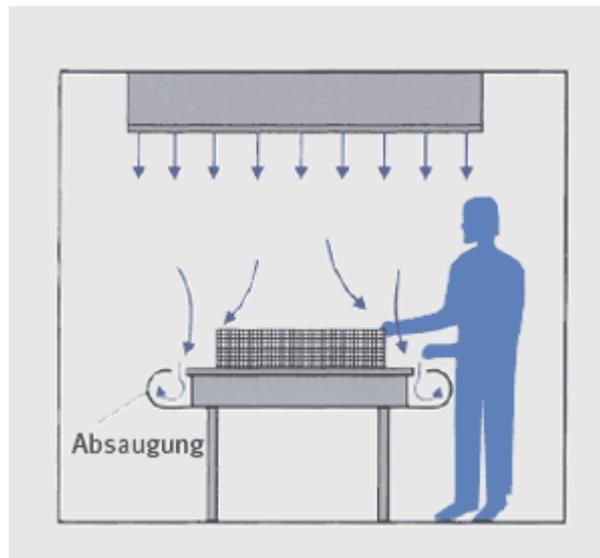
#### 8.4.1.6 Zuluftunterstützte Systeme

Durch gezielte Luftnachführung kann die Effizienz der Absaugeinrichtungen verbessert und dem Werker ein nahezu styrolfreies Umfeld geschaffen werden. Geeignet sind hierzu Strömungsmuster, die in Form von Verdrängungsströmungen am besten oberhalb des Werkstückes und oberhalb des Werkers aufgebaut werden.

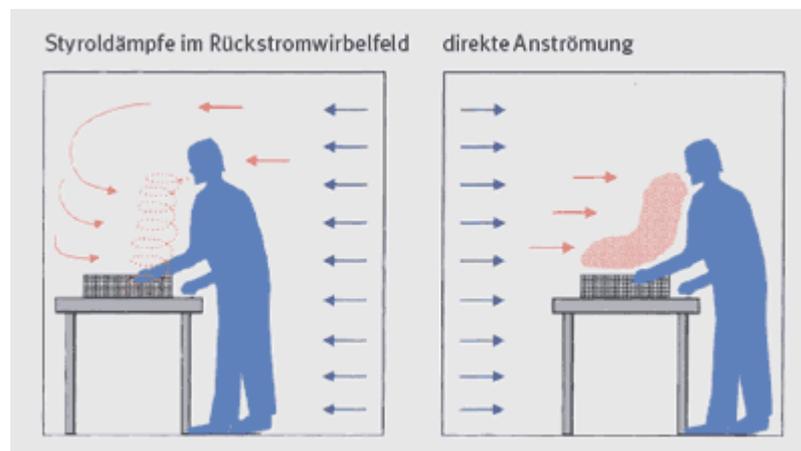
---

Die Luftzuführung erfolgt turbulenzarm durch großflächige Luftdurchlässe (z. B. Laminarauslässe); die Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft soll -1 bis -3 K betragen. Durch die Dimensionierung des Luftstromes ist sicherzustellen, dass der Impuls der vertikal nach unten gerichteten Strömung größer ist als der durch die Thermikströmung am Werker und am Werkstück entstehende Strömungsimpuls. Bei dieser Strömungsform sollte die Absaugung unmittelbar am Werkstück erfolgen (z. B. Abbildung 8).

**Abbildung 8: Zuluftunterstütztes System**



**Abbildung 9: Horizontalströmung – ungeeignete Luftströmung**



Ungeeignet sind turbulente Mischbewegungen durch Einzelluftauslässe und horizontale Verdrängungsströmungen. Liegt das Werkstück in Strömungsrichtung hinter dem Werker, entstehen bedingt durch den menschlichen Körper als luftundurchlässige Störstelle Rückströmwirbelfelder am Mann. In diese Rückströmwirbel werden die Styrolämpfe eingetragen und gelangen dann direkt in den Atembereich (Abbildung 9).

Befindet sich das Werkstück in Strömungsrichtung gesehen vor dem Werker, werden die freigesetzten Styrolämpfe direkt dem Werker zugeführt.

Beispiele ausgeführter Anlagenkonzepte sind in Anhang 1 wiedergegeben.

Eine Laminierkabine mit entsprechend gestalteter Lüftungseinrichtung ist im Schutzleitfaden 223 „Laminieren (Batch) – Emissionsmindernde Maßnahmen“ beschrieben. (137)

## 8.4.2 Raumlüftung

### 8.4.2.1 Allgemeines

Die Belüftung der gesamten Werkhalle sollte im Grunde nicht als Alternative für lokale Absaugung, sondern als Ergänzung gesehen werden. Obwohl die styrolhaltige Luft dabei auf eine akzeptable Konzentration verdünnt werden kann, wird dies nicht ausreichen, wenn ein Laminierer dicht an der Emissionsquelle arbeitet. Deshalb wird die Belüftung der Werkhalle als alleinige Maßnahme nicht empfohlen. Außerdem würde ein solches Vorgehen große Volumina beim Luftaustausch voraussetzen, was auch aus energetischen Gründen sehr ineffektiv ist.

Optimal wäre eine Belüftung, die automatisch und variabel durch Sensoren, welche die Styrolkonzentration an kritischen Stellen in der Werkhalle ständig überprüfen, geregelt wird.

Zur allgemeinen Werkstattlüftung sollte diffus einströmende Frischluft verwendet werden, die der Anlage dort zugeführt wird, wo die Styrolkonzentration am niedrigsten ist. Das Absaugen der Abluft sollte durch einen leichten Unterdruck erfolgen, der stark genug ist, um das Styrol am Eindringen in weniger belastete Räume zu hindern.

### 8.4.2.2 Luftführung

Während der Styrolverarbeitung wird in der Regel Reaktionswärme frei. An technischen Einrichtungen wird ebenfalls Wärme freigesetzt. Sind deren Oberflächen wärmer als die umgebende Luft, führt dies zu einer aufwärts gerichteten Luftströmung (Thermikströmung). Ohne Raumlüftung bildet sich durch die Thermikströme eine Zirkulationsströmung aus, die dazu führt, dass ein großer Teil der in Thermikströmen aufwärts strömenden Dämpfe wieder nach unten in den Arbeitsbereich geführt werden (Abbildung 10). Eine Abführung der Thermikströme im Deckenbereich verhindert in der Regel diese Zirkulationsströmung nicht, da im bodennahen Bereich ein Luftdefizit durch den Thermikstrom entsteht und sich dadurch eine Zirkulationsströmung einstellt. Eine ungeeignete Luftführung kann sogar die Rückströmung von Dämpfen begünstigen, wenn z. B. die Zuluft von der Decke (Abbildung 11) oder von der Seite her (Abbildung 12) in den Raum eingebracht wird.

Um Rückströmungen zu vermeiden, muss die im Thermikstrom aufsteigende Luft im bodennahen Bereich ersetzt werden (Druckausgleich). Diese Art der Luftführung wird allgemein als Schichtströmung bzw. Schichtlüftung bezeichnet (Abbildung 13). Das Kennzeichen dieser Schichtlüftung ist, dass die Zuluft so zugeführt wird, dass die Thermikströmungen ungestört bleiben und ein Luftausgleich im Arbeitsbereich erfolgt. Man benötigt hierzu eine impulsarme Zuluftströmung (Austrittsgeschwindigkeit  $< 0,5$  m/s). Die Luftdurchlässe müssen so angeordnet sein, dass die Thermikströme nicht von den Zuluftstrahlen gestört werden. Ausführungsbeispiele siehe VDI 3802 (92).

Abbildung 10: Thermikströme an warmen Oberflächen

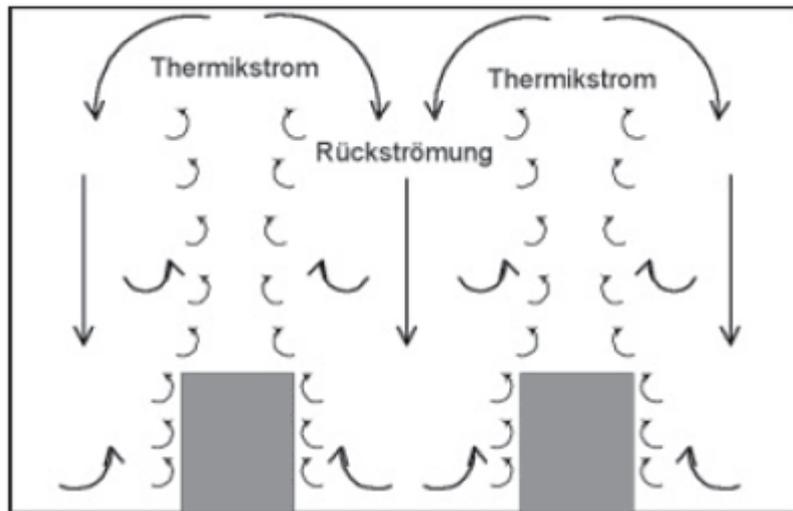


Abbildung 11: Störung des Thermikstroms bei Zuluft von der Decke

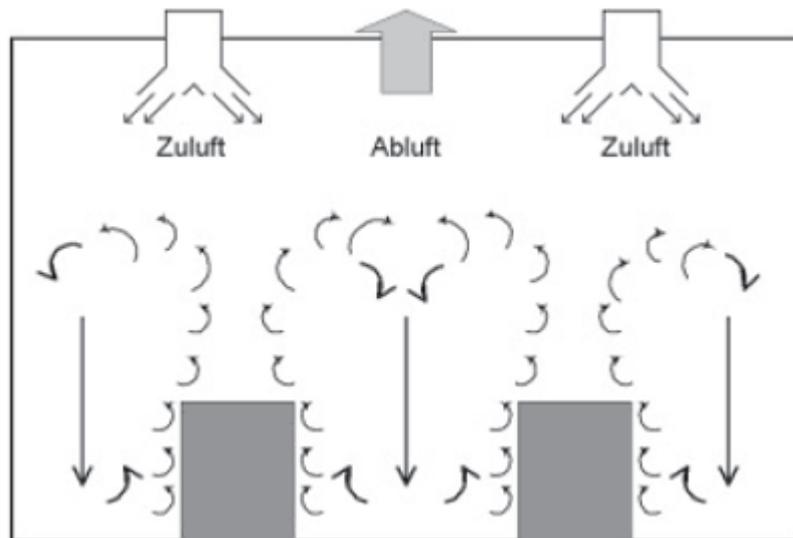


Abbildung 12: Störung des Thermikstroms bei Zuluft von der Seite

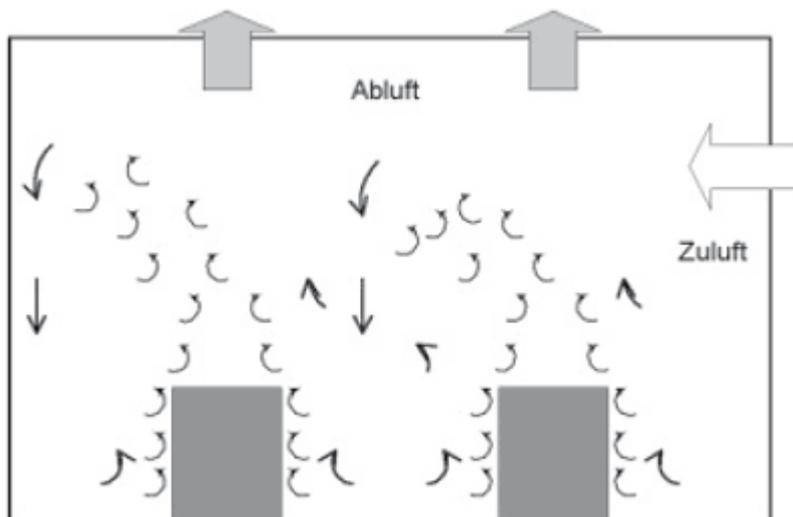
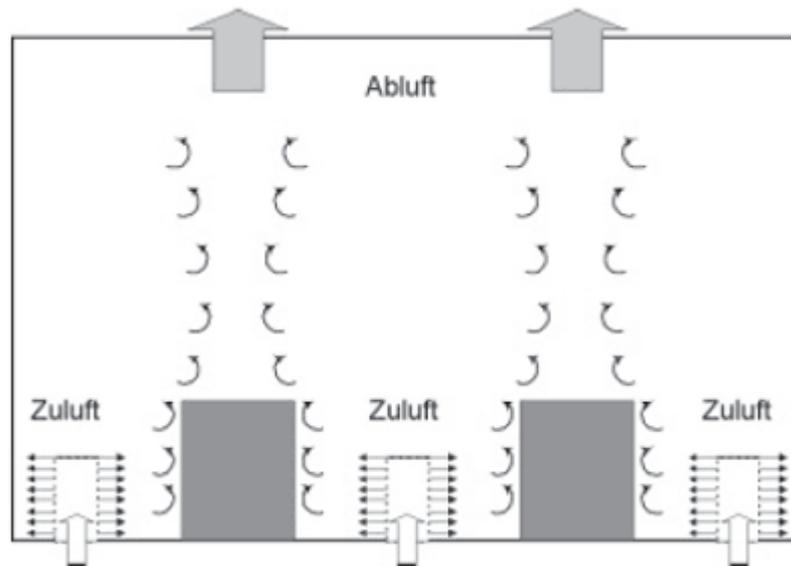


Abbildung 13: Zuluft im Bodenbereich (Schichtlüftung)



Die Berechnung der Luftströme (Zu- und Abluft) ist teilweise sehr kompliziert, je nachdem welche Verhältnisse vorliegen. In der VDI 3802 (92) sind hierfür Berechnungsverfahren angegeben. Dort wird darauf hingewiesen, dass alle Luftströme nach diesen Verfahren zu ermitteln sind. In der Literatur aufgeführte Erfahrungswerte für den Luftwechsel oder flächenbezogene Luftströme lassen wesentliche Einflüsse (durch effiziente Erfassungseinrichtungen und Luftführungen) außer acht.

Ein verbreitetes Missverständnis ergibt sich aus der Annahme, dass der Styroldampf sofort nach unten sinkt, weil er schwerer als Luft ist. Obwohl die Dichte des Styroldampfes 3,6mal größer ist als die der Luft (siehe Abschnitt 3.1), liegt die Dichte von Luft mit einer Styrolkonzentration von 500 ppm nur 0,13 % über der von unbelasteter Luft. Schwache Konvektionsströme und normale Luftbewegungen in der Werkhalle reichen daher schon aus, um das Styrol über den gesamten Betrieb zu verteilen.

### 8.4.3 Abluftreinigung/Abscheidung

Um die nach der TA Luft (32) geforderten (siehe Abschnitt 8.2.11) maximalen Konzentrationen von Styrol in der Abluft einhalten zu können, ist in vielen Fällen, insbesondere bei lokaler Absaugung, eine Abluftreinigung erforderlich. Dafür werden zurzeit drei verschiedene Verfahren angewandt:

#### Verbrennung mit Energierückgewinnung

Mit Hochtemperaturverbrennung sowie katalytischer oder regenerativer Verbrennung bei niedrigen Temperaturen, in beiden Fällen mit Energierückgewinnung, kann eine Absenkung von etwa 99 % erreicht werden. Um wirtschaftliche Rentabilität zu erreichen, sind Styrol-Mindestkonzentrationen von 1 bis 2 g/m<sup>3</sup> erforderlich.

#### Adsorption

Bei der Adsorption ergeben sich Abscheidegrade von 90 bis 95 %, wobei der Styrolgehalt < 2 g/m<sup>3</sup> liegen sollte. Eine betriebliche Lösung mit Aktivkohle als Adsorbens ist im Anhang 1 (Beispiel 1) aufgeführt.

#### Bio-Filtration

Der biologische Abbau durch bakterielle Oxidation von Styrol führt, ebenso wie die Verbrennung, zu Kohlendioxid und Wasserdampf. Mittlerweile können Anbieter solcher Anlagen Abscheidegrade bis 90 % bei Abluftkonzentrationen von 0,35 bis 1 g/m<sup>3</sup> nachweisen.

Abblase-, Entlüftungs- und Entspannungsleitungen dürfen weder in Räume noch an Stellen münden, an denen Personen durch austretende Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube oder Flüssigkeiten gefährdet werden können.

## 8.5 Arbeitsgewohnheiten

Die Beschäftigten sollten sich dessen bewusst sein, dass sie ihre eigene Belastung zu einem großen Teil durch den korrekten Gebrauch der gestellten Ausrüstung selbst beeinflussen können. Alle Mitarbeiter sind zu unterweisen, dass das Auftragen von Harz oder das Laminieren immer zwischen ihnen selbst und der Absaugung stattfinden muss. Personen, die Laminierarbeiten durchführen, arbeiten meistens dicht am Laminat und sind daher hohen Styrolkonzentrationen ausgesetzt. Jedes Bewegen der Oberfläche, zum Beispiel beim Entlüften des Laminats, wirft Harztröpfchen auf. Die große Oberfläche dieser Tröpfchen setzt Styrol frei, das die Atemluft der Beschäftigten belastet. Vorzugsweise sollte der Mitarbeiter an derselben Stelle verbleiben, indem die Formen drehbar ausgelegt werden. Wenn das nicht möglich ist, dann sollte mit dem Auftragen des Harzes in der Nähe der Absaugung angefangen und von dort windaufwärts gearbeitet werden, so dass immer Frischluft eingeatmet wird.

Arbeitsgänge mit hohen Emissionen sind möglichst so einzuplanen, dass sie jeweils am Ende eines Arbeitstages stattfinden. Dabei sollte die Zahl der exponierten Beschäftigten so gering wie möglich gehalten werden. Mehrere Arbeitsschritte mit hohen Emissionen sollten möglichst nicht gleichzeitig ausgeführt werden.

Durch Job-Rotation kann die mittlere tägliche Belastung der Beschäftigten verringert werden.

Da die Abzugsfilter beim Faserspritzverfahren schnell mit Faserschnitzeln verunreinigt werden, steigt der Luftwiderstand, so dass regelmäßiges Auswechseln wichtig ist. Es ist daher empfehlenswert, den Filter schräg in der Leitung am hinteren Ende der Spritzwand anzubringen und mit einer Absaugungsöffnung in der Nähe des Bodens zu versehen. Alle Türen – besonders große Tore – und Fenster müssen geschlossen bleiben, um störende Luftströmungen zu vermeiden und auch um Beschwerden der Nachbarn über Reizungen aufgrund unkontrolliert entweichender styrolbelasteter Luft vorzubeugen.

## 8.6 Sonstige Schutzmaßnahmen

Nachstehend werden beispielhaft Schutzmaßnahmen aufgeführt, die, ergänzend zu den übrigen im Merkblatt beschriebenen Maßnahmen, bei Tätigkeiten mit styrolhaltigen Reaktionsharzen zu einer Verringerung der Styrolemission führen.

### - **Bauliche Maßnahmen**

d. h. räumliche Trennung einzelner Arbeitsbereiche, z. B.:

- Lagerung,
- Ansetzen und Mischen von Chargen: Zusetzen von Peroxiden, Katalysatoren, Farben, Füllstoffen, Styrol usw.,
- Zuschneideräume für Matten bzw. Gewebe,
- Temperkammern,
- Produktionsräume mit abgekapselten Teilbereichen,
- Abstellräume oder abgetrennte Bereiche für mit Styrol gefüllte Arbeitsbehälter, Zwischenbehälter usw.,
- Aushärtungsräume ohne ständige Arbeitsplätze.

Diese räumliche Trennung kann realisiert werden durch z. B. Trennwände.

### - **Betriebstechnische Maßnahmen**

- Dichtheit von Leitungen, Behältern und Arbeitsgefäßen sicherstellen,
  - Zwischenbehälter, Arbeitsbehälter und Arbeitsgefäße weitestgehend verschlossen halten,
  - in sämtlichen Bereichen auf größte Sauberkeit achten. Dabei vor allem hygienische Schutzmaßnahmen (siehe Abschnitt 9.5) beachten,
  - Arbeitsgeräte wie Lammfellrollen, Pinsel, Spachtel und Gefäße in verschließbaren Wannen mit Absaugung oder in Ultraschall-Waschanlagen reinigen. Zur Verringerung der Lösemittel-Verdampfung Anlagen mit Kühleinrichtungen verwenden. Werden brennbare Lösemittel verwendet, Maßnahmen nach der BG-Regel „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104) durchführen.
- **Produktbezogene Maßnahmen**
- UP-/VE-Harze mit geringerem Styrolgehalt bevorzugen,
  - für Hand- und Faserspritzverfahren thixotrope Harze mit verminderter Styrolemission auf Basis von Hautbildnern verwenden. Die Verringerung der Styrolverdunstung beträgt bis zu 50 %. Entsprechende Harze haben sich z. B. im Bootsbau bewährt.
  - Für Wickelverfahren nicht thixotrope Harze mit verminderter Styrolemission auf Basis von Hautbildnern verwenden. Abhängig von der speziellen Anwendung ist auch hier eine Verringerung der Styrolverdunstung um bis zu 50 % erreichbar. Entsprechende Harze haben sich bei der Herstellung von Behältern bewährt.
  - Prüfung, inwieweit spezielle Verfahren/Verfahrensschritte zur Formteilherstellung auf die Verwendung lichterhärtender Harze umgestellt werden können und Einsatz entsprechender Harze.
- **Verfahrenstechnische Maßnahmen**
- Beim Faserspritzen die Styrolverdunstung durch den Einsatz entsprechend konstruierter Düsen (neue Bauart) verringern,
  - zylindrische Wickelkörper bei der Herstellung mit Folien überwickeln. Die Styrolverdunstung wird so beachtlich verringert.

## 8.7 Brand- und Explosionsschutz

Brände oder Explosionen mit gefährlichen Auswirkungen können auftreten, wenn folgende Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind:

- Dämpfe, Nebel oder Tröpfchen von brennbaren Stoffen (z. B. Styrol, Lösemittel) liegen in einer bestimmten Konzentration, vermischt mit Luft oder brandfördernden Stoffen, vor,
- sie liegen in gefahrdrohender Menge vor,
- es sind wirksame Zündquellen vorhanden.

Zur Abschätzung, ob und wo gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorliegt, können folgende Kennzahlen herangezogen werden:

- Flammpunkt
- Explosionsgrenzen
- Dampfdichte
- Explosionspunkt (Zündpunkt)
- Dampfdruck

Mehr als 10 Liter explosionsfähiger Atmosphäre als zusammenhängende Menge müssen in geschlossenen Räumen, unabhängig von der Raumgröße, immer als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre angesehen werden. Auch kleinere Mengen können bereits gefahrdrohend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden. Auch in Räumen von weniger als 100 m<sup>3</sup> ist bereits eine kleinere Menge als 10 Liter als

---

gefährdend anzusehen. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens als gefährdend gelten muss, also z. B. in einem Raum von 80 m<sup>3</sup> bereits 8 Liter.

Führt die Gefährdungsbeurteilung zu dem Ergebnis, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entsteht (12), ist nach § 6 der Betriebssicherheitsverordnung ein Explosionsschutzdokument zu erstellen.

Daraus muss hervorgehen

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen wurden, (11)
- dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen, (12), (13)
- welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden (Anhang 3 BetrSichV) (11) und
- für welche Bereiche die Mindestvorschriften zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten, die durch gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können, gelten (Anhang 4 BetrSichV).

Das Explosionsschutzdokument ist vor Aufnahme der Tätigkeit zu erstellen und zu überarbeiten, wenn Veränderungen, Erweiterungen oder Umgestaltungen der Arbeitsmittel oder des Arbeitsablaufes vorgenommen werden.

Das Muster eines Explosionsschutzdokuments zeigt Anhang 4.

Die Zoneneinteilung richtet sich nach der Dauer und Häufigkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in der Luft am Arbeitsplatz.

Explosionsgefahren sind grundsätzlich vor Beginn von Arbeiten in explosions- und feuergefährdeten Bereichen zu beseitigen (vgl. Abschnitt E 5 der BG-Regel „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104). Maßnahmen dazu sind in Abschnitt E 1 der BGR 104 (EX-RL) beschrieben (Vermeidung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre) (12). Ist die Explosionsgefahr beseitigt und kann eine erneute Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre während der Arbeiten ausgeschlossen werden, sind weitere Schutzmaßnahmen nicht erforderlich. Anderenfalls sind hinreichende Schutzmaßnahmen gegen die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch sofortiges Unwirksammachen aller Zündquellen zu treffen.

Bei Tätigkeiten mit Styrol kann auf die Festlegung eines explosionsgefährdeten Bereichs verzichtet werden, wenn gleichzeitig folgende Bedingungen erfüllt sind:

- die Umgebungs- bzw. Verarbeitungstemperatur liegt ausreichend unter dem Flammpunkt von Styrol, d. h. < 26 °C (siehe TRBS 2152 Teil 1, Abschnitt 3.2) – bei Unterschreitung des Flammpunktes um 5 K entstehen keine explosionsgefährlichen Gemische,
- es wird nicht verspritzt oder versprüht.

Die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen richten sich in diesem Fall nach den sonstigen betrieblichen Bedingungen (z. B. Schweiß- oder Schleifarbeiten) in der Nähe der Betriebseinrichtungen.

Hinsichtlich der Anforderungen an Bau und Ausrüstung von feuergefährdeten Bereichen sind die Industriebaurichtlinie und die örtlichen Bauvorschriften zu beachten.

In feuergefährdeten Bereichen muss sichergestellt sein, dass brennbare Stoffe, wie Styrol und Lösemittel oder Löschwasser, nicht in elektrische Ausrüstungen eindringen können. Dies kann entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung erreicht werden durch

- ausreichend hohe Anordnung der elektrischen Betriebsmittel über dem Fußboden,

- zusätzliche Abdeckungen,
- geeignete IP-Schutzart der elektrischen Betriebsmittel (mindestens IP 54). (89)

Feuergefährdete Räume und Bereiche sind zu kennzeichnen. In ihnen darf die Brandlast nicht durch Material, das nicht zum Reinigungsverfahren gehört (z. B. Verpackungsmaterialien), erhöht werden. (70), (84)

## 8.8 Schutzmaßnahmen gegen Brandgefahren

Um der Brandgefahr bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen vorzubeugen, dürfen in feuergefährdeten Bereichen

- Gegenstände mit heißen Oberflächen (z. B. Heizlüfter),
- offene Flammen,
- sonstige wirksame Zündquellen

nicht vorhanden sein.

Brandgefahr kann auch bei nichtbrennbaren Stoffen durch Eintrag von Öl oder brennbaren Lösemitteln entstehen.

Für den Brandfall ist ein Alarmplan aufzustellen. Er regelt den Ablauf der zu treffenden Maßnahmen und den Einsatz von Personen und Mitteln und berücksichtigt ggf. zusätzliche Gefahren, die bei erschwerenden Umständen von den Löschmannschaften bei der Bekämpfung von Bränden beachtet werden müssen.

In feuergefährdeten Bereichen sind Feuerlöscheinrichtungen in ausreichender Zahl und in gebrauchsfähigem Zustand zu halten. Geeignete Löschmittel sind Schaum (alkoholbeständig), Kohlendioxid, Pulver, Sprühnebel (Wasser). Ungeeignet ist Wasser als Strahl. Hinweise in den Sicherheitsdatenblättern sind zu beachten. (9), (72)

Von Hand zu betätigende Feuerlöscheinrichtungen müssen jederzeit schnell und leicht zu erreichen sein. Die Stellen, an denen sich Feuerlöscheinrichtungen befinden, sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen, soweit die Feuerlöscheinrichtungen nicht automatisch oder zentral von Hand betätigt werden (siehe Abschnitt 9.4).

Einzelheiten zur Praxis des baulichen Brandschutzes sowie der betrieblichen Brandschutzpraxis enthält das Merkblatt T 048 „Vorbeugender Brandschutz“.

Selbsttätige ortsfeste Feuerlöscheinrichtungen, bei deren Einsatz Gefahren für die Beschäftigten auftreten können (z. B. Kohlendioxid, Stickstoff), müssen mit selbsttätig wirkenden Warneinrichtungen ausgerüstet sein. Beim Einsatz von Löschanlagen ist die BG-Regel „Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen“ (BGR 134) zu beachten.

Eine ausreichende Zahl von Beschäftigten ist mit der Handhabung der Feuerlöscheinrichtungen vertraut zu machen.

## 8.9 Schutzmaßnahmen gegen Explosionsgefahren

Aus der Einteilung in explosionsgefährdete Zonen (siehe Abschnitt 8.7) ergeben sich Anforderungen zur Vermeidung von Zündquellen (10), (11), z. B.

- Verbot von offenem Feuer und Licht, Rauchverbot
- Vermeiden mechanisch erzeugter Funken
- Verwendung geeigneter und für den gefährdeten Bereich zugelassener elektrischer Betriebsmittel
- Verwenden von Betriebsmitteln der zugelassenen Temperaturklasse

- Erden aller Teile, die sich gefährlich aufladen können, sowie weitere Maßnahmen nach der Technischen Regel für Betriebssicherheit (TRBS) 2153 bzw. Merkblatt T 033 „Statische Elektrizität“ (BGI 5127) zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen
- Vermeidung unkontrollierter exothermer chemischer Reaktionen. Auf eine geeignete Stabilisierung (z. B. mit 4-t-Butylbrenzkatechin) ist zu achten. Dabei ist zu beachten, dass sich die Stabilisierung bei längerer Lagerung des Styrols verändern kann (Stabilisator wird verbraucht). Die Hinweise im Sicherheitsdatenblatt sind zu beachten.

Hinsichtlich Errichten elektrischer Betriebsmittel und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen siehe DIN EN 60079-14 (89).

Für explosionsgefährdete Bereiche gelten die Mindestanforderungen des Anhangs 4 der Betriebssicherheitsverordnung; insbesondere sind die Explosionsschutzmaßnahmen gemäß Anhang 4 Ziffer 3 zu beachten, d. h. Einrichtungen, Anlagen, Geräte und Tätigkeiten müssen den Anforderungen der jeweiligen Zonen entsprechen.

Angaben über Schutzmaßnahmen in explosionsgefährdeten Bereichen enthalten die TRBS 2152, Teil 1 und 2 bzw. die „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“ (BGR 104).

Dazu gehören

- Vermeidung des offenen Umganges mit Styrol bei Temperaturen  $> 26\text{ °C}$
- Reduzierung des Sauerstoffgehaltes in Behältern und Anlagen auf  $< 6\%$
- durch Spülen mit Inertgas wie Stickstoff oder Wasserdampf
- Anwendung von Vakuum
- Prüfung der Anlage auf Dichtheit vor der Inbetriebnahme
- Objektabsaugung
- Verspritzen vermeiden, Aerosole sind sehr zündfähig
- Überwachung der Konzentration brennbarer Dämpfe in der Raumluft. Bei dauerhaft sicherer Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes für Styrol kann lediglich im Nahbereich von möglichen Emissionsstellen und in Abluftanlagen Explosionsgefahr bestehen. Vergleiche: Arbeitsplatzgrenzwert =  $0,086\text{ g/m}^3$ , untere Explosionsgrenze =  $45\text{ g/m}^3$ .

Explosionsgefährdete Bereiche müssen gekennzeichnet sein (siehe Abschnitt 9.4). Zusätzlich werden deutliche Fußbodenmarkierungen oder Abschränkungen empfohlen.

## 8.10 Baustellenbetrieb

Grundsätzlich gelten für Tätigkeiten mit styrolhaltigen Gemischen auf Baustellen die gleichen Vorschriften wie für stationäre Arbeitsplätze. Aufgrund der wechselnden Bedingungen auf Baustellen müssen jedoch einige Besonderheiten im Rahmen der Zielvorstellung umgesetzt werden. Beispielhafte Vorgehensweisen werden in der Branchenregelung Säureschutzbau sowie Veröffentlichung der Säureschutzbau-Unternehmer 5/2006 (122) beschrieben ([www.gisbau.de](http://www.gisbau.de)). Im Säureschutzbau oder für sonstige Baustellen, auf denen das Tragen von belastender persönlicher Schutzausrüstung als ständige Maßnahme erforderlich ist, z. B. das Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppen 1, 2 oder 3, sind Ausnahmegenehmigungen von § 9 Abs. 3 der Gefahrstoffverordnung erforderlich. Über das Verfahren informiert Anhang 7 der Branchenregelung Säureschutzbau. Kopien der Ausnahmegenehmigung sowie die notwendigen Schutzausrüstungen müssen auf den betreffenden Baustellen vorliegen.

Alle Baustellen, auf denen mit styrolhaltigen Gemischen umgegangen wird, müssen vom Unternehmer dokumentiert werden. Eine Liste, die die Adresse und die Dauer der Baustelle sowie die Namen der Beschäftigten

enthalten muss, ist auf Verlangen der staatlichen Überwachungsbehörde bzw. der Berufsgenossenschaft vorzulegen.

Baustellen, die länger als zwei Tage betrieben werden, sind – in der Regel eine Woche vorher – der für den Firmensitz, sowie der für die Baustelle zuständigen staatlichen Überwachungsbehörde zu melden. Dauerbaustellen (Monteure, die permanent auf dem Gelände anderer Firmen tätig sind) sind ebenfalls diesen beiden staatlichen Überwachungsbehörden zu melden.

Wird auf Baustellen mit styrolhaltigen Gemischen umgegangen, ist grundsätzlich von einer Überschreitung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) von Styrol auszugehen. Soweit technisch möglich, sollten immer Absaugungen eingesetzt werden. Da diese Maßnahme die Styrol-Konzentrationen zwar verringert, aber nicht unter den AGW absenkt, müssen von den Beschäftigten persönliche Schutzausrüstungen verwendet werden. Beim Mauern und Plattieren ist Atemschutz mit Gasfilter A, beim Laminieren oder Spritzen sind gebläseunterstützte Atemschutzhauben mit Gasfilter A bzw. A-P2 (keine Tragzeitbegrenzung), sowie Handschuhe aus Nitril zu tragen (siehe Abschnitt 10.3).

Bei kurzfristigen kleinen Reparaturarbeiten (max. 60 Minuten Auftragszeit und Verbrauchsmengen bis 10 kg Styrolharz pro Schicht) kann auf das Tragen der gebläseunterstützten Atemschutzhauben verzichtet werden. Atemschutz mit Gasfilter A ist zu tragen.

Neben diesen kurzzeitigen Expositionen sind auch andere Baustellensituationen vorstellbar, bei denen der Schichtmittelwert der Styrol-Belastung unterhalb des AGW liegt. Ist aufgrund einer Baustellensituation (eingesetzte Menge Styrolharz, Lüftungsverhältnisse) zu erwarten, dass der AGW unterschritten wird, kann dies durch eine Messung mit direktanzeigenden Styrol-Prüfröhrchen belegt werden. Dazu wird eine Prüfröhrchen-Messung 15 Minuten nach Beginn der Arbeiten im Atembereich des die Beschichtung vornehmenden Beschäftigten durchgeführt. Eine weitere Messung erfolgt 30 Minuten nach Beginn der Arbeiten auf dieselbe Weise. Es ist immer bei dem Beschäftigten zu messen, der am stärksten durch Styrol belastet ist. Wenn beide Werte jeweils unterhalb des AGW liegen, der 30-Minuten-Wert nicht mehr als doppelt so groß ist wie der 15-Minuten-Wert und die Arbeitsabläufe sowie die Lüftungsverhältnisse mit fortschreitender Beschichtung eine Anreicherung der Styrolkonzentration in der Luft verhindern, kann davon ausgegangen werden, dass auf dieser Baustelle der AGW von Styrol eingehalten wird. Nur auf Baustellen, bei denen die beschriebenen Voraussetzungen und die entsprechende Dokumentation der Prüfröhrchen-Messung vorliegen, kann auf den Einsatz von gebläseunterstützten Atemschutzhauben verzichtet werden.

Der Nachweis, dass der AGW auf der Baustelle eingehalten wird, ist bei mehrtägigen Baustellen täglich auf die beschriebene Weise zu führen.

Die Betriebsanweisungen (siehe Abschnitt 9.1 bzw. Anhang 6 der Branchenregelung Säureschutzbau) (122) sind jeweils baustellenbezogen zu formulieren und müssen auf den jeweiligen Baustellen vorliegen.

## 9 Organisatorische Schutzmaßnahmen

### 9.1 Informationspflichten

Die Beschäftigten müssen auf mögliche Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen aufmerksam gemacht und über die zu treffenden Schutzmaßnahmen eingehend unterrichtet werden. Die **Unterweisungen** (6), (10), (15), (59), (83), (38) müssen vor der Beschäftigung und danach mindestens einmal jährlich (bei Jugendlichen mindestens zweimal jährlich) mündlich und arbeitsplatzbezogen erfolgen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

Im Rahmen der Unterweisung ist über besondere Gefahren bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen eine allgemeine **arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung** durchzuführen (15).

Grundlage für die Unterweisung ist die arbeitsbereichs- und stoffbezogene **Betriebsanweisung** (15), (24), (54). Sie muss genaue Angaben über die im Einzelfall für Mensch und Umwelt möglichen Gefahren sowie die zu deren Abwehr erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln enthalten. Auf die sachgerechte Entsorgung gefährlicher Abfälle, das Verhalten im Gefahrenfall und Erste-Hilfe-Maßnahmen ist ebenfalls einzugehen. Die Betriebsanweisung ist von einem Fachkundigen in verständlicher Form abzufassen und an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen. Die Betriebsanweisung muss jederzeit von den Beschäftigten eingesehen werden können. Weitere Hinweise zur Gestaltung von Betriebsanweisungen gibt das Merkblatt A 010 „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (BGI 566). Unter [www.gischem.de](http://www.gischem.de) und [www.wingis-online.de](http://www.wingis-online.de) können Betriebsanweisungsentwürfe heruntergeladen werden. Ein Muster für eine Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit styrolhaltigen Gemischen ist in Anhang 3 wiedergegeben.

Es kann erforderlich sein, die Unterweisung durch praktische Vorführung einzelner Maßnahmen vor Ort und durch Einüben seitens der Beschäftigten unter sachkundiger Anleitung zu ergänzen, z. B. durch Anlegen von Schutzanzügen, von Atemschutzgeräten, durch Übungen für den Schadensfall und Feuerlöschübungen. Weiterhin kann eine eingehende Arbeits- und Sicherheitsabsprache vor Ort erforderlich sein. Es empfiehlt sich, den Erfolg einer Unterweisung zu kontrollieren, z. B. durch Beantworten eines arbeitsplatzbezogenen Fragebogens.

Es ist ein **Verzeichnis der im Betrieb verwendeten Gefahrstoffe** (15) zu führen (siehe Abschnitt 6.2.1).

Die Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung zur **Prüfung von Arbeitsmitteln** sind zu beachten.

Der Arbeitgeber hat für die Arbeitsstätte einen Flucht- und Rettungsplan aufzustellen, wenn Lage, Ausdehnung und Art der Nutzung der Arbeitsstätte dies erfordern. Der Flucht- und Rettungsplan ist an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen. In angemessenen Zeitabständen ist nach diesem Plan zu üben, wie sich die Beschäftigten im Gefahr- oder Katastrophenfall in Sicherheit bringen oder gerettet werden können.

Vergibt der Unternehmer Arbeiten an andere Unternehmer (Fremdunternehmen) (6), (15), (44), muss der Unternehmer die Fremdunternehmer über mögliche Gefahren informieren, mit ihnen die erforderlichen Schutzmaßnahmen vereinbaren und im Einzelnen schriftlich festlegen. Er hat darüber hinaus in Abstimmung mit den Fremdunternehmern schriftlich einen **Koordinator** (44), (52) zu bestellen, der Weisungsbefugnis gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen hat.

## 9.2 Instandhaltung

Verschiedene Wartungs-, Inspektions-, Instandsetzungs- und Abbrucharbeiten in oder an Anlagenteilen, Apparaturen oder Einrichtungen, in denen Styrol oder styrolhaltige Gemische vorkommen, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis durchgeführt werden.

Dazu gehören z. B.:

- Arbeiten in Behältern und engen Räumen (siehe Abschnitt 9.3), (48)
- Feuerarbeiten, z. B. Schweißen, Schneiden, Löten, Anwärmen, wenn sich Feuer- und Explosionsgefahren nicht restlos beseitigen lassen, (80)
- Arbeiten, bei denen mit dem Austritt reizender und ätzender Gase zu rechnen ist.

In der Erlaubnis sind die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen festzulegen, z. B. vollständige Entleerung der Apparatur, Prüfung auf mögliche Produktreste, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, Reinigen und Spülen mit geeigneten Mitteln, Konzentrationsmessungen.

Vor dem Beginn von Instandhaltungsarbeiten ist dafür zu sorgen, dass

- Antriebe für gefahrbringende Bewegungen ausgeschaltet und gegen irrtümliches Wiedereinschalten gesichert sind,

- unter Überdruck stehende Anlagen und deren Teile drucklos gemacht sind,
- Armaturen und Versorgungsleitungen ab- oder blindgeflanscht sind, sofern durch Betätigten Gefährdungen für das Instandhaltungspersonal auftreten können.

Im Einzelfall sind weitere Schutzmaßnahmen zu treffen.

Wegen der gesundheitsschädigenden Wirkung von Styrol und styrolhaltigen Gemischen sollen auch alle übrigen Instandhaltungs- und Abbrucharbeiten nur nach Erteilung einer schriftlichen Erlaubnis durchgeführt werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass alle im Einzelfall erforderlichen Schutzmaßnahmen durchgeführt sind.

Die Funktion und Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen (GefStoffV, § 7) müssen nach vom Unternehmer festzulegenden Fristen regelmäßig, mindestens jedoch alle drei Jahre, durch befähigte Personen überprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung ist aufzuzeichnen.

Weitere organisatorische Maßnahmen siehe Abschnitt 9.1.

### **9.3 Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen**

Arbeiten in Behältern und Tanks, die Styrol oder styrolhaltige Gemische enthielten, oder in engen Räumen, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis, nach Anordnung der entsprechenden Schutzmaßnahmen und nach mündlicher Unterweisung der Beschäftigten ausgeführt werden. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem der Aufsichtführende festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind.

Einzelheiten sind festgelegt in der BG-Regel „Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ (BGR 117-1).

### **9.4 Kennzeichnung**

Styrol und styrolhaltige Gemische sind so zu verpacken und zu kennzeichnen, dass bei bestimmungsgemäßer Verwendung Gefahren für Menschen und Umwelt vermieden werden.

Werden Styrol und styrolhaltige Gemische in den Verkehr gebracht oder verwendet, so ist die Verpackung nach dem Chemikaliengesetz sowie nach der Gefahrstoffverordnung zu kennzeichnen. Detaillierte Hinweise enthalten die TRGS 200 und die vom Hersteller mitzuliefernden Sicherheitsdatenblätter.

Arbeits- und Lagerräume sind mit dem Schild P 02 „Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten“ zu kennzeichnen (46). Zusätzlich ist das Warnzeichen W 01 „Warnung vor feuergefährlichen Stoffen“ im Eingangsbereich zu installieren.



**P 02: Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten**



**W 01: Warnung vor feuergefährlichen Stoffen**

Explosionsgefährdete Bereiche sind an ihren Zugängen mit folgendem Warnzeichen zu kennzeichnen:



#### **W 21: Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre**

Um- und abgefüllte Behälter, Rohrleitungen und Apparaturen (15) müssen so gekennzeichnet sein, dass mindestens die enthaltenen Gefahrstoffe sowie die davon ausgehenden Gefahren eindeutig identifizierbar sind (88) (Name des Stoffes/Gemisches, Gefahrensymbol, Gefahrenbezeichnung bzw. Name des Stoffes/Gemisches, Gefahrenpiktogramm, bei Bedarf Signalwort oder H-Satz) (64).

Zur Kennzeichnung von Styrol und styrolhaltigen Gemischen bei Transporten auf öffentlichen Verkehrswegen siehe Abschnitt 8.2.5.

Die Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang regelt die TRGS 201.

Die Stellen, an denen sich Feuerlöscheinrichtungen befinden, sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen, soweit die Feuerlöscheinrichtungen nicht automatisch oder zentral von Hand betätigt werden.



## Mittel und Geräte zur Brandbekämpfung (F05: Feuerlöscher)

### 9.5 Hygiene

Technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen sollen Gefährdungen der Beschäftigten durch Styrol und styrolhaltige Gemische verhindern. Hygienemaßnahmen unterstützen dies, da durch sie die Berührung von Augen, Haut und Kleidung mit Gefahrstoffen vermieden wird.

Auf keinen Fall dürfen für die Hautreinigung Lösemittel wie z. B. Aceton eingesetzt werden. (61)

Der Arbeitsplatz und die Arbeitsmittel sind sauber zu halten, Verunreinigungen sind unverzüglich mit geeigneten Mitteln zu beseitigen.

Zum Schutz der Beschäftigten vor Hautkrankheiten bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen sind Schutzhandschuhe zu tragen (siehe Abschnitt 10.3). (78), (58), (79) Ergänzend ist ein geeigneter Hautschutzplan zu erstellen. Er beinhaltet die Anwendung von Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemitteln vor, während und nach der Arbeit. Der Hautschutzplan ist in Zusammenarbeit mit dem Betriebsarzt zu erstellen.

Die BG-Regel „Benutzung von Hautschutz“ (BGR 197) und das Merkblatt A 023 „Hand- und Hautschutz“ (BGI 540) enthalten ausführliche Angaben zum Schutz und zur Pflege der Haut. Weitere Empfehlungen dazu gibt der Bundesverband Handschutz e. V. (129)

Für Beschäftigte, die Tätigkeiten mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen ausüben, müssen getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für Arbeits- oder Schutzkleidung und Straßenkleidung als zusätzliche Maßnahme nach § 9 der Gefahrstoffverordnung zur Verfügung gestellt werden, sofern dadurch eine Gefährdung vermieden wird. Labormäntel und -arbeitskleidung sollen im Labor gelassen werden.

Nach Arbeitsende ist die Kleidung zu wechseln.

Arbeitskleidung, Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstungen, die durch Styrol oder styrolhaltige Gemische (49) verschmutzt oder durchtränkt sind, müssen umgehend gewechselt und gründlich gereinigt oder erforderlichenfalls vernichtet werden. Um den Aufwand bei der Entsorgung zu verringern, sollten Kleidung und Schutzausrüstung vor dem Vernichten ebenfalls gereinigt werden. Die Reinigung der Arbeitskleidung erfolgt durch den Betrieb.

Rauchen, Essen und Trinken sind bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen und erhöhter Gefährdung verboten. (22)

Nahrungs-, Genuss- und Arzneimittel müssen so aufbewahrt werden, dass sie nicht mit Gefahrstoffen in Berührung kommen. (15)

In Laboratorien darf generell nicht geraucht werden.

## 9.6 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Trotz technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen können Gesundheitsschäden durch Styrol und styrolhaltige Gemische nicht in allen Fällen mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Daher sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen erforderlich, um Beeinträchtigungen der Gesundheit rechtzeitig zu erkennen und ihnen vorbeugen zu können.

Ist bei Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen mit einer Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu rechnen, hat der Unternehmer nach

- §§ 3–5 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) im Zusammenhang mit Teil 1 des Anhangs und
- der Unfallverhütungsvorschrift „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ (BGV A4)

spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen unter Beachtung des Berufsgenossenschaftlichen Grundsatzes G 45 „Styrol“ (86) zu veranlassen oder anzubieten.

Mit der Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen ist ein Arzt zu beauftragen, der entweder Facharzt für Arbeitsmedizin ist oder der die Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ führt.

Das Benutzen von Atemschutzgeräten befreit nicht von der Durchführung der Vorsorgeuntersuchungen.

Für Benutzer von Atemschutzgeräten, die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach dem Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“ (86) zu unterziehen sind, müssen Tragezeitbegrenzungen gemäß Abschnitt 3.2.2 der „Regel für die Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR 190) eingehalten werden.

Das Tragen von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen (19) gilt wegen des Schwitzens im Handschuh als Feuchtarbeit. Werden regelmäßig mehr als vier Stunden pro Schicht Feuchtarbeit verrichtet (5), so ist eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung nach dem DGUV Grundsatz G 24 „Hauterkrankungen“ (86) zu veranlassen (Pflichtuntersuchung). Wenn regelmäßig mehr als zwei Stunden Feuchtarbeit pro Schicht verrichtet wird (ArbMedVV Anhang Teil 1), hat der Arbeitgeber diese entsprechende arbeitsmedizinische Untersuchung anzubieten.

## 10 Persönliche Schutzmaßnahmen

Wenn eine Gefährdung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Styrol (6), (15) durch technische Maßnahmen allein nicht ausgeschlossen werden kann, müssen geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung gestellt (51), in gebrauchsfertigem, hygienisch einwandfreiem Zustand gehalten und bei Bedarf benutzt werden.

### 10.1 Atemschutz

Bestehen nach Ausschöpfung aller technischen Möglichkeiten weiterhin Styrolkonzentrationen oberhalb des Grenzwertes, so sind nach § 9 Abs. 2 Nr. 3 der Gefahrstoffverordnung Atemschutzgeräte einzusetzen.

Geeignet sind Atemschutzgeräte, für die keine Tragezeitbegrenzung nach der BG-Regel „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR 190) gilt. Dies sind

- Gebläsefiltergeräte mit Filter, Typ A, Kennfarbe braun und Helm oder Haube bzw. mit Halbmaske

oder

- Schlauchgeräte leichter Bauart mit Haube.

Bei Tätigkeiten geringen Umfangs (nicht mehr als 30 Minuten pro Arbeitsschicht) ist das Tragen von Atemschutz keine Dauermaßnahme im Sinne von § 7 Abs. 5 Satz 2 der Gefahrstoffverordnung. Bei diesen Tätigkeiten können auch Filtergeräte der Gruppe 1 (Gerätengewicht bis 3 kg) verwendet werden. Geeignet sind

- Filtergeräte mit Filter, Typ A, Kennfarbe braun und Halb- oder Vollmaske
- gasfiltrierende Halbmasken FFAP

Bei extrem hohen Styrol-Konzentrationen, z. B. nach Betriebsstörungen (114), oder im Brandfall, sind von der Umgebungsluft unabhängig wirkende Atemschutzgeräte (Isoliergeräte) einzusetzen. Isoliergeräte sind z. B. Schlauchgeräte und Pressluftatmer (86). Sie dürfen nur von ausgebildeten und ggf. arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen unterzogenen Personen benutzt werden.

Die Regeln für die Benutzung von Atemschutzgeräten sind zu beachten.

Atemschutzgeräte sind außerhalb der gefährdeten Bereiche, jedoch für die Beschäftigten schnell erreichbar, aufzubewahren.

## 10.2 Augen- und Gesichtsschutz

Bei Tätigkeiten mit Styrol muss geeigneter Augenschutz getragen werden (77). Das sind z. B. Gestellbrillen mit Seitenschutz (bei Überwachungstätigkeiten in Betrieb und Labor) oder Korbbrillen (wenn mit verspritzenden styrolhaltigen Flüssigkeiten zu rechnen ist, z. B. beim Beseitigen von Störungen).

Schutzschirme sollten nur zusammen mit Gestellbrillen mit Seitenschutz oder Korbbrillen (vor allem bei Arbeiten über Kopf) getragen werden.

## 10.3 Körperschutz

Zum Schutz des Gesichtes sind Schutzschirme und Vollmasken geeignet. (75), (77)

Die Hände können gegen den Kontakt mit Styrol durch Handschuhe geschützt werden. Ein geeignetes Handschuhmaterial ist z. B. Fluorkautschuk (Viton) oder Polyvinylalkohol (PVA). PVA ist allerdings unbeständig in wasserhaltigen Medien (auch Hautschweiß greift das Material an). Außerdem wurden in der Praxis Chemikalienschutzhandschuhe aus Nitril- und Butylkautschuk erprobt. Geeignete Handschuhfabrikate sind unter „Handschuhfabrikate für den Umgang mit Chemikalien“ ([www.gisbau.de](http://www.gisbau.de) → Service → Sonstiges) aufgeführt.

Allgemein für den Umgang mit Chemikalien ungeeignet sind Leder- und Stoffhandschuhe.

In Abhängigkeit von dem Ausmaß der möglichen Gefährdung sind zusätzlich Schürzen, Stiefel und Vollschutzanzüge aus geeigneten Materialien zu tragen; Hinweise geben das Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ und die BG-Regel „Einsatz von Schutzkleidung“ (BGR 189).

## 11 Erste Hilfe

## 11.1 Allgemeines

Alle Personen, die Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen ausüben, müssen über die Erste-Hilfe-Maßnahmen (15), (44), (81) unterrichtet sein und über das Verhalten bei Arbeitsunfällen unterwiesen werden.

Der von den Berufsgenossenschaften herausgegebene Aushang „Erste Hilfe“ (82) ist entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen auszuhängen.

Über jede Erste-Hilfe-Leistung (44) sind Aufzeichnungen zu führen, z. B. in einem Verbandbuch, und fünf Jahre lang aufzubewahren.

Bei Verdacht auf eine Gesundheitsschädigung durch Styrol oder styrolhaltige Gemische hat der Betroffene den Gefahrenbereich zu verlassen bzw. ist er aus dem Gefahrenbereich zu retten. Die Helfer haben sich dabei vor Kontakt mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen zu schützen (Atemschutz, Schutzhandschuhe, usw.).

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich zu veranlassen. Dem Arzt sind der chemische Stoff und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben.

Um wirksame Hilfe leisten zu können, kann eine Absprache zwischen Betrieb, Betriebsarzt, Krankenhaus oder Rettungsdienst erforderlich sein.

Erste-Hilfe-Maßnahmen, die Gegenstand der Ersten-Hilfe-Ausbildung sind, wie „Stabile Seitenlage“, „Herz-Lungen-Wiederbelebung“, „Schockbekämpfung“ werden in diesem Merkblatt nicht angesprochen.

Bei besonderen betrieblichen Gefährdungen, z. B. infolge Einwirkens von Styrol und styrolhaltigen Gemischen, können zusätzliche Maßnahmen und Mittel der Ersten Hilfe notwendig sein.

Diese Maßnahmen verlangen von dem Ersthelfer bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten, die in der Grundausbildung nicht vermittelt werden.

Die Weiterbildung geeigneter Ersthelfer erfolgt insbesondere durch den Betriebsarzt entsprechend der im Einzelnen vorhandenen chemischen Stoffe.

## 11.2 Augen

- Auge unter Schutz des unverletzten Auges sofort ausgiebig (ca. 10 Minuten) bei geöffneten Augenlidern mit Wasser spülen
- Steriler Schutzverband
- Augenärztliche Behandlung

## 11.3 Atmungsorgane

- Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich retten
- Bei Atemstillstand künstliche Beatmung nach Möglichkeit mit Gerät (z. B. Schlauch-Mund-Beatmer), auf jeden Fall Einatmen von Gefahrstoffen vermeiden
- Bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen

- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen
- Ärztliche Behandlung

## 11.4 Haut

- Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, auf Selbstschutz achten
- Haut mit viel Wasser spülen
- Wunden keimfrei bedecken
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen
- Ärztliche Behandlung

## 11.5 Verschlucken

- Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen
- Ärztliche Behandlung

## Anhang 1: Beispielsammlung

### Quellenverzeichnis für die Beispiele:

#### Beispiel 1:

Ausführlicher Artikel hierzu siehe „INFORMATIONEN für Sicherheitsfachkräfte“ 4/2008, S. 7–10  
(Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, vormals Berufsgenossenschaft Elektro Textil  
Feinmechanik) (136)

#### Beispiel 2:

GWE mbH  
Wiechmann Allee 3  
27798 Hude

#### Beispiel 3:

PolyGlas  
Birkenallee 13–15  
12683 Berlin

#### Beispiel 4:

Heinrich Mack GmbH & Co.  
Mauermattenstr. 4  
79183 Waldkirch  
Ing. Büro Heussner  
Rathausgasse 5  
79258 Hartheim

#### Beispiel 5:

---

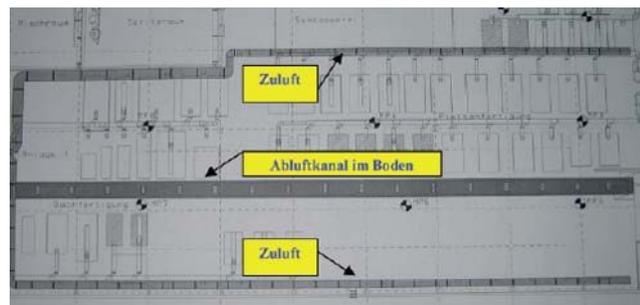
Theodor Vanck GmbH  
An der alten Ziegelei  
03139 Schwarze Pumpe

Beispiel 6:  
Bavaria Boote  
Hans Bösch  
Im Gewerbegebiet 12  
83093 Bad Endorf

Beispiele 7 und 8:  
Frömpter Kunststofftechnik GmbH  
Spreestraße 26  
82538 Geretsried

## Beispiel 1: Verbesserung der lufttechnischen Maßnahmen in einer Produktionshalle für die Herstellung von GFK-Bauteilen

Fertigungshalle mit RLT-Anlagen ohne Absaugung



### Verfahrensbeschreibung:

In der Produktionshalle werden plattenförmige Bauelemente im RTM-light-Prozess in großflächigen tischförmigen Vakuumformen hergestellt. Beim mehrmaligen Auftragen der styrolhaltigen Polyesterharze werden Styroldämpfe freigesetzt. Trotz der vorhandenen großdimensionierten raumlufttechnischen Anlage (RLT-Anlage) wurde der Arbeitsplatzgrenzwert gelegentlich überschritten.

Abmessungen Halle:

L = 60 m; B = 25 m; A = 1 500 m<sup>2</sup>; H = 5 m; V = 7 500 m<sup>3</sup>

RLT-Anlage: Zuluft strömt aus Auslässen unterhalb der Hallendecke tangential in die Halle; die Abluft wird über einen Kanal im Boden abgeführt.

Zuluftmenge: 50 000 m<sup>3</sup>/h

Abluftmenge: 41 000 m<sup>3</sup>/h

Zur Erfassung der Styroldämpfe direkt am Entstehungsort wurden oberhalb der Formentische vier Absaughauben mit Düsenplatten installiert, mit einer Absaugleistung von je 4 000 m<sup>3</sup>/h. Die styrolhaltige Abluft wird durch Filterkassetten mit Aktivkohle als Adsorbens geleitet, wodurch etwa 95 % der Styroldämpfe adsorbiert werden. Die so gereinigte Abluft mit max. 3–4 mg/m<sup>3</sup> Styrolgehalt strömt in die Halle zurück.

### Absaughaube/Düsenplatte oberhalb der Formen



Die bestehende RLT-Anlage wird mit einem erheblich reduzierten Zu- bzw. Abluftvolumenstrom von jeweils 12 000 m<sup>3</sup>/h weiterbetrieben.

Durch diese Maßnahmen wurde die Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz auf unter 30 mg/m<sup>3</sup> gesenkt. Außerdem wurden erhebliche Einsparungen bei den Energiekosten erreicht.

### Adsorber (Aktivkohlefilter)



### Beispiel 2: Aceton-Reinigungsanlage



In der abgebildeten Anlage werden verunreinigte Werkzeuge und Arbeitsmittel mit Aceton gereinigt. Durch die gezielte Luftzuführung und die Absaugung im Wandbereich werden die Lösemitteldämpfe von den Beschäftigten weggeführt. Diese Anlage entspricht den Anforderungen der BG-Regel „Richtlinien für Einrichtungen zum Reinigen von Werkstücken mit Lösemitteln“ (BGR 180).

Durch speziell geformte und angeordnete Luftauslässe, sogenannte Ejektoren, in Verbindung mit Stabilisatoren wird ein Reinluftschleier aufgebaut. Die Ejektoren bewirken, dass Schadstoffe wie Gase oder luftgetragene Produktstäube gezielt erfasst und der Absaugung zugeführt werden.



Der Reinluftschleier gewährleistet einen optimalen Personen- und Raumschutz, so dass die Mitarbeiter und der Umgebungsraum weitestgehend vor den vom Produkt ausgehenden Emissionen geschützt ist.

Der Reinluftschleier bleibt selbst dann weitestgehend stabil, wenn die arbeitende Person durch ihn hindurch greift. Die Erfassung der vom Emittenten ausgehenden Schadstoffe ist weiterhin gewährleistet.

### Beispiel 3: Verfahrensänderung



Das offene Handlaminiere bei der Herstellung von Klöpperböden mit relativ hohen Styrolemissionen wurde durch den Einsatz von verschließ- und evakuierbaren Formen überflüssig gemacht.

#### Verfahrensablauf:

Eine Unterform (Bild oben) wird mit Trennmittel behandelt und mit Glasfasermatten belegt. Nach Auflegen der Oberform (Bild unten) wird mittels eines handelsüblichen Kompressors ein Vakuum angelegt und das notwendige Harz in die evakuierte Form eingesaugt (Vakuuminjektionsverfahren). Durch das Einblasen von Luft in den

Ringspalt wird die Oberform nach etwa 60 Minuten Aushärtezeit gelöst und der Klöpperboden kann entnommen werden.



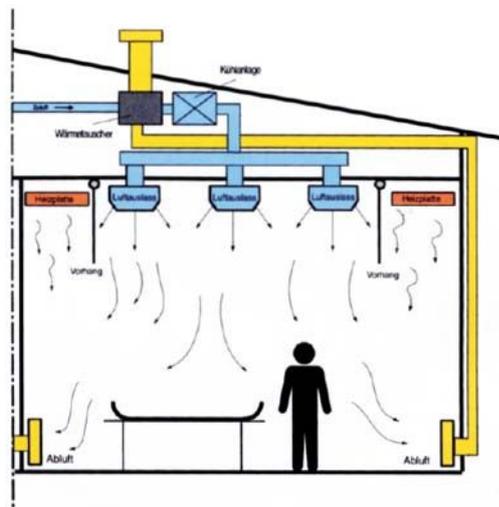
#### Lüftungstechnik:

Die Zuluft wird im Deckenbereich des Arbeitsraumes möglichst laminar eingeblasen. Die Absaugung erfolgt im unteren Wandbereich.

#### Styrolbelastung:

Durch die Verfahrensänderung wurde die Styrolkonzentration von  $> 100 \text{ mg/m}^3$  auf maximal  $40 \text{ mg/m}^3$  (beim Einfüllen) gesenkt.

### Beispiel 4: Arbeitsbereich Laminieren



Abmessungen 9 m x 5,6 m x 3,5 m

:

Zuluftmenge: 8 000 m<sup>3</sup>/h

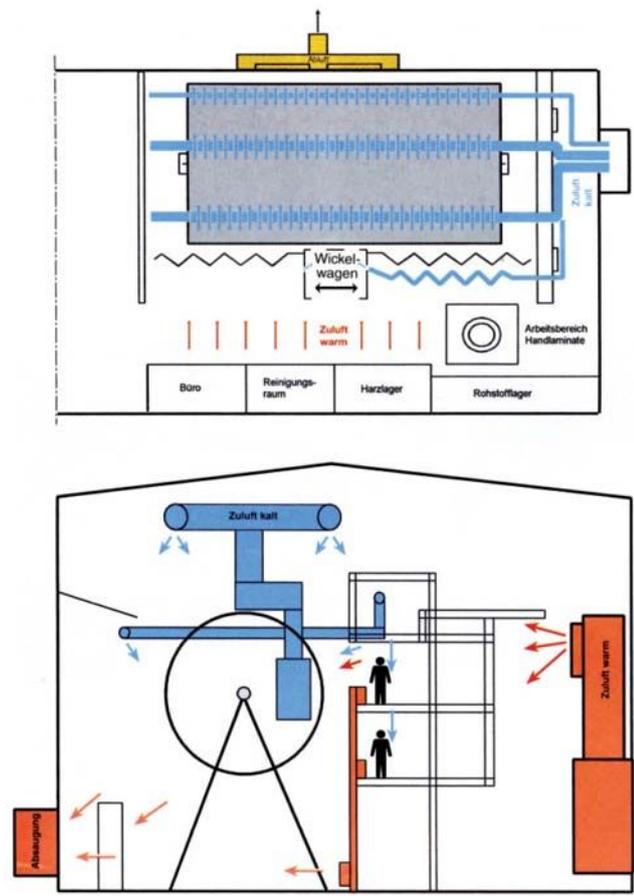
Abluftmenge: 9 000 m<sup>3</sup>/h

Luftwechsel: 45fach



Die Zuluft wird 3–4 °C unterhalb der Raumtemperatur möglichst strömungsfrei in den Arbeitsbereich geleitet. Je nach Außentemperatur ist die Zuluft im Bedarfsfall durch die Kühlanlage zu behandeln. Durch die Kombination der gezielten laminaren Luftströmung und einer elektronischen Temperaturdifferenzregelung werden Styrolkonzentrationen  $< 20 \text{ mg/m}^3$  erreicht.

## Beispiel 5: Arbeitsbereich: Wickeln von großen Rohren und Behältern



### Arbeitsbereich: Wickeln und Vormontage

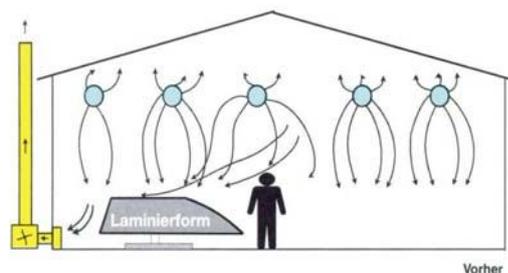


Abmessungen:	30 m x 18 m x 12 m
Zuluftmenge:	58 500 m <sup>3</sup> /h
Abluftmenge:	50 000 m <sup>3</sup> /h
Luftwechsel im Wickelbereich:	9fach
Luftwechsel am Wickelwagen:	55fach

In dieser Anlage werden Rohrleitungen und Behälter mit einem Durchmesser bis 6 m im Faserspritz- bzw. Wickelverfahren gefertigt. Durch Abkapseln des Wickelbereiches mittels eines verschiebbaren Plastikvorhanges und Wickelwagens konnte eine deutliche Reduzierung der Styrolkonzentration außerhalb der Kapsel erzielt werden. Mit temperierter Zuluft kann eine gerichtete Luftführung innerhalb der Kapsel erzielt werden.

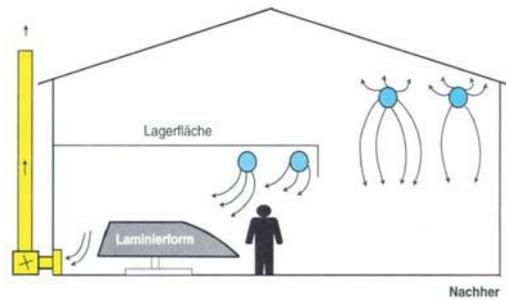
### Beispiel 6: Optimierung der Lüftungsanlage in bestehender Produktionshalle

Laminierbereich:	Bootsbau
Abmessungen:	20 m x 5 m x 3 m
Zuluftmenge:	4 500 m <sup>3</sup> /h
Abluftmenge:	6 000 m <sup>3</sup> /h
Luftwechsel:	20fach



In einer Produktionshalle werden größere Formteile, im wesentlichen Sportboote, laminiert. Die Belüftung erfolgte über eine Quell-Luftschlauchanlage in etwa 5 m Höhe. Aufgrund des großen Abstandes zwischen Be- und

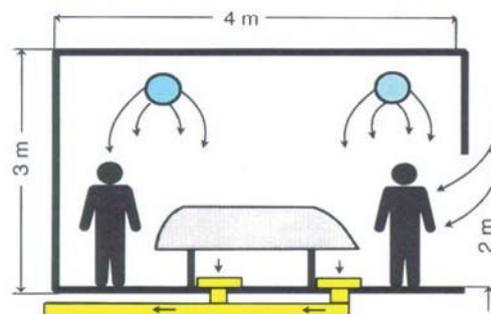
Entlüftung und des Totraumes über den Textilschläuchen war keine gezielte Luftführung möglich. Styrolmessungen an den Mitarbeitern in diesen Arbeitsbereichen belegten deutliche Grenzwertüberschreitungen.



In der Produktionshalle wurden kleinere Laminierkabinen installiert. Die Zuluft wird turbulenzarm durch den Atembereich der Beschäftigten über die Laminierform zur Erfassungseinrichtung geführt. Anstelle einer Erfassung der Abluft im Bereich der Wand sind Bodenabsaugungen ebenfalls möglich. Durch diese gezielte Luftführung konnte die Styrolkonzentration unter den zulässigen AGW gesenkt werden.



## Beispiel 7: Installation einer abgesaugten Kabine, Herstellen von Formteilen



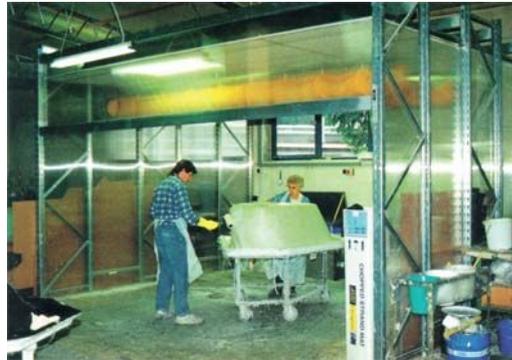
Laminierkabine  
(Handlaminieren)

Abmessungen: 5 m x 4 m x 3 m

Zuluftmenge: 2 500 m<sup>3</sup>/h

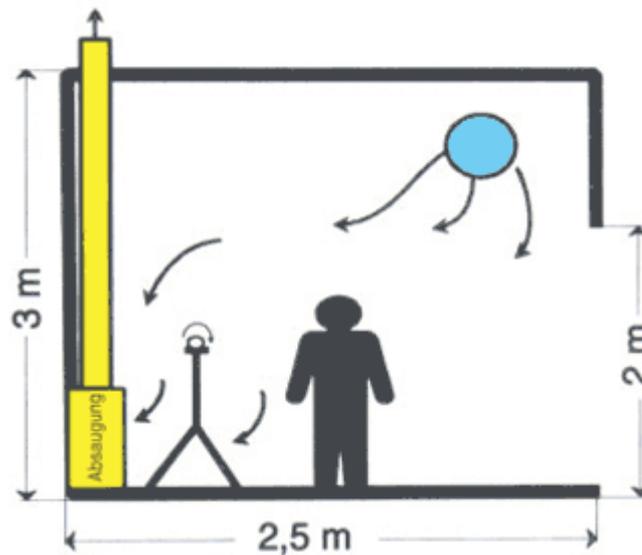
Abluftmenge: 2 700 m<sup>3</sup>/h

Luftwechsel: 45fach



In dem Betrieb werden glasfaserverstärkte Badewannen hergestellt. Durch den Bau der Laminierkabine wurde die Styrolkonzentration im Atembereich der Laminierer von 400 mg/m<sup>3</sup> auf 40 mg/m<sup>3</sup> gesenkt.

## Beispiel 8: Installation einer abgesaugten Kabine, Wickeln von dünnen Rohren



Laminierkabine

Abmessungen: 6,5 m x 4 m x 3 m

Zuluftmenge: 2 500 m<sup>3</sup>/h

Abluftmenge: 2 700 m<sup>3</sup>/h

Luftwechsel: 55fach



In der Arbeitskabinen werden Metallrohre mit Glasfasermatten umwickelt und styrolhaltiges Harz wird manuell aufgetragen. Durch die neue Arbeitskabinen wurde die Styrolbelastung des Mitarbeiters von 270 mg/m<sup>3</sup> auf 30 mg/m<sup>3</sup> reduziert.

## Anhang 2: Gefahrstoffverzeichnis (Muster)

[Firmenlogo]		Gefahrstoff-Verzeichnis (Muster)				
Unternehmen / Betrieb:	Meler Bootsbau GmbH	Erstellt / überprüft				
Arbeitsbereich:	Lager	von: Herr Jockers, Meister				
		am: 29.05.2011 <sup>3)</sup>				
Bezeichnung des Stoffes <sup>1)</sup> (Name, Produkt-Nr. etc.)	Kennzeichnung nach RL 67/548/ EWG	Kennzeichnung nach VO (EG) 1272/2008	Verwendungs- zweck / Arbeitsverfahren	durchschnittlicher Jahresbedarf	Hersteller / Liefe- rant <sup>2)</sup>	Sicherheitsdaten- blatt <sup>3)</sup> (Stand / Version)
Aceton	F, XI R 11-36-66-67	GH502 GH507 H225-H319-H336- EUH066	Lösemittel	250 l	A. C. Ton GmbH Leuna	20.1.2011
Styrolharz (50 % Styrol)	Xn R 20-36/38		Laminieren	10 000 kg	Lösemittel-Ver- triebs AG Mannheim	19.10.2010
Härter (Benzoylperoxid)	E, XI R 2-36-43	GH501 GH502 GH5 07 H241-H317-H319	Laminieren	100 kg	Spezialchemikali- en GmbH Frankfurt/M.	12/2010
Beschleuniger (Cobaltoctoat)	Xn R 22-36/37/38-43	GH507 H302-H315-H317- H319-H335	Laminieren	50 kg	Spezialchemikali- en GmbH Frankfurt/M.	3/2011

<sup>1)</sup> aus Lieferunterlagen, Sicherheitsdatenblatt usw. <sup>2)</sup> sofern nicht aktuell vorliegend, sofort vom Hersteller/Lieferanten anfordern <sup>3)</sup> regelmäßig aktualisieren

H225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
H241	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
H302	Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
H315	Verursacht Hautreizungen

H317	Kann allergische Hautreaktionen verursachen
H319	Verursacht schwere Augenreizung
H335	Kann die Atemwege reizen
H336	Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen
R 2	Entzündlich
R 11	Leichtentzündlich
R 20	Gesundheitsschädlich beim Einatmen
R 22/R 36	Reizt die Augen
R 36/37/38	Reizt die Augen, die Atmungsorgane und die Haut
R 36/38	Reizt die Augen und die Haut
R 43	Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
R 66	Wiederholter Kontakt kann zu spröder und rissiger Haut führen
...	

## Anhang 3: Betriebsanweisung (Muster)

(Firma)	<b>BETRIEBSANWEISUNGSENTWURF</b>	Nr.: Stand: 19.01.2011 Unterschrift:
<b>GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG</b>		
<b>Ungesättigte Polyesterharze, styrolhaltig 30 bis 60 % (Handlaminiern)</b>		
<b>GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT</b>		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Einatmen oder Verschlucken kann zu Gesundheitsschäden führen. Reizt Atemwege, Augen, Magen-Darm-Trakt und Haut. Vorübergehend Müdigkeit, Gleichgewichtsstörung, Konzentrationsstörungen, Übelkeit möglich. Kann Lungenfunktionsstörung, Nervenschaden verursachen.</li><li>- Gefahr durch Ansammlung explosionsfähiger Atmosphäre in Bodennähe! Bei Vorhandensein von Zündquellen erhöhte Explosionsgefahr! Erhöhte Entzündungsgefahr bei durchtränktem Material (z. B. Kleidung, Putzlappen). Reagiert mit starken Oxidationsmitteln unter heftiger Wärmeentwicklung. Polymerisiert unter heftiger Wärmeentwicklung bei Kontakt z. B. mit Säuren, Laugen, Natrium, Peroxiden und anderen Initiatoren sowie Aluminiumtrichlorid und Rost. Bei unkontrollierter Reaktion besteht Explosionsgefahr. Bildet bei Kontakt mit Luftsauerstoff Peroxide. Explosionsgefahr.</li><li>- <b>Gefährliche Reaktionen am Arbeitsplatz sind möglich mit:</b></li><li>- Eindringen in Boden, Gewässer und Kanalisation vermeiden!</li></ul>	
<b>SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN</b>		
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Bei Dämpfen oder Nebeln Absaugung schon lange vor Arbeitsbeginn einschalten und in ihrem Wirkungsbereich arbeiten. Abzugsfilter regelmäßig auswechseln. Gefäße nicht offen stehen lassen! Nach jeder Entnahme Vorratsbehälter wieder dicht verschließen! Beim Ab-/Umfüllen/Mischen - Verspritzen vermeiden. Reaktionsfähige Stoffe fern halten bzw. nur kontrolliert zugeben. Räumliche Trennung sowie Kennzeichnung der Arbeitsplätze - Aufenthalt nur soweit notwendig. Mit dem Harzauftrag in der Nähe der Absaugung beginnen und von dort windaufwärts arbeiten. Arbeitsgeräte wie Lammfellrollen, Pinsel, Spachtel und Gefäße in verschließbaren Wannen mit Absaugung oder in Ultraschall-Waschanlagen reinigen. Arbeitsgeräte einsetzen, die Hautkontakt verhindern oder verringern.</li><li>- Von Zündquellen fern halten (z. B. nicht Rauchen, keine offenen Flammen, Erden)! Bei Unterschreitung des Flammpunktes der Produkte um 5 Kelvin entsteht mit Luft keine explosionsfähige Atmosphäre. Den offenen Umgang bei Temperaturen, die diese Grenze unterschreiten, vermeiden. Feuerarbeiten nur mit schriftlicher Erlaubnis.</li><li>- Nicht Essen, Trinken, Rauchen oder Schnupfen. Berührung mit Augen, Haut und Kleidung vermeiden! Einatmen von Dämpfen und Aerosolen vermeiden! Nach Arbeitsende und vor jeder Pause Hände und andere verschmutzte Körperstellen gründlich reinigen. Achtung! Auf keinen Fall Lösemittel, wie z. B. Dichlormethan (Methylenchlorid) und Aceton zur Hautreinigung einsetzen. Hautpflegemittel verwenden! Produktreste sofort von der Haut entfernen, Haut schonend reinigen und sorgfältig abtrocknen. Abwaschen, nicht eintrocknen lassen. Keinen Arm- oder Handschmuck tragen. Straßenkleidung getrennt von Arbeitskleidung aufbewahren! Verschmutzte und durchtränkte Arbeitskleidung sofort wechseln. Separate Putzlappen und Reinigungstücher für Haut und Maschinen oder Geräte verwenden.</li><li>- Beschäftigungsbeschränkungen beachten!</li></ul> <p><b>Vorratsmenge am Arbeitsplatz:</b></p> <p><b>Augenschutz:</b> Bei Überwachungstätigkeit: Gestellbrille mit Seitenschutz! Bei Spritzgefahr: Korbbrille!</p> <p><b>Handschutz:</b> Handschuhe aus Fluorkautschuk. Beim Tragen von Schutzhandschuhen sind Baumwollunterziehhandschuhe empfehlenswert! Für kurzzeitige Anwendungen sind auch Handschuhe aus PVC geeignet, für längere Anwendungen auch aus Polyvinylalkohol. Bei Fluorkautschuk ist die Durchbruchzeit größer/gleich 8 Stunden. Tragezeiten von Schutzhandschuhen beachten! Bei längerfristigem Tragen von Schutzhandschuhen: spezielle Hautschutzmittel vor der Arbeit verwenden.</p> <p><b>Atemschutz:</b> Gasfilter A___ (braun)</p>	
  		

VERHALTEN IM GEFÄHRFALL		Ruf Feuerwehr 112
	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gefahrenbereich räumen und absperren, Vorgesetzten informieren.</li><li>- Bei der Beseitigung von ausgelaufenem/verschüttetem Produkt immer Schutzbrille, Handschuhe sowie bei größeren Mengen Atemschutz tragen. Mit saugfähigem Material (z. B. Kieselgur, Universalbinder, Perlit, Zement, Sand) aufnehmen und entsorgen! Kleine Mengen von ausgelaufenem Harz können auch durch vorsichtige Zugabe von Härtern oder Beschleunigern zu ausgehärtetem Kunststoff umgesetzt werden.</li><li>- Produkt ist brennbar. Entstehungsbrand: Tragbaren Feuerlöscher einsetzen. Nicht verwenden: Wasser im Vollstrahl! Achtung! Gefahr der Polymerisation mit heftiger Wärmeentwicklung und Explosionsgefahr. Berst- und Explosionsgefahr bei Erwärmung! Bei Brand in der Umgebung Behälter mit Sprühwasser kühlen! Bei Brand entstehen gefährliche Dämpfe (z. B. Kohlenmonoxid, Kohlendioxid)!</li><li>- Alarm-, Flucht- und Rettungspläne beachten, Feuerwehr alarmieren.</li></ul> <p>Zuständiger Arzt: Unfalltelefon:</p>	
ERSTE HILFE		Notruf 112
	<p><b>Bei jeder Erste-Hilfe-Maßnahme:</b> Auf Selbstschutz achten, ärztliche Behandlung. Lebensrettende Sofortmaßnahmen, wie ‚Stabile Seitenlage‘, ‚Herz-Lungen-Wiederbelebung‘, ‚Schockbekämpfung‘ müssen situationsabhängig durchgeführt werden. Wunden keimfrei bedecken. Für Körpertemperatur sorgen, vor Wärmeverlust schützen.</p> <p><b>Nach Augenkontakt:</b> Sofort unter Schutz des unverletzten Auges ausgiebig (ca. 10 Minuten) bei geöffneten Lidern mit Wasser spülen.</p> <p><b>Nach Hautkontakt:</b> Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen. Haut mit viel Wasser, ggf. mit PEG 400 spülen.</p> <p><b>Nach Einatmen:</b> Verletzten aus dem Gefahrenbereich bringen. Frischluftzufuhr durch Einatmen von frischer Luft oder Beatmung. Beatmungshilfen benutzen (Selbstschutz). Sofort, auch bei fehlenden Krankheitszeichen, ein Dosieraerosol (inhalatives Steroid), einatmen lassen. Dosierung, Art der Anwendung und weitere Behandlung nach betriebsärztlicher Anordnung!</p> <p><b>Nach Verschlucken:</b> Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes. Wasser in kleinen Schlucken trinken lassen.</p> <p>Ersthelfer:</p>	
SACHGERECHTE ENTSORGUNG		
	<p>Durchtränkte Putztücher nur in speziellen widerstandsfähigen Behältern, die dicht verschlossen sind, sammeln. Nicht in Abguss oder Mülltonne schütten! Großvolumige Abfälle staubarm zerkleinern.</p> <p>Ausgehärtete Kunststoffabfälle sammeln in:</p> <p>Verpackungen mit ausgehärteten Restinhalten:</p> <p>Stoff/Produkt-Abfälle zur Entsorgung sammeln in:</p> <p>Verpackungen mit Restinhalten:</p> <p>Verunreinigtes Aufsaugmaterial und Putzlappen sammeln in:</p>	

## Anhang 4: Explosionsschutz-Dokument (Muster)

<b>Explosionsschutz-Dokument nach § 6 BetrSichV</b>		Datum:
<b>Anlage:</b> Lösemittelager im Raum mit Umfüllen	Notfall-Telefon:	112
<b>Gebäude/Raum:</b> Lösemittelager		
(z. B. Verweis auf Lageplan, Gebäudeplan, Aufstellungsplan, Flucht- und Rettungsplan)		
<b>Arbeitsschritte bzw. Tätigkeiten</b>		
Kurze Verfahrensbeschreibung: Ein- und Auslagern von Fässern, Hobbocks, Kannen und Kanistern mittels Gabelstapler, Abfüllen von größeren in kleinere Behälter, Raumlüftung vorhanden		
(Parameter wie Druck, Temperatur, Durchsatz sollten enthalten sein, ggf. Verweis auf Verfahrensfließbild, R/I-Schema)		
<b>Besondere Betriebszustände:</b>		
Da im Lager immer Personal anwesend ist, werden eventuell auftretende Leckagen sofort bemerkt und umgehend beseitigt.		
(z. B. An- und Abfahrprozesse, Reinigungsarbeiten, Störungsbeseitigung)		
<b>Stoffe, durch die explosionsfähige Atmosphäre<sup>(1)</sup> entstehen kann, deren sicherheitstechnische Kenndaten<sup>(2)</sup></b>		
<b>Flüssigkeit:</b> hoch- und leichtentzündliche Flüssigkeiten	Flammpunkt: untere/obere Ex-Grenze: Dampfdruck (bei 20 °C): Zündtemperatur:	< 21°C 1–15Vol%  250–560°C
		Explosionsgruppe: IIA/ IIB
<b>Beurteilung der Explosionsgefahr<sup>(3)</sup></b> 		
<b>Nr.</b>	<b>Anlagenbereich / Anlagenteil</b>	<b>Ex-Zonen (Ausdehnung / Höhe)</b>
1	Inneres der Fässer und Behälter	Zone 0 <input checked="" type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2 <input type="checkbox"/>
2	Bereich, in dem abgefüllt wird	Zone 0 <input type="checkbox"/> Zone 1 <input checked="" type="checkbox"/> Zone 2 <input type="checkbox"/> 1 m um Abfüllstelle
3	Bereich, in dem abgefüllt wird	Zone 0 <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2 <input checked="" type="checkbox"/> übriger Bereich
<b>Ex-Zonenplan<sup>(4)</sup>:</b>		
(als Anlage zum Ex-Schutz-Dokument oder Verweis auf den Ex-Zonenplan)		

Explosionsschutz-Maßnahmen <sup>(5)</sup>			
Nr.	Anlagenbereich / Anlagenteil	gewähltes Schutzprinzip <sup>(6)</sup>	
1	Fassinneres	<input type="checkbox"/> Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre (keine Zone) <input checked="" type="checkbox"/> Vermeiden wirksamer Zündquellen <input type="checkbox"/> Konstruktiver Explosionsschutz	
	<b>Zone</b> <b>Maßnahmen</b>		
	0	Verwendung von ex-geschützten Fasspumpen	
2	Bereich, in dem abgefüllt wird	<input type="checkbox"/> Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre (keine Zone) <input checked="" type="checkbox"/> Vermeiden wirksamer Zündquellen <input type="checkbox"/> Konstruktiver Explosionsschutz	
	<b>Zone</b> <b>Maßnahmen</b>		
	1	- Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten - Einsatz eines ex-geschützten Gabelstaplers - Erdung der Anlage über Erdungskabel (Verbindung mittels Erdungsklemme) - technische Lüftung wird automatisch beim Betreten des Lagers aktiviert - temporäres Nachlaufen der Lüftung nach Beendigung der Arbeiten ist gegeben - Tragen elektrostatisch ableitender Schutzschuhe - leitfähiger Fußboden nach BGR 132	
	2	- Betrieb von elektrischen und nichtelektrischen Betriebsmitteln nach EXVO Kategorie 3G	
Organisatorische Maßnahmen		Erläuterung / Dokument	zuständig
Kennzeichnung Ex-Bereiche:		Kennzeichnung des Lagers	Meister : Ludwig
Betriebsanweisung:		Betriebsanleitung für das Ein- und Auslagern sowie Abfüllen	Meister: Ludwig
Unterweisung:		Mindestens jährlich nach Betriebsanweisung	Meister: Ludwig
Kontrollgänge:		Täglich zum Schichtbeginn	Vorarbeiter/ Schicht
Festlegung / Überwachung von Prüfungen:		Beauftragung von Fachbetrieben	Meister: Ludwig
Freigaben für gefährliche Tätigkeiten:		Freigabeschein für Feuerarbeiten im Lager, nur wenn die erforderlichen Maßnahmen getroffen sind	Meister: Ludwig
Aktuell halten des Ex-Schutzdokuments <sup>(7)</sup> :		z.B. bei Veränderung der eingesetzten Lösemittel oder bei Änderungen an der Anlage (Überprüfung nach 3 Jahren)	Meister: Ludwig
Anlagen zum Ex-Schutz-Dokument			
<input type="checkbox"/> Pläne (z.B. Lageplan, Aufstellungsplan): <input type="checkbox"/> Verfahrensfließbild, R/I-Schema: <input checked="" type="checkbox"/> Sicherheitsdatenblätter/Gefahrstoff-Verzeichnis: vom 14.02.2011/ Stand 27.03.2011 Meisterbüro <input type="checkbox"/> Ex-Zonen-Plan: siehe Zeichnung oben <input type="checkbox"/> EG-Baumusterprüfbescheinigungen (Geräte, Arbeitsmittel): siehe Geräteunterlagen/Meisterbüro <input type="checkbox"/> Sonstiges:			
Betriebsverantwortlicher: Meister Ludwig		Unterschrift:	

### Erläuterungen zum Explosionsschutz-Dokument

1. Explosionsfähige Atmosphäre ist ein Gemisch aus Luft mit brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Zündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.
2. Je nach Fall sind nicht alle der aufgeführten Kenndaten zur Beurteilung erforderlich. Die sicherheitstechnischen Kenndaten können entnommen werden aus:

- Sicherheitsdatenblättern/Angaben des Herstellers
  - Datenbanken (z. B. GESTIS, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung)
  - Tabellenwerken (z. B. „Sicherheitstechnische Kenngrößen, Band 1, Brennbare Flüssigkeiten und Gase“, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für Wissenschaft)
3. Als Grundlage für die Zoneneinteilung können die „Explosionsschutz-Regeln“ (EX-RL, BGR 104) mit deren Beispielsammlung herangezogen werden. Es sind der Normalbetrieb, aber auch An- und Abfahrprozesse, Reinigungsarbeiten, Betriebsstörungen usw. zu betrachten. Im Ex-Schutz-Dokument sollte die Grundlage für die gewählte Zoneneinteilung erwähnt werden (z. B. Beispielsammlung EX-RL Nr. ...).
  4. Aus dem Ex-Zonenplan sollen die für die einzelnen Bereiche (z. B. Inneres von Behältern, Umgebung) festgelegten Zonen hervorgehen. Eine grafische Darstellung, z. B. in einem Gebäude- oder Apparateplan, ist sinnvoll.
  5. Die Explosionsschutz-Maßnahmen sind in der TRBS 2152 Teil 2 und den Kapiteln E2 bis E5 der EX-RL beschrieben.
  6. Beispiele für Maßnahmen zum gewählten Schutzprinzip:
    - a. Verhindern explosionsfähiger Atmosphäre, z. B.
      - Menge so begrenzen, dass untere Ex-Grenze stets sicher unterschritten ist
      - Brennbare Flüssigkeiten/Gemische dauerhaft sicher 15 Grad unter deren Flammpunkt
      - ausreichende Lüftung, ggf. mit Konzentrationsüberwachung (z. B. Gaswarngerät)
      - technisch überwachte Inertisierung
    - b. Vermeiden aller denkbaren wirksamen Zündquellen entsprechend der Zone, z. B.
      - Auswahl geeigneter elektrischer Geräte mit einer für die Zone geeigneten Kategorie
      - Vermeidung heißer Oberflächen, offener Flammen und mechanischer Funken
      - Erdung
    - c. Konstruktiver Explosionsschutz, z. B.
      - Explosionsfeste Bauweise
      - Druckentlastung
      - Explosionsunterdrückung(jeweils kombiniert mit explosionstechnischer Entkoppelung)
  7. Um das Ex-Schutz-Dokument aktuell zu halten, sollten sinnvoller Weise die Anlässe zur Bearbeitung festgeschrieben werden. Wichtig ist die Beurteilung, welche Veränderungen eine Neubewertung des dokumentierten Schutzkonzepts erforderlich machen.

## Anhang 5: Literaturverzeichnis

**Verbindliche Rechtsnormen** sind Gesetze, Verordnungen und der Normtext von Unfallverhütungsvorschriften. Abweichungen sind nur mit einer Genehmigung der zuständigen Behörde bzw. des zuständigen Unfallversicherungsträgers (z. B. Berufsgenossenschaft) erlaubt. Voraussetzung für die Erteilung einer Ausnahmegenehmigung ist, dass die Ersatzmaßnahme ein mindestens ebenso hohes Sicherheitsniveau gewährleistet.

**Keine verbindlichen Rechtsnormen** sind Technische Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften, BG-Regeln, BG-Informationen, Merkblätter, DIN-/VDE-Normen. Sie gelten als wichtige Bewertungsmaßstäbe und Regeln der Technik, von denen abgewichen werden kann, wenn die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

### **Fundstellen im Internet**

Schriften der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorschriften und Regelwerkes (rund 1 750 Titel) sind im Kompendium Arbeitsschutz der BG RCI verfügbar. Die Nutzung des Kompendiums im Internet ist kostenpflichtig. Ein kostenfreier, zeitlich begrenzter Probezugang wird angeboten. Weitere Informationen unter [www.kompendium-as.de](http://www.kompendium-as.de).

Zahlreiche aktuelle Informationen bietet die Homepage der BG RCI unter [www.bgrci.de](http://www.bgrci.de).

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI sowie Bestellung siehe [www.bgrci.de](http://www.bgrci.de) → Prävention → Medien → Medienshop.

Ausgewählte Anhänge und Vordrucke aus Merkblättern und BG-Regeln sowie ergänzende Arbeitshilfen werden im Downloadcenter Prävention unter [www.bgrci.de/downloadcenter](http://www.bgrci.de/downloadcenter) zur Verfügung gestellt.

Aktuelle Unfallverhütungsvorschriften, BG-Regeln, BG-Grundsätze und viele BG-Informationen sowie die Texte zurückgezogener Unfallverhütungsvorschriften und weiterhin gültiger ZH 1-Schriften sind in der BGVR-Online-Datenbank auf der Homepage der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de) zu finden.

Nachstehend sind die im Zusammenhang mit diesem Merkblatt insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und andere Schriften zusammengestellt.

## **1. Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften**

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln; Volltext unter <http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>

- (1) Richtlinie 67/548/EWG vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe mit Anpassungs- und Änderungsrichtlinien  
  
Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. Mai 1999 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen mit Anpassungsrichtlinie  
  
Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Zubereitungen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006
- (2) Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
- (3) Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Druckgeräte
- (4) Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG

## 2. Gesetze/Verordnungen

Bezugsquellen: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln, [www.arbeitssicherheit.de](http://www.arbeitssicherheit.de)  
Freier Download unter [www.gesetze-im-internet.de](http://www.gesetze-im-internet.de) (Gesetze und Verordnungen) bzw. [www.baua.de](http://www.baua.de) (Technische Regeln)

- (5) Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)
- (6) Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- (7) Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) mit Arbeitsstätten-Richtlinien (ASR), insbesondere:
- (8) ASR 5: Lüftung
- (9) ASR 13/1,2: Feuerlöscheinrichtungen
- (10) Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere
- (11) TRBS 2152: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Allgemeines  
TRBS 2152-Teil 1: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Beurteilung der Explosionsgefährdung
- (12) TRBS 2152-Teil 2: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- (13) TRBS 2152-Teil 3: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre
- (14) Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG)
- (15) Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere:
- (16) TRGS 200: Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen
- (17) TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung von Abfällen zur Beseitigung beim Umgang (zurzeit in Überarbeitung)
- (18) TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
- (19) TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen
- (20) TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition

- (21) TRGS 420: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung
- (22) TRGS 500: Schutzmaßnahmen
- (23) TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
- (24) TRGS 555: Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
- (25) TRGS 600: Substitution
- (26) TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- (27) TRGS 903: Biologische Grenzwerte
- (28) TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe
- (29) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) mit hierzu erlassenen Verordnungen, insbesondere
- (30) 12. BImSchV: Störfall-Verordnung
- (31) 31. BImSchV: Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
- (32) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- (33) Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)
- (34) Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte (Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – GPSG) mit hierzu erlassenen Verordnungen, insbesondere:
- (35) 8. GPSGV: Verordnung über das Inverkehrbringen von persönlichen Schutzausrüstungen
- (36) Gesetz zum Schutze der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- (37) Verordnung zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV)
- (38) Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)
- (39) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), mit zugehörigen Verordnungen
- (40) Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe – VwVwS), [www.umweltbundesamt.de/wgs](http://www.umweltbundesamt.de/wgs)

- (41) Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBefG) und seine Verordnungen
- (42) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV)
- (43) Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW/AbfG)

### 3. Unfallverhütungsvorschriften

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, [www.jedermann.de](http://www.jedermann.de) und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, [www.bgrci.de/medienshop](http://www.bgrci.de/medienshop)

- (44) BGV A 1: Grundsätze der Prävention
- (45) BGV A 4 Arbeitsmedizinische Vorsorge
- (46) BGV A 8: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz

### 4. Berufsgenossenschaftliche Regeln, Grundsätze, Merkblätter

Bezugsquelle: E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag GmbH, Niederlassung Rhein-Neckar, Roßlauer Weg 5, 68309 Mannheim und Max Dorn Presse GmbH & Co. KG, Georg-Kerschensteiner- Straße 6, 63179 Obertshausen  
Freier Download unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de)

- (47) BGR 104: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) mit Beispielsammlung

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, [www.jedermann.de](http://www.jedermann.de) und Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69021 Heidelberg, [www.bgrci.de/medienshop](http://www.bgrci.de/medienshop)

*Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) bei der BG RCI und beim Jedermann-Verlag in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen.*

- (48) BGR 117-1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- (49) Sicheres Arbeiten in Laboratorien (BGI/GUV-I 850-0)
- (50) Merkblatt A 002: Gefahrgutbeauftragte (BGI 824)
- (51) Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- (52) Merkblatt A 009: Zusammenarbeit im Betrieb, Sicherheitstechnisches Koordinieren

- (53) Merkblatt A 010: Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (BGI 566)
- (54) Merkblatt A 013: Beförderung gefährlicher Güter (BGI 671)
- (55) Merkblatt A 014: Gefahrgutbeförderung im Pkw (BGI 744)
- (56) Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Durchführung – Wie? Warum? Wer? (BGI 570)
- (57) Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog (BGI 571)
- (58) Merkblatt A 023: Hand- und Hautschutz (BGI 540)
- (59) Merkblatt A 026: Unterweisung – Gefährdungsorientierte Handlungshilfe (BGI 8697)
- (60) Merkblatt M 017: Lösemittel (BGI 621)
- (61) Merkblatt M 021: Fluorhaltige Halogenkohlenwasserstoffe (BGI 648)
- (62) Merkblatt M 040: Chlorkohlenwasserstoffe (BGI 767)
- (63) Merkblatt M 043: Kaltreiniger (BGI 880)
- (64) Merkblatt M 060: Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun? (BGI 5150)
- (65) Merkblatt T 002: Schlauchleitungen – Sicherer Einsatz (BGI 572)
- (66) Merkblatt T 015: Eisenbahnkesselwagen für Flüssigkeiten – Befüllen und Entleeren (BGI 592)
- (67) Merkblatt T 025: Umfüllen von Flüssigkeiten (BGI 623)
- (68) Merkblatt T 026: Probenahme – Flüssigkeiten (BGI 640)
- (69) Merkblatt T 033: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (BGI 5127)
- (70) Merkblatt T 048: Vorbeugender Brandschutz

Bezugsquelle: Max Dorn Presse GmbH & Co. KG, Georg-Kerschensteiner-Straße 6, 63179 Obertshausen,  
[www.maxdornpresse.de](http://www.maxdornpresse.de)  
Freier Download unter [publikationen.dguv.de](http://publikationen.dguv.de)

- (71) BGR 121: Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- (72) BGR 133: Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern
- (73) BGR 134: Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit „Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen“

- (74) BGR 180: Richtlinien für Einrichtungen zum Reinigen von Werkstücken mit Lösemitteln
- (75) BGR 189: Benutzung von Schutzkleidung
- (76) BGR 190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- (77) BGR 192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- (78) BGR 195: Benutzung von Schutzhandschuhen
- (79) BGR 197: Benutzung von Hautschutz
- (80) BGR 500: Betreiben von Arbeitsmitteln; nicht in Schriftform erhältlich, freier Download unter publikationen.dguv.de
- (81) BGI 509: Erste Hilfe im Betrieb
- (82) BGI 510: Aushang: Erste Hilfe
- (83) BGI 527: Sicherheit durch Unterweisung
- (84) BGI 560: Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz
- (85) BGI 5121: Arbeitsplatzlüftung Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis

## **5. Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen**

Bezugsquelle: Buchhandel und A. W. Gentner Verlag, Postfach 10 17 42, 70015 Stuttgart, [www.gentnerverlag.de](http://www.gentnerverlag.de)

- (86) DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, 5. Auflage (ISBN 978-3-87247-733-0), insbesondere:
  - G 24: Hauterkrankungen
  - G 26: Atemschutzgeräte
  - G 45: Styrol

## **6. Normen**

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, [www.din.de/beuth](http://www.din.de/beuth)

- (88) DIN 2403: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff
- (89) DIN EN 60079-14: Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen
- (90) VDI 2262: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe

- (91) VDI 2280: Ableitbedingungen für organische Lösemittel
- (92) VDI 3802: Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten

## 7. Andere Schriften und Medien

Bezugsquelle: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, [www.bgrci.de](http://www.bgrci.de)

- (93) Toxikologische Bewertungen der damaligen BG Chemie im Rahmen ihres „Programms zur Verhütung von Gesundheitsschädigungen durch Arbeitsstoffe“ (auch in englischer Sprache), [www.bgchemie.de/toxikologischebewertungen](http://www.bgchemie.de/toxikologischebewertungen)

Bezugsquelle: Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, [www.jedermann.de](http://www.jedermann.de)

- (94) Kompendium Arbeitsschutz als online-Datenbank oder CD-ROM (beides kostenpflichtig): Vorschriften und Regelwerk, Symbolbibliothek, Programm zur Durchführung und Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung (GefDok und GefDok light). Ein kostenloser 14-tägiger Testzugang ist möglich
- (95) Gefährdungsbeurteilung – Arbeitshilfen
- (96) Wegweiser Sicherheit und Gesundheitsschutz.

Bezugsquelle: Buchhandel

- (97) Müller, Arenz: „Sichere Lagerung gefährlicher Stoffe“, ISBN 978-3-609-65221-4
- (98) Wirth, Gloxhuber: „Toxikologie“, ISBN 3-13-421105-9
- (99) Ludewig, Lohs: „Akute Vergiftungen: Ratgeber für toxikologische Notfälle“, ISBN 3-334-00095-8
- (100) Braun, Dönhardt: „Vergiftungsregister“, ISBN 3-13-4614030
- (101) Kühn, Birett: Merkblätter „Gefährliche Arbeitsstoffe“, ISBN 978-3-609-73000-4
- (102) Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, ISBN 3-527-30385-5 (Druckfassung) und ISBN 3-527-31097-5 (elektronische Fassung)
- (103) Greim (Hrsg): „Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe – Luftanalysen“, ISBN 3-527-30821-0
- (104) Kompendium Explosionsschutz, ISBN 978-3-452-25836-6
- (105) Lexikon Explosionsschutz, ISBN 978-3-452-26037-6
- (106) International Labour Office: Encyclopedia of Occupational Health and Safety, ISBN 92-2-103289-2

- (107) Brandes, Möller: „Sicherheitstechnische Kenngrößen, Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase“, ISBN 3-89701-745-8
- (108) „AVK-Handbuch“, 2004, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V., Frankfurt a. M., [www.avk-tv.de](http://www.avk-tv.de)
- (109) „Styrene Criteria Document“, 1995, ISSN-0773-8072-9, [www.ecetoc.org](http://www.ecetoc.org)
- (110) 2009 TLVs and BEIs, ISBN: 978-1-882417-95-7
- (111) AUER-Technikum
- (112) Hommel: „Handbuch der gefährlichen Güter“, ISBN 978-3-540-29532-7

Bezugsquelle: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), 53754 Sankt Augustin; [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa)

- (113) BGIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ (auch unter [www.dguv.de/ifa/de/pub/mappe](http://www.dguv.de/ifa/de/pub/mappe)), Blatt 8635, [www.ifa-arbeitsmappedigital.de](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de)
- (114) IFA-Handbuch „Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz“, Lfg. 2/10, VI/2010, Nr. 120225 „Umgang mit Styrol – Sachstandbericht“, ISBN 978-3-503-07417-4, [www.ifa-handbuchdigital.de](http://www.ifa-handbuchdigital.de)

Bezugsquelle: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund; [www.baua.de](http://www.baua.de)

- (115) Empfohlene Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen – Dokumentation 2008, ISBN: 978-3-86509-771-2, Wirtschaftsverlag NW, Bürgermeister-Smidt-Straße 74–76, 27568 Bremerhaven, [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)
- (116) Auffahrt, Häger: „Lösemittel am Arbeitsplatz – Ein Meßverfahren für die Praxis“ 1990, zur Zeit vergriffen, Wirtschaftsverlag NW, Bürgermeister-Smidt-Straße 74–76, 27568 Bremerhaven, [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)
- (117) Verarbeitung von Styrol – Situationsbericht 1991, zur Zeit vergriffen, Wirtschaftsverlag NW, Bürgermeister-Smidt-Straße 74–76, 27568 Bremerhaven, [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

## 8. Datenbanken und Informationen im Internet

- (118) GisChem: Stoffdatenbank der BG RCI: [www.gischem.de](http://www.gischem.de)
- (119) GHS-Konverter der BG RCI: [www.gischem.de/ghs](http://www.gischem.de/ghs)
- (120) Gefahrstoffportal der BG RCI: [www.gefahrstoffwissen.de](http://www.gefahrstoffwissen.de)
- (121) GESTIS-Stoffdatenbank: [www.dguv.de/bgia/de/gestis](http://www.dguv.de/bgia/de/gestis), Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
- (122) GISBAU Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU [www.gisbau.de](http://www.gisbau.de)

- (123) Datenbank für Betriebsanweisungen der BG Bau [www.wingis-online.de](http://www.wingis-online.de)
- (124) CHEMSAFE-Datenbank bewerteter sicherheitstechnischer Kenngrößen für den Brand- und Explosionsschutz der Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung und DECHEMA, [www.dechema.de/chemsafe](http://www.dechema.de/chemsafe)
- (125) Umweltfirmen-Datenbank der Industrie- und Handelskammern: [www.umfis.de](http://www.umfis.de)
- (126) Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall: [www.laga-online.de](http://www.laga-online.de)
- (127) Deutscher Akkreditierungsrat: [www.dar.bam.de/ast/list.html](http://www.dar.bam.de/ast/list.html)
- (128) Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V. (BUA), Gyrenkampstr. 5, 45239 Essen, [www.bua-verband.de/gefahrstoffmessstellen.html](http://www.bua-verband.de/gefahrstoffmessstellen.html)
- (129) Bundesverband Handschutz e. V., Skagerrakstraße 72, 46149 Oberhausen, [www.bvh.de](http://www.bvh.de)
- (130) BGIA-Report 3/2001 „Berechnungsverfahren und Modellbildung in der Arbeitsbereichsanalyse“, [http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/pdf/rep01/biar0301/rep3\\_01.pdf](http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/pdf/rep01/biar0301/rep3_01.pdf)
- (131) BGIA-Report 4/2006 „Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Styrol“ [www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep05/bgia0406](http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep05/bgia0406)
- (132) HSE [www.hsl.gov.uk/pubns/mdhs/pdfs/mdhs88.pdf](http://www.hsl.gov.uk/pubns/mdhs/pdfs/mdhs88.pdf)
- (133) OSHA [www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc\\_s.html](http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc_s.html)
- (134) PlasticsEurope Deutschland e. V., Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt am Main, [www.plasticseurope.de](http://www.plasticseurope.de)
- (135) AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V., Am Hauptbahnhof 10, 60329 Frankfurt am Main, [www.avk-tv.de](http://www.avk-tv.de)
- (136) BG Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Gustav-Heinemann-Ufer 130, 50968 Köln, [www.bgetem.de](http://www.bgetem.de)
- (137) Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG), [baua.de/de/Themen-von-A-Z/ Gefahrstoffe/EMKG/EMKG](http://baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG)
- (138) Förderpreis Arbeit – Sicherheit – Gesundheit der BG RCI [www.bgrci-foerderpreis.de](http://www.bgrci-foerderpreis.de), Informationen zum vorgestellten Verfahren unter: [www.bgrci-foerderpreis.de/2011\\_preistraeger/09\\_chemie.asp](http://www.bgrci-foerderpreis.de/2011_preistraeger/09_chemie.asp)

#### Bildnachweis

Die im Merkblatt verwendeten Bilder dienen nur der Veranschaulichung. Eine Produktempfehlung seitens der BG RCI wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

#### Abbildungen/Tabellen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von

Titelbild:  
BASF SE

67056 Ludwigshafen

Abbildungen 3, 4, 6–9:  
Imtech Deutschland GmbH & Co. KG  
Hammer Straße 32  
22041 Hamburg

Abbildungen 10–13:  
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)  
Alte Heerstraße 111  
53757 Sankt Augustin

**Dieses Merkblatt können Sie beziehen unter**  
**[www.bgrci.de](http://www.bgrci.de)** → Prävention → Medien → Medienshop  
**Haben Sie zu diesem Merkblatt Fragen, Anregungen, Kritik?**  
Dann nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

- Schriftlich:  
Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie  
Prävention, Wissens- und Informationsmanagement  
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg
- Kontaktformular im Internet:  
[www.bgrci.de/kontakt-schriften](http://www.bgrci.de/kontakt-schriften)
- E-Mail: [praevention@bgrci.de](mailto:praevention@bgrci.de)