

213-081

DGUV Information 213-081



Styrol

Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze
und anderer styrolhaltiger Gemische

Impressum

Herausgegeben von:

Berufsgenossenschaft Rohstoffe
und chemische Industrie
Postfach 10 14 80
69004 Heidelberg
Kurfürsten-Anlage 62
69115 Heidelberg
E-Mail: praeventionsprodukte@bgrci.de
Internet: www.bgrci.de

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet „Kunststoffindustrie“
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV

Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher
Genehmigung der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Inhalt

Seite

1 Anwendungsbereich	6
2 Styrol und faserverstärkte Kunststoffe	7
3 Physikalische und chemische Eigenschaften gängiger Inhalts-, Zusatz- und Hilfsstoffe	8
3.1 Styrol	8
3.2 Ungesättigte Polyesterharze	8
3.3 Inhalts- und Zusatzstoffe bei der Verarbeitung	9
3.3.1 Weitere Einsatzstoffe	9
4 Anwendung	12
4.1 Faserverbundkunststoff (FVK), Verstärkungsfasern	12
4.2 Verarbeitung	12
5 Gesundheitsgefahren	14
5.1 Toxikologie von Styrol	14
5.1.1 Aufnahme und Wirkungsweise	14
5.1.2 Akute Gesundheitsgefahren	14
5.1.3 Chronische Gesundheitsgefahren	14
5.2 Gesundheitsgefahren durch Faserstäube	15
5.2.1 Textilglasfasern	16
5.2.2 Carbonfasern	16
6 Gefährdungsbeurteilung	18
6.1 Allgemeine Anforderungen	18
6.2 Arbeitshilfen	19
6.3 Informationsermittlung zu Stoffen und Gemischen	20
6.3.1 Stoffe und Gemische erfassen	20
6.3.2 Gefahrstoffverzeichnis führen	20
6.3.3 Informationsquellen	21
6.4 Substitutionsprüfung	21
6.5 Beurteilung der Gefährdungen	22
6.5.1 Inhalative und dermale Gefährdung	22
6.5.2 Physikalisch chemische Wirkungen	22
6.6 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen	22
6.7 Wirksamkeitskontrolle und Dokumentation	24
7 Arbeitsplatzüberwachung/Expositionsermittlung	25
7.1 Beurteilung der inhalativen Gefährdung gemäß TRGS 402	25
7.1.1 Bestimmung der Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz	25
7.1.2 Expositionsabschätzung anhand vergleichbarer Anlagen und Tätigkeiten	26
7.1.3 Ermittlung mittels zuverlässiger Berechnungen	26
8 Substitution	27
8.1 Einsatz emissionsgeminderter Harze	27
8.2 Geschlossene Verarbeitungsverfahren	27
9 Technische Schutzmaßnahmen	29
9.1 Anlagen und Verfahren	29

9.2	Arbeits- und Lagerräume	29
9.3	Bereitstellung, Lagerung und Transport	30
9.4	Werkstoffe	30
9.5	Reinigung	30
9.6	Abfall	31
9.7	Abwasser	32
9.8	Abluft	32
9.9	Lufttechnische Maßnahmen	33
9.9.1	Erfassung	33
9.9.2	Raumlüftung	35
9.9.3	Arbeitsorganisation	37
9.9.4	Abluftreinigung/Abscheidung	37
9.10	Explosions- und Brandschutz	38
9.10.1	Beurteilung der Explosionsgefährdungen	38
9.10.2	Schutzmaßnahmen bei gefährlichen explosionsfähigen Gemischen	39
9.10.3	Schutzmaßnahmen gegen Brandgefahren	41
9.11	Baustellenbetrieb	42
10	Organisatorische Schutzmaßnahmen	43
10.1	Information der Beschäftigten	43
10.2	Instandhaltung	43
10.3	Fremdfirmen-Koordination	44
10.4	Arbeiten in Behältern, Tanks und engen Räumen	45
10.5	Innerbetriebliche Kennzeichnung und Sicherheitskennzeichnung	45
10.6	Vermeidung von Emissionsquellen	46
10.7	Hygiene	46
10.8	Arbeitsmedizinische Vorsorge	47
10.8.1	Pflichtvorsorge	48
10.8.2	Angebotsvorsorge	48
10.8.3	Wunschvorsorge	49
10.8.4	Biomonitoring	49
11	Persönliche Schutzmaßnahmen	50
11.1	Atemschutz	50
11.2	Augen- und Gesichtsschutz	51
11.3	Körperschutz	51
12	Erste Hilfe	53
12.1	Allgemeines	53
12.2	Augen	53
12.3	Atmungsorgane	53
12.4	Haut	54
12.5	Verschlucken	54
Anhang 1: Kenndaten von Styrol		55
Anhang 2: Kenndaten weiterer ausgewählter Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe und Prozesshilfsmittel bei der Verarbeitung von UP- Harzen		58
Anhang 3: Beispielsammlung		65
Literaturverzeichnis		78
Bildnachweis		84

Die vorliegende Schrift konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Sie nennt deswegen nicht alle im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen der Schrift können sich darüber hinaus der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben.

Diese Schrift wurde sorgfältig erstellt. Dies befreit nicht von der Pflicht und Verantwortung, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit selbst zu überprüfen.

Das Arbeitsschutzgesetz spricht vom Arbeitgeber, das Sozialgesetzbuch VII und die Unfallverhütungsvorschriften der Unfallversicherungsträger vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmerinnen oder Unternehmer nicht notwendigerweise Beschäftigte haben. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ergeben sich daraus keine relevanten Unterschiede, sodass „die Unternehmerin oder der Unternehmer“ verwendet wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Schrift behandelt Tätigkeiten mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen. Im Fokus steht dabei die Verarbeitung styrolhaltiger Reaktionsharze wie zum Beispiel ungesättigter Polyesterharze (UP-Harze) oder Vinyl-esterharze (VE-Harze) zu faserverstärkten Kunststoffen. Darüber hinaus werden auch Aspekte des Arbeitsschutzes bei der anschließenden Nachbearbeitung der Kunststoffteile diskutiert.

Als Ergänzung einer Betriebsanweisung kann diese Schrift den Beschäftigten als Information über mögliche Gefährdungen und entsprechende Schutzmaßnahmen dienen.

In erster Linie richtet sie sich aber an Unternehmerinnen und Unternehmer, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Betriebsärzte und -ärztinnen sowie Führungskräfte zur Unterstützung bei der

- › Ermittlung und Beurteilung von 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,
- › Ausarbeitung von Betriebsanweisungen sowie der
- › Durchführung der Unterweisungen.

127

2 Styrol und faserverstärkte Kunststoffe

Styrol ist als Monomer ein vielseitiger Baustein der Polymerchemie und Bestandteil einer großen Zahl an Thermoplasten, Duroplasten, Elastomeren und Dispersionen. Beispiele sind Polystyrol, Copolymere mit Acrylnitril (AS), mit Butadien und Acrylnitril (ABS) sowie Duromere auf Basis von Reaktionsharzen.

Bei der Herstellung polymerer Produkte aus UP-Harzen oder VE-Harzen nimmt Styrol zwei wichtige Funktionen wahr. Zum einen stellt es das Lösemittel für die Polymerketten dar und macht diese somit erst vielseitig verarbeitbar, zum anderen dient Styrol als reaktiver Bestandteil, der nach Start der Aushärtung die Polymerketten zu dreidimensionalen duromeren Strukturen verknüpft.

Eine besondere Bedeutung haben styrolhaltige Reaktionsharze, insbesondere die UP-Harze, bei der Herstellung faserverstärkter Kunststoffe. Das große Viskositätsspektrum der Harze ermöglicht es, in abgestimmten Verarbeitungsverfahren nicht nur kurze Faserstücke und Rovings (Filamentbüschel), sondern auch großflächiges Material wie Vliese, Gewebe und Gelege als Verstärkung in die Harzmatrix einzubetten. Darüber hinaus lassen sich auch Eigenschaften, wie die chemische oder thermische Stabilität durch die Art der verwendeten Reaktionsharze beeinflussen. Die resultierenden Kunststoffprodukte zeichnen sich durch ein hohes Leistungsniveau mit definierten Eigenschaften bei gleichzeitig niedrigem Gewicht aus und besitzen daher ein weites technisches Anwendungsspektrum. Als Beispiele seien hier Windkraftflügel, Bootsrümpfe, Flugzeugkomponenten, Säure tanks, Sportgeräte oder auch Automobilbauteile genannt.

127

3 Physikalische und chemische Eigenschaften gängiger Inhalts-, Zusatz- und Hilfsstoffe

3.1 Styrol

- › Styrol ist eine farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit mit einem charakteristischen, süßlichen Geruch, der bereits bei niedrigen Konzentrationen wahrnehmbar ist.
- › Styrol ist mit den meisten organischen Lösemitteln in jedem Verhältnis mischbar. Es stellt ein gutes Lösemittel für nicht-vernetzte Polymere, zum Beispiel für Polystyrol, ungesättigte Polyester und synthetischen Kautschuk dar. Die Mischbarkeit mit Wasser ist sehr gering.
- › Styrol kann in bestimmten Mischungsverhältnissen mit Luft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden (siehe Abschnitt 9.10).
- › Styrol lässt sich sowohl zu Homopolymeren als auch zum Beispiel mit Acrylnitril und Butadien zu Copolymeren umsetzen.
- › Mit starken Oxidationsmitteln kann Styrol zu Benzoesäure, Benzaldehyd und Phenylglykol reagieren.
- › Darüber hinaus können an die Doppelbindung zum Beispiel Halogene, Amine oder Mercaptane addiert werden.
- › Polymerisations- und Oxidationsreaktionen können durch den Zusatz von Stabilisatoren unterdrückt werden. Gängig sind zum Beispiel Hydrochinon oder 4-*tert*-Butylbrenzcatechin.
- › Styrol neigt unter Lichteinwirkung zur Selbstpolymerisation.
- › Der Kontakt mit Luftsauerstoff führt zur Peroxidbildung. Diese Reaktion wird durch Licht zusätzlich begünstigt.

Weitere Kenndaten und physikalisch-chemische Parameter von Styrol finden sich in Anhang 1 dieser Schrift.

3.2 Ungesättigte Polyesterharze

Ungesättigte Polyesterharze sind gelbliche oder durch Zusätze eingefärbte, klare bis trübe, viskose Flüssigkeiten mit einem süßlichen Geruch nach Styrol; sie sind in Wasser unlöslich.

Die Harze bestehen aus linearen, unvernetzten Polyesterketten, die zur Verarbeitung in einem copolymerisierbaren Monomer wie zum Beispiel Styrol, α -Methylstyrol, Methylmethacrylat, Vinyltoluol oder Di-Vinylbenzol gelöst sind. Üblich sind Styrolanteile von 25–45 %. Die Stabilisierung der Harze erfolgt durch Polymerisationsinhibitoren.

Nach Zugabe von Härtern (organische Peroxide) und Beschleunigern (aromatische Amine und/oder metallorganische Verbindungen) entstehen durch radikalische Polymerisation feste und unlösliche Duroplaste. Hierbei werden die linearen, ungesättigten Polyesterketten durch Anlagerung von Styrolmolekülen an die Doppelbindungen zu dreidimensionalen Netzwerken verknüpft (siehe Abbildung 1).

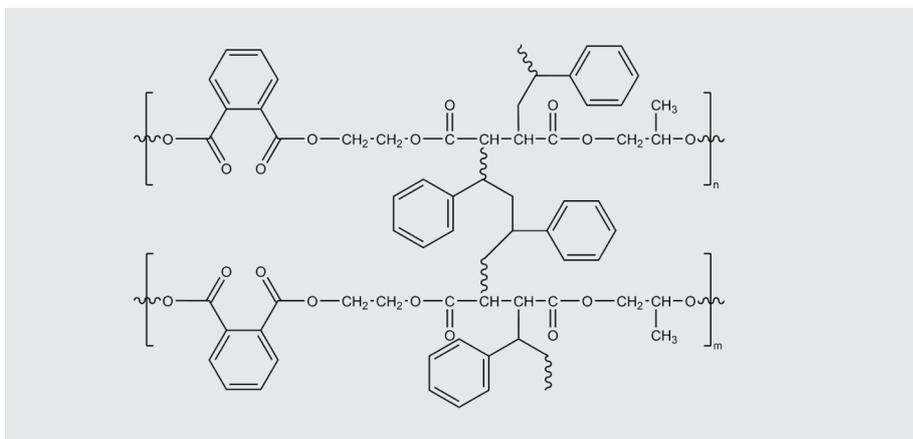


Abbildung 1: Durch Styrolmoleküle dreidimensional verknüpfte Polyesterketten

Die exotherme Copolymerisation von UP-Harzen mit Styrol findet bereits bei Raumtemperatur statt. Die meisten Reaktionsharze erfordern aber eine Nachhärtung bei erhöhter Temperatur, um die chemische und thermische Widerstandsfähigkeit zu verbessern.

Die Eigenschaften der ausgehärteten Reaktionsharze werden wesentlich durch die eingesetzten Monomere bestimmt und lassen sich durch Variation der Zusammensetzung in Verbindung mit verschiedenen Additiven und Füllstoffen in weiten Bereichen verändern und anpassen. Dies erlaubt eine vielseitige Anwendbarkeit in unterschiedlichen Verarbeitungsverfahren. So lassen sich styrolhaltige Reaktionsharze nicht nur zur Herstellung duroplastischer Formteile, sondern auch für Lacke, als Bindemittel, für Beschichtungen oder als Spachtelmassen verwenden.

3.3 Inhalts- und Zusatzstoffe bei der Verarbeitung

In diesem Abschnitt werden typische Stoffe und Gemische mit ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften beschrieben.

Bei Tätigkeiten mit UP-Harzen bestehen folgende physikalisch-chemische Gefährdungen:

- › Entzündbarkeit und Brennbarkeit der eingesetzten Stoffe,
- › Entstehung explosionsfähiger Atmosphäre mit Luft,
- › Gefahr einer Staubexplosion beim Sägen, Schleifen oder Fräsen faserverstärkter Formteile im Rahmen der Nachbearbeitung,
- › Zersetzungsreaktionen und unkontrollierte exotherme Reaktionen,
- › oxidierende (brandfördernde) Wirkung, zum Beispiel Peroxide.

Hinweise zu Gesundheitsgefahren durch Styrol oder Stäube von Verstärkungsfasern sind in Kapitel 5 aufgeführt. Technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen werden in den Kapiteln 9, 10 und 11 beschrieben.

Im Anhang 2 sind Kenndaten ausgewählter Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe und Prozesshilfsmittel aufgeführt.

140 157 137

Weitere gefahrstoffrechtliche Informationen können den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller oder Datenbanken wie GESTIS, WINGIS-online oder GisChem entnommen werden.

3.3.1 Weitere Einsatzstoffe

Neben reaktiven Komponenten wie Polymerisationsinhibitoren (Verzögerern), Härtern oder Beschleunigern werden bei der Verarbeitung ungesättigter Polyesterharze auch Zusatzstoffe wie zum Beispiel Farbstoffe oder Füllstoffe sowie weitere Additive eingesetzt. Darüber hinaus können bei der Be- und Weiterverarbeitung auch Formtrennmittel, Lösemittel, Schleifmittel oder Klebstoffe Anwendung finden.

Die Eigenschaften dieser Inhaltsstoffe sind in den folgenden Unterabschnitten kurz beschrieben.

3.3.1.1 Reaktive Komponenten

› Polymerisationsinhibitoren (Verzögerer)

Verzögerer wirken verlangsamernd auf den Härterungsverlauf. Ein gängiger Verzögerer ist 4-tert-Butylbrenzcatechin. Styrol oder kommerziellen Harzsystemen sind üblicherweise bereits Inhibitoren zwischen 0,001–0,0015 Gew.-% zwecks Stabilisierung zugesetzt.

› Organometallische Beschleuniger

Cobaltoctoat (Cobaltbis(2-ethylhexanoat)) ist ein weißer Feststoff, der in gelöstem Zustand eine blaue Farbe hat. Handelsüblich sind Lösungen in Styrol, Xylol oder Weichmachern. Der Feststoff kann explosionsfähige Staub-Luft-Gemische bilden. Cobaltoctoat reagiert unter heftiger Wärmeentwicklung, zum Beispiel mit Peroxiden, Säuren und starken Oxidati-

onsmitteln. Bei unkontrollierter Reaktion besteht Explosionsgefahr, weshalb Härter und Beschleuniger niemals vorgemischt werden dürfen.

› Aminische Beschleuniger

Aminische Beschleuniger werden zusammen mit dem organometallischen Beschleuniger eingesetzt. In einigen Fällen kommen aminische Beschleuniger in Verbindung mit einem Dibenzoylperoxid-Härter (BPO) zur Anwendung.

Typische aminische Beschleuniger sind beispielsweise: Dimethylanilin, Diethylanilin, N,N-Diethylacetoacetamid.

Amine sind brennbare Flüssigkeiten mit charakteristischem Geruch, die sich in der Hitze zersetzen können und mit Oxidationsmitteln oder Säuren unter starker Wärmeentwicklung reagieren. Bei Erhitzen über den Flammpunkt können sich aus Dämpfen und Luft explosive Gemische bilden.

› Initiatoren (Härter)

Als Härter werden im Allgemeinen organische Peroxide verwendet. Deren Zerfall liefert Radikale zur Aktivierung des Polymerisationsprozesses. Art und Menge der eingesetzten Härter sind abhängig vom verwendeten Harzsystem und von den Betriebsbedingungen.

Gängige Härter sind: Methylethylketonperoxid (MEKP), Cumolhydroperoxid (CuHP), Dibenzoylperoxid (BPO), Acetylacetonperoxid (AAP) oder Cyclohexanonperoxid (CHP).

Aufgrund ihrer hohen Reaktivität werden Peroxide phlegmatisiert (stabilisiert) in den Handel gebracht. Sie können sich leicht unter Druckaufbau zersetzen, zum Beispiel beim Erhitzen, beim Kontakt mit Spuren von Metall sowie mit organischen Stoffen oder tertiären Aminen. Besonders heftige Reaktionen sind beispielsweise mit starken Säuren, Laugen oder Reduktionsmitteln möglich. Reine Peroxide können explosiv reagieren.

Weitere Informationen zu den Eigenschaften von Peroxiden sowie zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Peroxiden sind in folgenden Schriften ausführlich beschrieben:

- ③⑦ › TRGS 741 „Organische Peroxide“,
- ⑦⑤ › DGUV Information 213-069 „Organische Peroxide“ (Merkblatt M 001 der BG RCI) und
- ⑧① › DGUV Information 213-096 „Organische Peroxide – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblatt M 058).

3.3.1.2 Zusatzstoffe

Die Eigenschaften der vielen verschiedenen eingesetzten Farbmittel, Füllstoffe und Additive können den Sicherheitsdatenblättern der Hersteller oder den entsprechenden Datenbanken entnommen werden.

› Farbmittel

Kunststoffe werden häufig eingefärbt. Wird das Harz nicht bereits als gefärbtes Handelsprodukt eingesetzt, erfolgt häufig die Zumischung einer Farbpaste im Vorratsbehälter. Die wichtigsten und meistverwendeten Pigmenttypen sind synthetische anorganische Pigmente wie Metalloxide, Metallhydroxide. Es werden aber auch diverse organische Pigmente eingesetzt.

› Füllstoffe

Als Füllstoffe dienen meist chemisch inerte Stoffe, beispielsweise Kieselsäuren, Calciumcarbonat, Aluminiumhydroxid oder auch Glas.

› Additive

Additive beziehungsweise Zuschlagstoffe werden im Gegensatz zu den Füllstoffen nur in geringen Mengen beigemischt. Sie dienen als Hilfsstoffe bei der Verarbeitung oder verändern bestimmte Eigenschaften. Prozessadditive verbessern zum Beispiel das Fließverhalten und die Farbhomogenität oder die Oberfläche und somit die Haftung oder Verklebbarkeit. Dispergier-Additive verhindern das Absetzen von Pigmenten oder Füllstoffen und reduzieren die Viskosität. Somit verbessern sie den Farbton oder die Lagerstabilität. Oberflächenaktive Netzadditive optimieren die Systeme hinsichtlich ihrer Un-

tergrundbenetzung und des Verlaufs. Hautbildner reduzieren die Styrolemission während der Verarbeitung. Haftvermittler verbessern die mechanische Festigkeit von faserverstärkten Systemen. Alterungsschutzmittel verringern den Effekt von UV-Einstrahlung, Temperatur, Luftsauerstoff, Chemikalien oder Wechselwirkungen der Additive in Kunststoffartikeln und verringern Vergilbung oder Rissbildung.

3.3.1.3 Trennmittel, Formtrennmittel

Als Trennmittel kommen typischerweise Wachse oder Silikone zum Einsatz. Diese können zusätzlich Lösemittel enthalten. Hinweise zur Bewertung, Substitution oder Minimierung finden sich in den Kapiteln 6, 7 und 8.

3.3.1.4 Gefährdungen bei der Nachbearbeitung

› Stäube

Die Nachbearbeitung erfolgt je nach Anwendung manuell, teil- oder vollautomatisch, sowohl von Hand (mit Schleifpapier, Bügelsäge etc.) als auch maschinell. Bei der Nachbearbeitung duroplastischer Formstoffe entstehen Stäube. Je nach Material des Werkstücks können neben Kunststoffstäuben auch Fasern oder Füllstoffstäube freigesetzt werden. Entstehen Stäube, sind Gesundheitsgefahren sowie die Gefahr von Staubexplosionen zu betrachten. Weiterführende Hinweise finden sich in den Abschnitten 5.2 und 9.10.

› Gasförmige Emissionen

①①⑥ Bei Lasernachbearbeitung entstehen zusätzlich Emissionen durch thermische Zersetzung der Kunststoffe.

› Klebstoffe

Werden Bauteile durch Fügetechniken verbunden, sind die verwendeten Klebstoffe gefahrstoffrechtlich zu beurteilen.

› Lösemittel

①①⑦ Zur Reinigung von Formen, Werkzeugen und Werkstücken werden typischerweise Lösemittel wie Aceton oder dibasische Ester verwendet (vergleiche Abschnitt 9.5). Zusätzlich zu den Hinweisen in den entsprechenden Abschnitten dieser Schrift (Gesundheit, Brandschutz, Schutzmaßnahmen ...) wird die DGUV Information 213-072 „Lösemittel“ (Merkblatt M 017 der BG RCI) für weiterführende Informationen zu Tätigkeiten mit Lösemitteln empfohlen.

⑩ 4 Anwendung

4.1 Faserverbundkunststoff (FVK), Verstärkungsfasern

Duroplastische Formstoffe erhalten ihre hohe Belastbarkeit erst durch das Zusammenspiel von Kunststoffmatrix und den eingebetteten Verstärkungsfasern. Die höchsten mechanischen Eigenschaften erzielt man, indem die Fasern endlos und gerichtet (unidirektional) in die Kunststoffmatrix eingebracht werden (siehe Abbildung 2). Durch Variation von Faserart und -anordnung lassen sich auf einen bestimmten Anwendungs- und Belastungsfall speziell zugeschnittene Faserverbundkunststoffe herstellen.

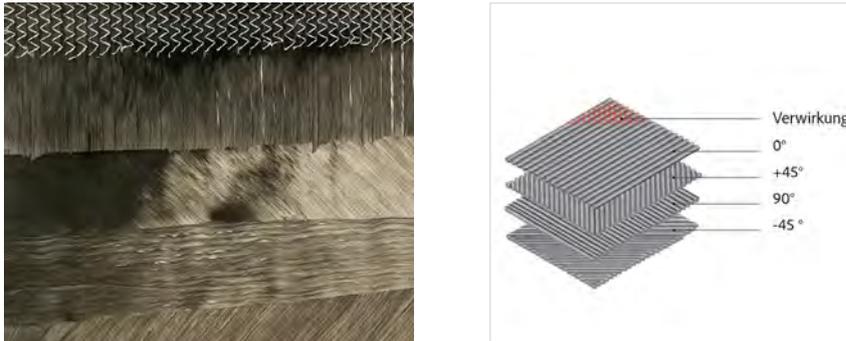


Abbildung 2: Mehrschichtiges Verstärkungsgelege aus Carbonfasern. Die einzelnen Schichten bestehen jeweils aus unidirektional verlaufenden Rovings und sind miteinander verwirkt

Als Verstärkungsfasern werden im Wesentlichen Glas-, Carbon-, Aramid- und Naturfasern (zum Beispiel Hanf oder Flachs) eingesetzt, wobei Textilglasfasern mit über 90 % der gesamten Composites-Menge den größten Anteil ausmachen. Aufgrund ihrer hohen Steifigkeit und Leichtigkeit sowie ihrer elektrischen Eigenschaften gewinnen Carbonfaser-Verbundwerkstoffe insbesondere in der Luft- und Raumfahrt sowie im Automobil- und Windenergiesektor zunehmend an Bedeutung.

4.2 Verarbeitung

Styrolhaltige Reaktionsharze lassen sich in einer Vielzahl von Verfahren zu faserverstärkten Kunststoffbauteilen verarbeiten. Wesentliche Faktoren, die das Verarbeitungsverfahren beeinflussen sind die Größe, die Geometrie, die Belastbarkeit des gewünschten Bauteils sowie dessen angedachter Einsatz. Darüber hinaus spielen auch Seriengröße und Reproduzierbarkeit eine wichtige Rolle. Einen umfassenden Überblick über Grundlagen, Verarbeitungsverfahren und Anwendungen gibt das „Handbuch Faserverbundkunststoffe/Composites“ der „AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V.“

Bei der Verarbeitung styrolhaltiger Reaktionsharze sind Ausmaß und Dauer auftretender Styrolemissionen und damit einhergehend auch die Exposition von Beschäftigten abhängig vom angewandten Verarbeitungsverfahren, dessen Automatisierungsgrad sowie von der Art des eingesetzten Reaktionsharzes.

Offene Verfahren mit großem handwerklichen Arbeitsanteil, wie das Handlaminieren oder Faserspritzen, zeichnen sich in der Regel auch durch hohe Styrolemissionen und -expositionen aus. Diese treten insbesondere beim Auflegen neuer Verstärkungsmatten sowie beim Entlüften und Verdichten auf. Darüber hinaus können sich Styroldämpfe in sehr tiefen wannenartigen Strukturen ansammeln. Obwohl sich das Handlaminieren mittlerweile durch das emissionsarme Injektionsverfahren oftmals ersetzen lässt, wird es aufgrund niedriger Investitionskosten vor allem bei der Fertigung von Einzelteilen und Kleinserien bevorzugt angewandt.

Rotationssymmetrische Bauteile wie zum Beispiel Tanks, Rohre, Maste oder Behälter werden häufig im sogenannten Wickelverfahren um einen entsprechend gestalteten Negativkern aufgebaut. Moderne CNC-gesteuerte Wickelanlagen arbeiten dabei weitestgehend automatisch; die Verstärkungsmaterialien (meist Rovings) werden bereits vor dem Ablegen auf dem Wickelkern über ein Bad mit Harz getränkt. Diese Anlagen stellen in der Regel keine ständigen Arbeitsplätze mehr dar. Aufgrund der bisweilen großen Oberfläche der produzierten Teile kommt es zu hohen Styrolemissionen.

Das Profiliziehen, auch Pultrusionsverfahren genannt, ist ein kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Profilen aus langfaserverstärkten Duroplasten. Die Verstärkungsfasern werden als Endlosmaterial (unter anderem Rovings, Gewebe, Vliese) durch ein beheiztes Werkzeug mit den Geometrien des zu produzierenden Profils gezogen. Der Harzauftrag erfolgt vor dem Werkzeug durch ein Bad oder im Werkzeug durch Injektion. Da das Verfahren weitestgehend automatisiert abläuft, bestehen Expositionen gegenüber Styroldämpfen vor allem beim Anfahren der Anlagen.

Ein häufig verwendetes Verfahren zur Serienfertigung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen ist das Heißpressen von Bulk-Moulding-Compound (BMC) oder Sheet-Moulding-Compound (SMC). Das Reaktionsharz wird dabei als teigartige Faser-Matrix-Masse in beheizten Pressen zu duroplastischen Formteilen verarbeitet. Während die Verstärkung beim BMC nur aus ungerichteten kurzen Faserabschnitten besteht, können in das flächige SMC definierte Schichten aus Geweben, Gelegen, Vliesen usw. eingebracht werden. SMC wird mit einer Schutzfolie versehen und als Platten- oder Rollenware gehandelt. Styrolemissionen treten insbesondere beim Entfernen der Schutzfolie vor der Weiterverarbeitung auf.

5 Gesundheitsgefahren

5.1 Toxikologie von Styrol

Die im Folgenden beschriebenen Gesundheitsgefahren beziehen sich auf Styrol als Reinstoff oder in Gemischen. Für Stoffklassen im Zusammenhang mit der Herstellung von Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und Polystyrol (PS) sowie der Anwendung von Styrol als Lösemittel wurden Informationen zu Gesundheitsgefahren ausführlich in anderen Schriften veröffentlicht, zum Beispiel für Organische Peroxide in der DGUV Information 213-069 (Merkblatt M 001 der BG RCI) und für Lösemittel in der DGUV Information 213-072 (Merkblatt M 017) der BG RCI.

- 75
77
- 1 Gemäß CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008) ist Styrol entzündbar als Flüssigkeit und Dampf, gesundheitsschädlich beim Einatmen, reizend für die Haut, schwer reizend für die Augen, als ototoxische Substanz (schädigt das Hörorgan) sowie als reproduktionstoxisch (kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen) eingestuft. Ein Risiko der Fruchtschädigung braucht bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW, Bemerkung Y in TRGS 900) und des Biologischen Grenzwertes (BGW, TRGS 903) nicht befürchtet zu werden.
- 39
40

5.1.1 Aufnahme und Wirkungsweise

Styrol-Dämpfe werden vorwiegend über die Atemwege aufgenommen, ihre Aufnahme über die Haut ist von untergeordneter Bedeutung. Auch flüssiges Styrol wird nur geringfügig über die Haut resorbiert. Unter Arbeitsplatzbedingungen ist dieser Aufnahmeweg unbedeutend. Die Geruchsschwelle wird mit Werten unter $0,1 \text{ ml/m}^3$ (ppm) angegeben. Das bedeutet, dass Styrol bereits bei Konzentrationen unterhalb des AGW von 20 ml/m^3 deutlich wahrnehmbar ist. Pures Styrol riecht süßlich, aber Zusätze können einem styrolhaltigen Gemisch einen stechenden und unangenehmen Geruch verleihen.

Bei Inhalation wird Styrol größtenteils (60–90 %) resorbiert. Die Verteilung im Organismus tritt sehr rasch ein (die 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 die Haut, die Schleimhäute und das Nervensystem.

5.1.2 Akute Gesundheitsgefahren

Im Vordergrund der akuten Styrolvergiftung stehen Schädigungen des Zentralnervensystems. Gleichzeitig können Schleimhautreizungen auftreten. Bei der Festlegung des AGW von 86 mg/m^3 (20 ml/m^3 (ppm), Spitzenbegrenzung: Überschreitungsfaktor (ÜF) 2; Kategorie für Kurzzeitwerte (II)) wurde berücksichtigt, dass es bei einer Exposition gegen Styrol-dämpfe ab etwa Konzentrationen von 50 ppm zu Schleimhautreizungen vor allem an den Augen und den oberen Atemwegen kommt. Oberhalb 200 ppm werden Müdigkeit, Brechreiz, Gleichgewichtsstörungen und verlängerte Reaktionszeiten beobachtet.

5.1.3 Chronische Gesundheitsgefahren

Schäden werden sowohl für das zentrale, als auch für das periphere Nervensystem beschrieben. Im Vordergrund stehen psychomotorische und kognitive Funktionsstörungen (verlangsamte Reaktionszeiten, reduzierte Gedächtnisleistungen). Es wird aber auch eine Verlangsamung der Nervenleitgeschwindigkeit beobachtet.

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

Darüber hinaus werden Beeinträchtigungen des Farbsehens sowie eine Schädigung der Hörorgane diskutiert. Styrol-Expositionen in lärmbelasteter Umgebung können durch eine Kombinationswirkung das Risiko einer Gehörschädigung erhöhen.

In Tierversuchen wurden entwicklungstoxische Effekte bei Nachkommen beobachtet. Die „International Agency for Research on Cancer (IARC)“, stuft Styrol als wahrscheinlich karzinogen für den Menschen ein. Grundlage waren eine krebs erzeugende Wirkung im Tierversuch und Hinweise auf maligne lymphohämatopoetische Erkrankungen beim Menschen. Bei Einhaltung der „Maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert)“ und des „Biologischen Arbeitsstoff-Toleranzwertes (BAT-Wert)“ für Styrol erwartet die MAK-Kommission nur einen sehr geringen Beitrag zum Krebsrisiko der Exponierten. Diese Werte wurden vom Ausschuss für Gefahrstoffe des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales als Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) und biologischer Grenzwert (BGW) übernommen.

128

39 40

Erkrankungen durch Einwirkungen von Styrol sind meldepflichtige Berufskrankheiten nach Anlage 1 zur Berufskrankheitenverordnung (BKV):

56

- › Nr. 1303 „Erkrankungen durch Benzol, seine Homologe oder Styrol“ oder
- › Nr. 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“.

5.2 Gesundheitsgefahren durch Faserstäube

Da einatembare Stäube, wie zum Beispiel Schleif- und Frässtäube die Atemwege generell schädigen können, sind an Arbeitsplätzen, an denen Stäube entstehen, der Allgemeine Staubgrenzwert für die einatembare Staubfraktion (E-Fraktion, AGW = 10 mg/m³) und für die alveolengängige Staubfraktion (A-Fraktion, AGW = 1,25 mg/m³) einzuhalten, siehe TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

39

Besonders kritisch sind Stäube, die biologisch persistente (beständige) Fasern mit WHO-Abmessungen (Länge > 5 µm; Durchmesser < 3 µm; Länge/Durchmesser > 3:1) enthalten. Diese Fasern können beim Einatmen in die tieferen Bereiche der Atemwege (Lungenbläschen und Alveolarbereich) gelangen und können durch die Selbstreinigungsmechanismen der Lunge in der Regel nicht entfernt werden. Eine andauernd hohe Exposition kann daher schwere Erkrankungen der Lunge wie chronisch-obstruktive Bronchitis (COPD), Fibrosen oder auch Krebserkrankungen verursachen.

70

Bei der Bearbeitung von faserverstärkten Kunststoffen können aus Textilglas- und Carbonfasern splitterförmige Fasern mit kritischen Abmessungen freigesetzt werden. Eine Exposition gegenüber solchen Fasern bei verschiedensten Prozessen der Be- und Verarbeitung ist durch eine Vielzahl von Messungen belegt. Im Unterschied zur Bewertung beim Inverkehrbringen wird die Einstufung lungengängiger Fasern an Arbeitsplätzen aus Abschnitt 2.3 „Anorganische Faserstäube (außer Asbest)“ der TRGS 905 abgeleitet. Für organische Fasern (zum Beispiel Aramidfasern) wurden bislang keine Einstufungen vorgenommen oder Grenzwerte aufgestellt.

41

Die zur Herstellung von Verbundwerkstoffen eingesetzten Glas- oder Carbonfasern haben typischerweise Durchmesser von deutlich > 3 µm, sodass sie als nicht-alveolengängig gelten. Durch mechanische Beanspruchung, zum Beispiel beim Recycling von Fasermaterial oder bei der mechanischen Nachbearbeitung faserverstärkter Kunststoffe (wie Bohren, Fräsen, Schneiden, Schleifen) können jedoch aus den ursprünglich nicht-alveolengängigen Fasern splitterförmige Fasern mit kritischen Abmessungen freigesetzt werden. Darüber hinaus kann auch eine thermische Beanspruchung wie zum Beispiel beim Abbrand zu einer Veränderung der Faserintegrität und Fasergestalt und somit zu einer Freisetzung von Fasern mit kritischen Abmessungen führen.

Die Gefahr einer Exposition gegenüber alveolengängigen Faserfragmenten kann daher aufgrund eines Faserdurchmessers > 3 µm nicht prinzipiell ausgeschlossen werden, sondern ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung (siehe Kapitel 6) sowohl hinsichtlich des Materials als auch des Verarbeitungsprozesses individuell zu bewerten.

Darüber hinaus ist bei Tätigkeiten mit Carbon- und Textilglasfasern ein weiterer, arbeitshygienischer Aspekt zu beachten: Unabhängig von der Wirkung der lungengängigen Fasern können die dickeren Fasern beider Stoffe bei Kontakt mit Haut oder Schleimhäuten sogenannte mechanisch-irritative Effekte hervorrufen. Dies äußert sich beispielsweise in Form von Juckreiz, Hautrötungen, Hustenreiz oder Augenbrennen. Die Effekte sind typischerweise reversibel, klingen also nach Verlassen der exponierten Bereiche und Reinigung der Hautpartien wieder ab. Das Auftreten solcher Symptome ist individuell sehr verschieden. Hinweise auf mechanisch-irritative Effekte sind ernst zu nehmen und zeigen den Bedarf an weiteren Maßnahmen zur Staubreduktion auf.

68

5.2.1 Textilglasfasern

Textilglasfasern sind das am meisten genutzte Material zur Verstärkung duroplastischer Formstoffe. Sie werden je nach Produkt mit Durchmessern im Bereich von etwa 10 bis 25 μm (also $> 3 \mu\text{m}$) gehandelt, weshalb nach CLP-Verordnung keine Einstufung der Textilglasfasern bezüglich ihres Inverkehrbringens erfolgt. Dies führt häufig dazu, dass sich in den Sicherheitsdatenblättern von Textilglasfasern kein Hinweis zur Einstufung findet, obwohl hier zwischen dem Inverkehrbringen und Verwenden am Arbeitsplatz zu unterscheiden ist.

Da bei der mechanischen Bearbeitung von Textilglasfasern grundsätzlich von einer Freisetzung splitterförmiger Fasern mit WHO-Abmessungen auszugehen ist,¹ hat hinsichtlich der Exposition am Arbeitsplatz eine Einstufung gemäß Abschnitt 2.3 der TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“ zu erfolgen.

Wesentliche Entscheidungsgröße für glasige Fasern ist der Kanzerogenitätsindex KI, der sich aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium, Barium und dem zweifachen Massengehalt von Aluminiumoxid errechnet. Er ist ein Maß für die Biopersistenz beziehungsweise Abbaubarkeit des glasigen Fasermaterials im Lungengewebe. Ist $KI \leq 30$ wird die entsprechende Faserart als krebserzeugend Kat. 1B eingestuft; ist $30 < KI < 40$ gilt eine Einstufung in Kat. 2; bei einem Wert $KI \geq 40$ gilt die Faser als freigeschrieben.

Angaben zu den Massengehalten der Oxide beziehungsweise zum Kanzerogenitätsindex der jeweiligen Textilglasfasern können gegebenenfalls beim Hersteller/Inverkehrbringer eingeholt werden. Die Anwendung des KI für splitterförmige Fasern gängiger Textilglasfasern ergibt jedoch in der Regel eine Einstufung in Kat. 1B. Da Textilglasfasern hinsichtlich ihrer Beständigkeit und mechanischen Eigenschaften den Mineralwollen ähneln, orientieren sich Schutzmaßnahmen an den Vorgaben der TRGS 521 „Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle“ (siehe Abschnitt 5.2.2).

5.2.2 Carbonfasern

Carbonfaserfilamente zur Verstärkung duroplastischer Formstoffe werden großtechnisch aus Polyacrylnitril (PAN) oder Pech hergestellt. Im Vergleich zu den PAN-basierten Carbonfasern zeigen pechbasierte Fasern eine höhere Steifigkeit und Zugfestigkeit, sind aber in der Herstellung und Aufreinigung des Pech-Precursors erheblich teurer, weshalb sich ihr Einsatz bislang auf Spezialanwendungen beschränkt und ihr Marktanteil dementsprechend kleiner ist.

Bei mechanischer Beanspruchung führen pechbasierte Carbonfasern zu einer deutlich höheren Freisetzung von Faserfragmenten mit WHO-Abmessungen, da diese Fasern aufgrund ihrer inneren Struktur bevorzugt zur Absplitterung langer und dünner Fragmente im Mikrometerbereich neigen. PAN-basierte Carbonfasern weisen hingegen ein amorphes Bruchverhalten auf, das zur Ausbildung beliebig geformter Splitter führt, von denen nur ein geringer Anteil zufällig kritische Faserabmessungen besitzt.

Erste Untersuchungen zur Abbaubarkeit von Carbonfasern zeigten eine geringe Löslichkeit unter biomimetischen Bedingungen und deuten damit auf eine vergleichsweise hohe Biopersistenz hin.

Eine Bewertung der bei mechanischer Beanspruchung entstehenden splitterförmigen Fasern mit WHO-Abmessungen erfolgt anhand der TRGS 905. In dieser Technischen Regel sind Carbonfasern zwar nicht explizit genannt, nach Abschnitt 2.3 Abs. 7 Nr. 5 („*anorganische Faserstäube, soweit nicht erwähnt...*“) erfolgt aber eine Einstufung in Kat. 2 der krebserzeugenden Gefahrstoffe.

1 Die Messungen der Unfallversicherungsträger belegen dies regelmäßig, selbst wenn manche Hersteller die Freisetzung von WHO-Fasern im Sicherheitsdatenblatt ausschließen.

- 28 Da es aktuell noch keine spezifischen Regelungen oder einen Grenzwert für lungengängige Carbonfasern gibt, orientieren sich Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten an den Regelungen der TRGS 521. In Abhängigkeit von der Konzentration an WHO-Fasern in der Raumluft, sieht diese Regel ein dreistufiges Konzept an Expositionskategorien mit aufeinander aufbauenden Schutzmaßnahmen vor (siehe Tabelle 1):

Exposition gegenüber Glas-/Carbonfasern mit WHO-Abmessungen	Schutzmaßnahmen der Expositionskategorie		
	1	2	3
< 50.000 F/m ³	x		
50.000 bis 250.000 F/m ³	x	x	
> 250.000 F/m ³	x	x	x

Tabelle 1: Erforderliche Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit von der Faserkonzentration (Faser/m³)

- 120 119 Als Orientierungshilfe zur Bewertung der Faserexposition bei der Herstellung und Bearbeitung von CFK-Formstoffen können auch die Fachbereich-AKTUELL-Schriften FBHM-092 „Herstellung von CFK-Bauteilen“ und FBHM-074 „Bearbeitung von CFK-Materialien“ des Fachbereichs Holz und Metall herangezogen werden.

6 Gefährdungsbeurteilung

6.1 Allgemeine Anforderungen

5 19 16
11 44 45
58 98

Das Arbeitsschutzgesetz, die Verordnungen zum Arbeitsschutz (zum Beispiel Gefahrstoffverordnung, Betriebssicherheitsverordnung, Arbeitsstättenverordnung), das Mutterschutzgesetz, das Jugendarbeitsschutzgesetz sowie die DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ verpflichten die Unternehmerin oder den Unternehmer, Gefährdungen und Belastungen der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu ermitteln und zu beurteilen. Gefährdungen können beispielsweise auftreten durch:

- › Gefahrstoffe (z. B. Toxizität, Ätzwirkung, Sensibilisierung, Brand- und Explosionsgefahren),
- › technische Mängel (z. B. undichte Anlagenteile),
- › organisatorische Mängel (z. B. fehlende Unterweisungen) oder
- › mangelhafte Arbeitsplatzgestaltung (z. B. Stolperstellen).

Bereits vorliegende Ergebnisse aus den Anforderungen anderer Vorschriften können und sollen mit in die Gefährdungsbeurteilung einfließen. Informationen und weiterführende Hinweise finden sich beispielsweise in Genehmigungsunterlagen für Umweltbehörden, in Prüfberichten von Sachverständigen zu Anforderungen des Wasserrechts oder zur Betriebssicherheitsverordnung, in Betriebsanleitungen und Technischen Merkblättern für Anlagen und eingesetzte Produkte, in der baurechtlichen Genehmigung oder in Alarm- und Gefahrenabwehrplänen.

Die Gefährdungsbeurteilung

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

Tätigkeiten mit Gefahrstoffen dürfen erst aufgenommen werden, nachdem die entsprechenden Schutzmaßnahmen festgelegt und umgesetzt wurden.

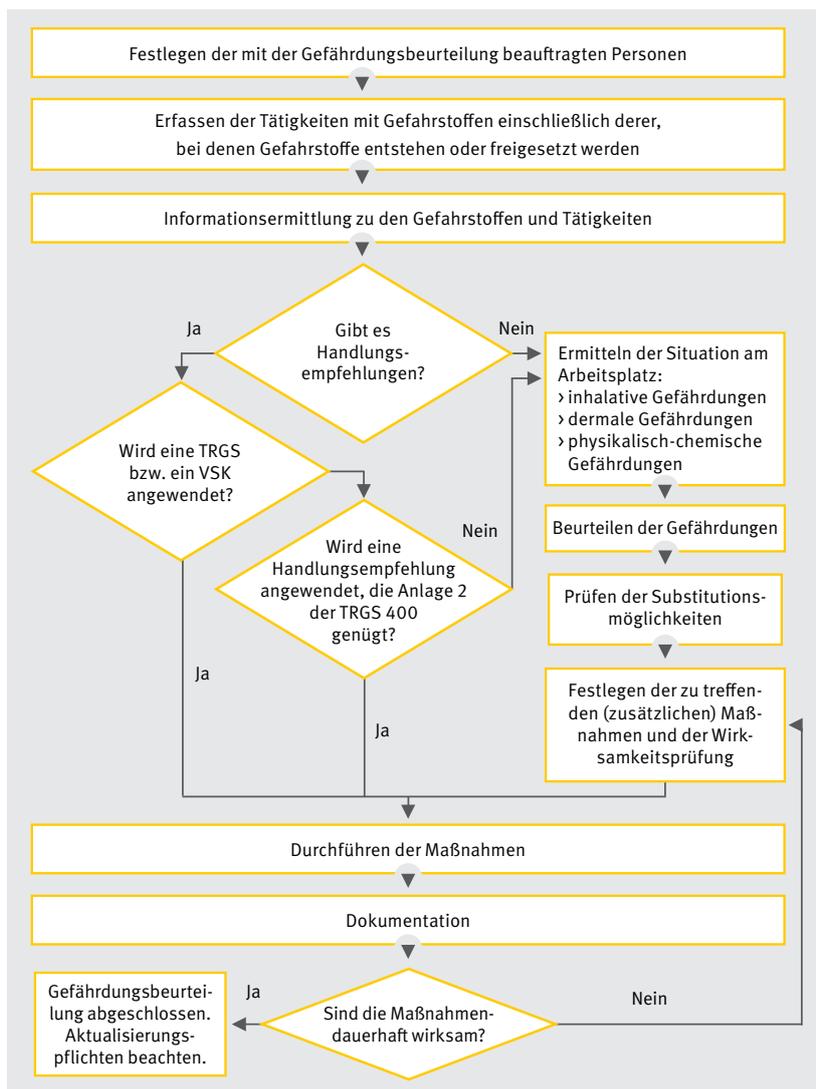
- 19
- Die Gefahrstoffverordnung fordert die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach den folgenden Kriterien:
- › Gefährdung durch **physikalisch-chemische Eigenschaften** (siehe Kapitel 3),
 - › Gefährdung durch **inhalative und dermale Belastungen** (siehe Kapitel 5),
 - › Gefährdung durch **toxische Eigenschaften** (siehe Kapitel 5).

Über den Normalbetrieb hinaus sind auch die Störungsbeseitigung sowie Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten in die Gefährdungsbeurteilung einzubeziehen.

Bei der Zusammenarbeit von Beschäftigten verschiedener Firmen ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung auch die Möglichkeit einer gegenseitigen Gefährdung zu betrachten (zum Beispiel beim Einsatz von Fremdfirmen in feuergefährdeten Bereichen). Details siehe Abschnitt 10.3.

- 21
- Liegt eine branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellung, ein Expositionsszenario nach REACH-Verordnung oder eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung vom Lieferanten vor, die bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen übernommen werden soll, muss deren Anwendbarkeit anhand der Fragen aus Anhang 2 der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ geprüft werden. Gegebenenfalls müssen fehlende einzelne Angaben eigenständig ermittelt und bei der Festlegung berücksichtigt werden und die Gefährdungsbeurteilung um nicht beschriebene Betriebszustände ergänzt werden.

- 44
- Unabhängig von der aktuellen Zusammensetzung der Belegschaft ist die ergänzende Gefährdungsbeurteilung nach Mutterschutzgesetz durchzuführen.



21) Abbildung 3: Ablauf einer Gefährdungsbeurteilung

Auf die vielfältigen Arbeitshilfen und Veröffentlichungen der Unfallversicherungsträger, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und der Fachverbände wird in dieser Schrift an den entsprechenden Stellen hingewiesen.

6.2 Arbeitshilfen

Vorgaben und Hilfestellungen zur Umsetzung der Gefahrstoffverordnung geben die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), vor allem die

- › 400er Reihe zur Gefährdungsbeurteilung,
- › 500er Reihe zu Schutzmaßnahmen,
- › 600er Reihe zu Ersatzstoffen und Ersatzverfahren,
- › 700er Reihe zum Explosionsschutz,
- › 800er Reihe zu Brandschutzmaßnahmen,
- › 900er Reihe zu Grenzwerten, Einstufungen und Begründungen.

Die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung bieten ihren Mitgliedsbetrieben zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung vielfältige Arbeitshilfen an, beispielsweise:

- › Merkblätter A 016 „Gefährdungsbeurteilung: Sieben Schritte zum Ziel“ und A 017 „Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog“ der BG RCI und „Leitfaden zur Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung“ der BG ETEM,

› DGVU Informationen zu bestimmten Arbeitsplätzen, Stoffen und Stoffgruppen, hier sind beispielhaft zu nennen:

- 80 • DGVU Information 213-080 „Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 053 der BG RCI),
- 59 • DGVU Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“,
- 89 • DGVU Information 213-855 „Gefährdungsbeurteilung im Labor“ (Merkblatt T 034 der BG RCI),
- 75 • DGVU Information 213-069 „Organische Peroxide“ (Merkblatt M 001 der BG RCI),
- 76 • DGVU Information 213-070 „Säuren & Laugen“ (Merkblatt M 004 der BG RCI),
- 77 • DGVU Information 213-072 „Lösemittel“ (Merkblatt M 017 der BG RCI).

19 21 80

6.3 Informationsermittlung zu Stoffen und Gemischen

Zunächst muss die Unternehmerin oder der Unternehmer feststellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen oder ob Gefahrstoffe bei diesen Tätigkeiten entstehen oder freigesetzt werden und welche Eigenschaften der Stoffe und Gemische zu einer Gefährdung der Beschäftigten führen können.

6.3.1 Stoffe und Gemische erfassen

Es müssen alle Stoffe und Gemische bekannt sein, die

- › verwendet werden,
- › bei Tätigkeiten entstehen oder freigesetzt werden können,
- › bei Betriebsstörungen, Unfällen oder Notfällen entstehen können.

6.3.2 Gefahrstoffverzeichnis führen

Der Unternehmer oder die Unternehmerin erfasst in einem Gefahrstoffverzeichnis alle im Betrieb vorkommenden Gefahrstoffe. Ausgenommen sind Gefahrstoffe, die bei Tätigkeiten mit nur geringer Gefährdung verwendet werden. Empfohlen wird, diese Stoffe trotzdem in das Verzeichnis aufzunehmen und mit dem Hinweis „geringe Gefährdung“ zu versehen.

Das Verzeichnis enthält mindestens folgende Punkte:

- › Bezeichnung des Gefahrstoffs,
- › Einstufung des Gefahrstoffs oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften,
- › Angaben zu den im Betrieb verwendeten Mengenbereichen,
- › Bezeichnung der Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sein können,
- › Verweis auf das jeweilige Sicherheitsdatenblatt.

Das Verzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten und allen betroffenen Beschäftigten und deren Vertretung zugänglich zu machen (hierbei dürfen die Angaben zu den verwendeten Mengenbereichen geheim gehalten werden).

Sinnvoll ist es, im Gefahrstoffverzeichnis weitere Informationen zu ergänzen, zum Beispiel die Lagerklasse, die Wassergefährdungsklasse oder Hinweise auf gegebenenfalls vorliegende Beurteilungsmaßstäbe.² Ein gut geführtes Gefahrstoffverzeichnis erleichtert die weiteren Schritte der Gefährdungsbeurteilung.

137 160
157
Leerformulare für ein Gefahrstoffverzeichnis können zum Beispiel unter www.gischem.de/verzeichnis oder unter www.bghm.de/arbeitschuetzer/bibliothek/gefahrstoffe heruntergeladen werden. Zudem können mit dem Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien der BG RCI und BGHM oder mit WINGIS-online in myWINGIS Gefahrstoffverzeichnisse geführt werden.

23

² Beurteilungsmaßstäbe zur inhalativen Exposition sind in Abschnitt 5.1 der TRGS 402 genannt.

6.3.3 Informationsquellen

Die für die Gefährdungsbeurteilung notwendigen Informationen kann der Unternehmer oder die Unternehmerin den Daten des Lieferanten entnehmen oder muss diese aus anderen, mit zumutbarem Aufwand zugänglichen Quellen beschaffen. Der Lieferant muss für jeden gefährlichen Stoff und jedes gefährliche Gemisch ein Sicherheitsdatenblatt spätestens mit der ersten Lieferung und später nach jeder Überarbeitung kostenlos zur Verfügung stellen. Sicherheitsdatenblätter müssen auch bei den Anwendenden mindestens 10 Jahre nach der letzten Verwendung der Stoffe oder Gemische zur Verfügung gehalten werden.

Unternehmerinnen und Unternehmer müssen das Sicherheitsdatenblatt auf offensichtlich unvollständige, widersprüchliche oder fehlerhafte Angaben überprüfen. Erforderlichenfalls muss beim Lieferanten nachgefragt und ein korrektes Sicherheitsdatenblatt von diesem angefordert werden.

Gelingt dies nicht oder bleiben Fragen offen, müssen Unternehmerinnen und Unternehmer diese Informationen aus anderen Quellen selbst beschaffen oder die Gefährdungen, zu denen keine Informationen vorhanden sind, als vorhanden unterstellen und die entsprechenden Maßnahmen festlegen.

Als einfach zugängliche Informationsquellen können zum Beispiel die Informationen aus Datenbanken der Unfallversicherungsträger – insbesondere GESTIS, GisChem, WINGIS-online – oder aus anderen Schriften und Medien herangezogen werden. Nähere Informationen zum Vorgehen und zu verschiedenen Datenquellen können der DGUV Information 213-082 „Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun?“ (Merkblatt M 060 der BG RCI) entnommen werden (insbesondere Abschnitte 4 und 10).

140 137 157

82

149

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit zur Recherche in den allgemein zugänglichen Datenbanken der ECHA. Unter echa.europa.eu/de/information-on-chemicals können Informationen zu den in der EU registrierten Stoffen (als Reinstoff oder Gemischbestandteil) abgefragt werden. Es wird empfohlen, hierzu die CAS-Nummer zu verwenden.

19 30

6.4 Substitutionsprüfung

Im Rahmen der Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung ist immer auch die Möglichkeit einer Substitution zu prüfen. Dabei ist zu beurteilen, ob durch den Ersatz von Stoffen, Gemischen und Erzeugnissen oder durch eine Änderung der Herstellungs- und Verwendungsverfahren Gefährdungen der Beschäftigten vermieden beziehungsweise vermindert werden können. Das Ergebnis der Substitutionsprüfung ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Sind bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen Maßnahmen nach § 9 oder § 10 der Gefahrstoffverordnung zu ergreifen, ist der Verzicht auf eine technisch mögliche Substitution in der Dokumentation zu begründen.

Bei Tätigkeiten mit KMR-Stoffen³ der Kategorie 1A oder 1B ist der zuständigen Behörde auf Verlangen das Ergebnis der Substitutionsprüfung mitzuteilen. Dies umfasst auch weitere Informationen wie zum Beispiel Angaben über angewandte Verfahren, Menge der hergestellten beziehungsweise verwendeten Gefahrstoffe oder Art und Ausmaß der Exposition.

Möglichkeiten der Substitutionsermittlung werden in Kapitel 8 erläutert.

Derzeit ist für die meisten Einsatzgebiete von Styrol kein geeigneter Ersatzstoff vorhanden. Bei der Karosserieinstandsetzung kann aber beispielsweise der Einsatz styrolhaltiger Polyesterharz-Spachtelmassen sowie die nachfolgende Überlackierung durch Anwendung wirksamer mechanischer Ausbeulungsverfahren (zum Beispiel bei kleineren Hagelschäden) wesentlich reduziert werden.

3 krebserzeugend, keimzellmutagen, reproduktionstoxisch

19 21 6.5 Beurteilung der Gefährdungen

Wesentlicher Bestandteil der Gefährdungsbeurteilung ist eine Bewertung der mit den Tätigkeiten verbundenen Gefährdungen durch Einatmen (inhalativ), durch Hautkontakt (dermal) und durch Verschlucken (oral) sowie der physikalisch-chemischen Gefährdungen (zum Beispiel Brand- und Explosionsgefährdungen). Zu den Grenzwerten siehe Kapitel 5 sowie Anhänge 1 und 2.

22 23 6.5.1 Inhalative und dermale Gefährdung

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.

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

Arbeitsmedizinische Vorsorgen geben im Einzelfall Hinweise auf solche Gefährdungen (siehe Abschnitt 10.8).

6.5.2 Physikalisch chemische Wirkungen

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 Anhang 1 und in den Sicherheitsdatenblättern (siehe Abschnitt 6.3.3) der Hersteller/Inverkehrbringer aufgeführt.

Mit Hilfe der physikalisch-chemischen Eigenschaften können Unternehmerinnen und Unternehmer ermitteln und bewerten, ob Styrol und styrol-haltige Gemische aufgrund ihrer Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz verwendet werden, zu Brand- und Explosionsgefahren führen.

Zu Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren siehe Abschnitt 9.10.

19 24 6.6 Festlegung notwendiger Schutzmaßnahmen

Nach Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen erfolgt die Festlegung von Schutzmaßnahmen. Hinsichtlich der Rangfolge der Schutzmaßnahmen ist das sogenannte „**S-T-O-P**“-Prinzip zu beachten (siehe Abbildung 4): **S**ubstitution → **T**echnische Schutzmaßnahmen → **O**rganisatorische Schutzmaßnahmen → **P**ersönliche Schutzmaßnahmen.

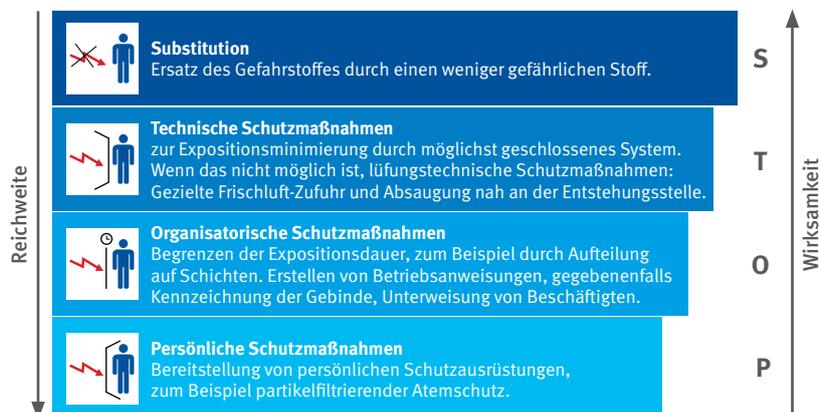


Abbildung 4: Rangfolge der Schutzmaßnahmen nach dem STOP-Prinzip

An erster Stelle steht die Substitution. Hier ist zu prüfen, ob Gefahrstoffe und Verfahren durch weniger gefährliche ersetzt werden können (siehe Abschnitt 6.4 und Kapitel 8).

Kann eine Gefährdung der Beschäftigten durch Substitution der Gefahrstoffe oder Änderung des Verfahrens nicht ausgeschlossen oder auf ein tolerierbares Maß reduziert werden, sind vorrangig technische (siehe Kapitel 9) und organisatorische Schutzmaßnahmen (siehe Kapitel 10) zu treffen. Lassen sich dadurch nicht alle Gefährdungen vermeiden, sind persönliche Schutzmaßnahmen zu treffen (siehe Kapitel 11), insbesondere sind geeignete persönliche Schutzausrüstungen (PSA) bereitzustellen und zu benutzen.

In den §§ 7–9 nennt die Gefahrstoffverordnung aufsteigend Maßnahmen für das sichere Arbeiten mit Gefahrstoffen und beschreibt gestaffelt technische, organisatorische, kollektive, hygienische, persönliche und verhaltensbezogene Schutzmaßnahmen, die geeignet sind, die ermittelten Gefährdungen zu verhindern oder auf ein tolerierbares Risiko zu verringern.

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

7A Grundpflichten:

Grundmaßnahmen des Arbeitsschutzes wie zum Beispiel Substitution, Minimierungsgebot, Anwendung geeigneter Verfahren nach dem Stand der Technik, kollektive technische Schutzmaßnahmen an der Gefahrenquelle, Überprüfung der Einhaltung der Luftgrenzwerte oder Tragepflicht für persönliche Schutzausrüstungen bei Gefährdung.

Allgemeine Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen:

Allgemeine bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen immer umzusetzende Schutzmaßnahmen sind zum Beispiel eine geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes und der Arbeitsorganisation, das Bereitstellen geeigneter Arbeitsmittel und Wartungsverfahren, Hygienemaßnahmen, Identifizierbarkeit und sichere Lagerung von Gefahrstoffen sowie die Begrenzung der Zahl der Exponierten, der vorgehaltenen Mengen am Arbeitsplatz und der Expositionsdauer und -höhe.

Zusätzliche Schutzmaßnahmen:

Verwendung von geschlossenen Systemen (falls eine Substitution technisch nicht möglich ist und eine Gefährdung durch Inhalation besteht), unverzügliche Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen (falls technische und organisatorische Möglichkeiten ausgeschöpft sind), getrennte Aufbewahrung von Arbeits- und Straßenkleidung, Reinigung der Arbeitskleidung durch das Unternehmen, Zugangsbeschränkung für Arbeitsbereiche und Sicherung von Alleinarbeit durch technische Schutzmaßnahmen oder Aufsicht.

Spezielle Schutzmaßnahmen:

Spezielle Schutzmaßnahmen, die auf weitere Gefährdungen abzielen, enthalten die §§ 10–13 sowie der Anhang I der Gefahrstoffverordnung.

Diese ergänzenden Schutzmaßnahmen betreffen beispielsweise:

- › Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A und 1B (§ 10 GefStoffV),
- › Brand- und Explosionsschutz (§ 11 und Anhang I Nr. 1 GefStoffV),
- › physikalisch-chemische Gefahren (§ 11 GefStoffV) und
- › Stäube (Anhang I Nr. 2 GefStoffV).

Die konkrete Auswahl, Festlegung und Umsetzung der Maßnahmen ist immer das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung.

6.7 Wirksamkeitskontrolle und Dokumentation

Die Wirksamkeit, der zu treffenden oder bereits getroffenen Schutzmaßnahmen, muss überprüft werden. Dazu gehört beispielsweise:

- › Überprüfung der Einhaltung der Luftgrenzwerte (Arbeitsplatzgrenzwert (AGW), Akzeptanz- und Toleranzkonzentration oder sonstiger Bewertungsmaßstäbe) zum Beispiel durch Messungen (siehe Kapitel 7),
- › Überprüfung der Einhaltung des biologischen Grenzwerts (BGW),
- › die regelmäßige Überprüfung von Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen,
- › Überprüfung der Einhaltung organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen.

Liegen Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge vor, sind diese in die Wirksamkeitskontrollen einzubeziehen.

Bei Tätigkeiten mit einer geringen Gefährdung kann gemäß § 6 Abs. 10 der Gefahrstoffverordnung auf eine detaillierte Dokumentation verzichtet werden.

Die Gefährdungsbeurteilung ist auf Verlangen den zuständigen Behörden vorzulegen.

Hinweise zu Arbeitshilfen für die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung siehe Abschnitt 6.2.

7 Arbeitsplatzüberwachung/Expositionsermittlung

23 7.1 Beurteilung der inhalativen Gefährdung gemäß TRGS 402

39 Ist das Auftreten von Styrol in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so ist zu ermitteln, ob der Arbeitsplatzgrenzwert sowie die zulässige Spitzenkonzentration gemäß TRGS 900 eingehalten sind. Bei Vorliegen mehrerer verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz sind die Vorgaben der TRGS 402 (zum Beispiel die Summenindexberechnung) zu berücksichtigen.

Das Ausmaß der Exposition am Arbeitsplatz kann zum Beispiel festgestellt werden anhand von

- › Konzentrationsmessungen gemäß TRGS 402 (siehe Abschnitt 7.1.1),
- › Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten (siehe Abschnitt 7.1.2),
- › zuverlässigen Berechnungen von hinreichender Plausibilität (siehe Abschnitt 7.1.3).

154 139 Die Ermittlung der Exposition nach TRGS 402 darf nur von Personen durchgeführt werden, die über die notwendige Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen verfügen. Dies können zum Beispiel akkreditierte Messstellen sein. Ein Verzeichnis solcher Messstellen wird vom Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V. unter www.bua-verband.de/gefahrstoffmessungen veröffentlicht.

Die ermittelte Exposition ist im Hinblick auf eine Gefährdung der Beschäftigten und die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen zu beurteilen. Das Ergebnis der Beurteilung ist der Befund. Der Befund ist zu begründen und zu dokumentieren.

Wenn der Befund lautet „Schutzmaßnahmen nicht ausreichend“ sind die betroffenen Beschäftigten und der Betriebsrat zu informieren sowie unverzüglich expositionsminimierende Maßnahmen vorzunehmen.

7.1.1 Bestimmung der Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz

122 23 Für Messverfahren, die zur Beurteilung der Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz herangezogen werden, gelten bestimmte Anforderungen. Die Anforderungen sind in der DIN EN 482 und in der DIN EN ISO 22065 niedergelegt. Besonders geeignet für die Beurteilung von Arbeitsplätzen sind Messstellen, wenn sie die detaillierten Anforderungen der Anlage 1 der TRGS 402 sowie der DIN EN ISO/IEC 17025 erfüllen.

129 Für Konzentrationsbestimmungen, die über das „Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (MGU)“ durchgeführt werden, ist eine Beschreibung des Messverfahrens in der IFA-Arbeitsmappe Kennzahl 8635 dargestellt.

Direktanzeigende Messgeräte sind in der Regel nur für orientierende Messungen geeignet. Der Vorteil beim Einsatz liegt in der hohen zeitlichen Auflösung. Somit können einzelne Arbeitsschritte verfolgt werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der direkten Beurteilung der Lüftungsverhältnisse und technische Schutzmaßnahmen können im Vergleich direkt geprüft werden.

Beim Einsatz von Photoionisationsdetektoren (PID) ist besonders zu beachten, dass es sich hierbei um ein nicht selektives Verfahren handelt und alle ionisierbaren Substanzen als Summenparameter ausgegeben werden. Das Ansprechverhalten gegenüber Styrol ist meist deutlich geringer als gegenüber Lösemitteln und es kann dadurch zu höheren Anzeigewerten auf dem PID führen.

Beim Einsatz höherwertiger mobiler IR-Analysatoren oder Gaschromatographen kann die Querempfindlichkeit der Messungen reduziert werden.

7.1.2 Expositionsabschätzung anhand vergleichbarer Anlagen und Tätigkeiten

Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten können zur Abschätzung der Konzentration von styrolhaltigen Dämpfen am Arbeitsplatz herangezogen werden, zum Beispiel, wenn Messungen für gleichartige Anlagen vorliegen.

In der Praxis hat es sich gezeigt, dass bei den folgenden Arbeitsverfahren und Prozessschritten die Styrolkonzentration am Arbeitsplatz deutlich überschritten wird:

- › Säureschutzbau (Wickelverfahren auf Baustellen) (siehe Abschnitt 9.11),
- › großflächiges Verarbeiten von styrolhaltigen Reaktionsharzen,
- › Handlaminieren im Innenbereich,
- › GFK-Großteilfertigung,
- › großflächiger Auftrag von Polyester-Spachtelmassen.

- ⑫¹ Weitere Hinweise sind auch im BK-Report 1/2018 „BK 1317 – Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“ zu finden.

7.1.3 Ermittlung mittels zuverlässiger Berechnungen

- ⑫¹ Eine Möglichkeit zur rechnerischen Ermittlung der Styrolkonzentration bietet der GESTIS-Stoffenmanager®: www.dguv.de/ifa/gestis-stoffenmanager.

Der verwendete Algorithmus basiert auf einem „Emissionsquelle-Empfänger-Ansatz“. Die Kalibrierung der Modelle zur Beurteilung der Exposition bei Tätigkeiten mit staubigen Produkten, leicht- und schwerflüchtigen Flüssigkeiten sowie bei spannenden Arbeiten in der Stein- und Holzbearbeitung erfolgte durch eine Korrelation mit über 700 Expositionsmessungen.

- ⑫² Ergebnisse verschiedener Validierungsuntersuchungen, unter anderem auch mit Expositionsdaten aus der IFA-Expositionsdatenbank MEGA, zeigten, dass der GESTIS-Stoffenmanager® eine allgemein gute Expositionsabschätzung liefert.

- ⑫³ Bei einer Änderung der Rahmenbedingungen wie z. B. bei einer Änderung der Größe und Geometrie der Formteile oder bei veränderten Luftgeschwindigkeiten und Strömungsverhältnissen am Arbeitsplatz, ist die Berechnung entsprechend anzupassen.

8 Substitution

Die Gefahrstoffverordnung nennt die Substitution als vorrangig durchzuführende Schutzmaßnahme mit dem Ziel, Gefährdungen zu beseitigen oder zumindest zu minimieren. Erst nach erfolgter Prüfung von Substitutionsmöglichkeiten sind, abhängig vom Resultat, weitere Maßnahmen festzulegen und umzusetzen. Die Substitutionsprüfung und deren Ergebnis sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung werden in der TRGS 600 „Substitution“ konkretisiert. Sie beschreibt Leitkriterien für die Vorauswahl aussichtsreicher Möglichkeiten einer Substitution, Kriterien für technische Eignung, gesundheitliche und physikalisch-chemische Gefährdungen und gibt Hinweise für die Entscheidung über die Realisierung der Substitution sowie zur Dokumentation. Als Hilfestellung bei der vergleichenden Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen kann das in Anhang 2 der TRGS 600 beschriebene Spaltenmodell des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) verwendet werden (nähere Informationen unter www.dguv.de, Webcode: d124774).

Die Substitutionslösung muss die Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz insgesamt verringern. Dies kann erreicht werden, wenn

- › Tätigkeiten mit Gefahrstoffen vermieden werden,
- › Gefahrstoffe durch Stoffe, Gemische oder Verfahren ersetzt werden, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Beschäftigten keine oder eine geringere Gefährdung darstellen, oder
- › gefährliche Verfahren durch weniger gefährliche Verfahren ersetzt werden.

Gleichzeitig sollte sie zu keiner Erhöhung anderer Gefährdungen am Arbeitsplatz und zu keiner erhöhten Beeinträchtigung anderer Schutzgüter (Umweltschutz, Verbraucherschutz) führen.

Im Fall von Styrol und styrolhaltigen Gemischen können beispielsweise die folgenden Maßnahmen in Frage kommen:

- › Ersatz durch gefahrstofffreie Verfahren,
- › Ersatz durch weniger gefährliche Harzsysteme,
- › Ersatz durch weniger gefährliche Reaktionsverdünner,
- › Ersatz durch emissionsgeminderte Harze,
- › Ersatz durch geschlossene Verfahren (z. B. Injektionsverfahren).

8.1 Einsatz emissionsgeminderter Harze

Neben thixotropen Laminierharzen mit verminderter Styrolemission sind heute auch nicht-thixotrope UP- und VE-Harze mit verminderter Styrol-emission Stand der Technik. In beiden Fällen wird die Freisetzung von Styroldämpfen durch Zusatz spezieller Hautbildner reduziert. Da der Einsatz von Hautbildnern die Verarbeitungseigenschaften der Reaktionsharze beeinflussen kann (zum Beispiel die Haftung von Überlaminaten), muss die Einsatzmöglichkeit solcher Harze für die vorgesehene Anwendung geprüft werden.

Lichthärtende Reaktionsharze enthalten Initiatoren, die eine durch langwelliges UV-Licht induzierte Härtung ermöglichen. Nach Einschalten der UV-Lichtquelle härten entsprechende Harze von außen nach innen, sodass sich eine Haut über dem Laminat bildet. Eine weitere Freisetzung von Styroldämpfen wird dadurch deutlich vermindert. Abtropfendes Harz, das sich außerhalb des Strahlungsbereichs der UV-Lichtquelle befindet, kann ohne Qualitätseinbußen wiederverwendet werden, sodass der Harzabfall gering gehalten wird.

8.2 Geschlossene Verarbeitungsverfahren

Bei emissionsgeminderten Harzen wird die Freisetzung von Styroldämpfen durch Hautbildung auf der Laminatoberfläche reduziert. Da diese Harze erst in der Härtungsphase, also nach Beendigung des Laminierens, wirken und sich überdies nicht für alle Verarbeitungsverfahren eignen, sind in diesen Fällen betriebs- und verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung der Styrolemission von vorrangiger Bedeutung.

So ist bei automatisierter Produktion, zum Beispiel bei kontinuierlichen Imprägnierverfahren, oftmals eine Kapselung, also eine vollständige Einhausung der Produktionseinrichtung, möglich. Hierdurch kann jedoch die untere Explosionsgrenze überschritten werden, weshalb Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes zu beachten sind (vergleiche Abschnitt 9.10).

Bei der Fertigung von Einzelteilen, insbesondere bei kompliziert geformten, großvolumigen Teilen (zum Beispiel Bootsrümpfen oder Fassadenverkleidungen von Schaustellerbetrieben), sowie bei der Produktion von Kleinserien ist eine Automation ausgeschlossen. In vielen Fällen lässt sich aber durch den Einsatz von Vakuuminjektions- oder RTM-Verfahren (Resin Transfer Moulding) eine Kapselung erzielen.

9 Technische Schutzmaßnahmen

Kann eine Gefährdung der Beschäftigten durch Substitution der Gefahrstoffe nicht ausgeschlossen oder auf ein Minimum reduziert werden, sind vorrangig technische Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen sind gemäß Gefahrstoffverordnung regelmäßig, im Allgemeinen mindestens jedes dritte Jahr zu überprüfen. Darüber hinaus sieht die Gefahrstoffverordnung für bestimmte Maßnahmen spezifische Prüffristen vor: So sind beispielsweise Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben mindestens jährlich auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen, zu warten und gegebenenfalls in Stand zu setzen. Andere Vorschriften, wie z. B. die Betriebssicherheitsverordnung, geben ebenfalls einzuhaltende Prüffristen vor.

Da für manche Sicherheitseinrichtungen die vorgegebenen Prüfintervalle sehr groß sein können, haben sich in der Praxis häufig kürzere Prüffristen bewährt. Diese sind in den unterschiedlichen DGUV Regeln und DGUV Informationen enthalten.

Das Ergebnis der Prüfungen ist zu dokumentieren.

9.1 Anlagen und Verfahren

Anlagen, Maschinen und Arbeitsverfahren sind so zu konzipieren, dass styrolhaltige Dämpfe oder Schwebstoffe nicht frei werden. Ist das technisch nicht möglich, so sind Dämpfe oder Schwebstoffe an der Entstehungs- oder Austrittsstelle durch Absaugung zu erfassen und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt zu entsorgen. Ist eine vollständige Erfassung nicht möglich, sind zusätzlich geeignete Lüftungsmaßnahmen (Be- und Entlüftung) zu treffen. Siehe auch Beispielsammlung in Anhang 3.

Besteht die Gefahr, dass bei der Verarbeitung von Styrol oder styrolhaltigen Gemischen in geschlossenen Anlagen der zulässige Betriebsdruck eines Anlagenteils überschritten wird, sind geeignete Sicherheitseinrichtungen wie z. B. Ausdehnungsbehälter, Berstscheiben oder Sicherheitsventile vorzusehen. Abluft aus den Sicherheitseinrichtungen ist gefahrlos für Mensch und Umwelt abzuleiten; sie darf dabei nicht in Arbeitsbereiche geführt werden. Die Sicherheitseinrichtungen bedürfen einer den betrieblichen Verhältnissen angepassten regelmäßigen Überprüfung.

Soweit erforderlich sind Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen zu treffen, siehe Abschnitt 9.10.2.

Arbeitsverfahren sollten so gestaltet sein, dass Beschäftigte nicht mit Styrol in Hautkontakt kommen, zum Beispiel durch automatisierte Auftragsverfahren.

⑪ 9.2 Arbeits- und Lagerräume

⑭ Räume, in denen mit Styrol umgegangen wird, dürfen keinen Bodenabfluss haben und müssen gut durchlüftet sein. Reicht natürliche Lüftung nicht aus, so ist eine technische Lüftung erforderlich. Abluftführungen sind so zu gestalten, dass schadstoffhaltige Luft nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt wird (siehe Abschnitt 9.9).

⑬ 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.

③⑥

⑰ Unbefugte dürfen die Räume nicht betreten. Entsprechende Hinweisschilder sind anzubringen.

⑵⑨ Hinweise für Schutzmaßnahmen in Laboratorien enthält die DGUV Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“.

9.3 Bereitstellung, Lagerung und Transport

19 49 53 Styrol und styrolhaltige Gemische sind unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und Technischen Regeln so aufzu-
25 26 bewahren und zu lagern, dass Mensch und Umwelt nicht gefährdet werden.

Da Styrol bereits bei Raumtemperatur merklich polymerisiert, wird es in stabilisiertem Zustand transportiert und gelagert. Hierbei ist zu beachten, dass die Stabilisierung im Laufe der Zeit, zum Beispiel während längerer Lagerung, verloren gehen kann.

26 84 Behälter sind dicht geschlossen an einem kühlen, gut gelüfteten Ort unter Lichtausschluss zu lagern. Die vom Hersteller empfohlene Lagertemperatur sowie eventuelle Beschränkungen bei Zusammenlagerung mit anderen Stoffen und Gemischen sind zu beachten. Es empfiehlt sich die Aufbewahrung im Originalgebinde. Werden Styrol oder styrolhaltige Gemische umgefüllt, sind die verwendeten Behälter wie das Originalgebinde zu kennzeichnen. Behälter, durch deren Form oder Kennzeichnung der Inhalt mit Lebensmitteln verwechselt werden kann (zum Beispiel Getränkeflaschen oder Kaffeetassen), dürfen nicht verwendet werden.

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

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

26 Weiterführende Informationen und Hinweise zur sicheren Lagerung von Gefahrstoffen finden sich in der TRGS 510 „Lagerung
83 von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ sowie in den DGUV Informationen 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“
84 und 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblätter M 062 und M 063 der BG RCI). Darüber hinaus können sich aus den einschlägigen Vorschriften zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen weitere Anforderungen an die Lagerung von Gefahrstoffen ergeben (siehe Abschnitt 9.7).

46 133 Der Transport von Styrol und styrolhaltigen Gemischen auf öffentlichen Verkehrswegen ist durch eine Reihe nationaler und internationaler verkehrsrechtlicher Vorschriften geregelt. Hilfestellung geben:

- 60 > DGUV Information 213-050 „Gefahrgutbeauftragte“ (Merkblatt A 002 der BG RCI),
- 64 > DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013 der BG RCI) und
- 65 > DGUV Information 213-012 „Gefahrgutbeförderung in PKW und in Kleintransportern“ (Merkblatt A 014 der BG RCI).

9.4 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).

9.5 Reinigung

Anlagenteile, Apparaturen und Einrichtungen, in denen mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen gearbeitet wird, sind so auszulegen, dass sie leicht und idealerweise automatisiert, also mit möglichst wenig händischem Aufwand gereinigt werden können.

Die Umgebung der Anlagenteile und Apparaturen muss ebenfalls leicht und gefahrlos zu reinigen sein. Böden und Anlagenteile können mit Pappe, Papier oder Folien abgedeckt werden, solange es sich nicht um einen explosionsgefährdeten Bereich der Zone 0 oder 1 handelt (siehe Abschnitt 9.10).

19 36 88 104

Um eine Belastung der Raumluft durch Lösemitteldämpfe zu vermeiden oder gering zu halten, dürfen Reinigungsarbeiten nur in speziellen Einrichtungen wie beispielsweise in Wäschern, Kabinen, abgetrennten Räumen oder an abgesaugten Tischen durchgeführt werden.

Darüber hinaus lassen sich konventionelle Lösemittel wie zum Beispiel Aceton oder Dichlormethan oftmals durch den Einsatz dibasischer Ester ersetzen. Hierbei handelt es sich um Gemische aus den Methylestern der Adipin-, Glutar- und Succinylsäure. Aufgrund ihres niedrigen Dampfdrucks weisen dibasische Ester eine geringe Flüchtigkeit auf; gleichzeitig zeichnen sie sich durch einen Flammpunkt weit oberhalb von 60 °C aus, weshalb unter Normalbedingungen nicht mit der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist.

111 Weitergehende Informationen zum Einsatz von Reinigungseinrichtungen und -flüssigkeiten finden sich in der DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“, in der DGUV Information 213-072 „Lösemittel“ (Merkblatt M 017 der BG RCI) und in den Merkblättern M 040 „Chlorkohlenwasserstoffe“ und M 043 „Kaltreiniger“ der BG RCI.

77

78

Verschüttetes oder ausgelaufenes Styrol ist unverzüglich durch saugfähige, nicht-brennbare Medien aufzunehmen und zu beseitigen. Auf jeden Fall ist die Ausbreitung von flüssigem Styrol oder styrolhaltigen Gemischen zu verhindern. Hierfür haben sich neben speziellen Absorbieren auch Perlit, Zement oder Sand in der Praxis bewährt. Darüber hinaus kann Styrol auch mittels einer entsprechend ausgelegten Membranpumpe (explosionsgeschützt) aufgesaugt werden. Bei der Beseitigung ist auf das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstungen zu achten (siehe Abschnitt 11.3).

Hinweise zu Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung können auch den jeweiligen Sicherheitsdatenblättern der Hersteller oder den Datenbanken der Unfallversicherungsträger (GESTIS, GisChem und WINGIS-online) entnommen werden.

140 137 157

9.6 Abfall

Ausgehärtete Kunststoffe sind zurzeit nicht als gefährliche Abfälle eingestuft, bei Bedarf können sie zur Entsorgung mit staubarmen Methoden zerkleinert werden. Rohstoffe und nicht vollständig restentleerte Gebinde sind in der Regel gefährliche Abfälle.

Für Abfälle gilt ein allgemeines Vermischungsverbot. Bei gefährlichen Abfällen soll damit die Gefahr von Reaktionen eingedämmt werden, auch für nicht gefährliche Abfälle wird so die Verwertung vereinfacht.

Für alle Tätigkeiten mit Abfällen gelten die in dieser Schrift aufgeführten Schutzmaßnahmen. Insbesondere ist auch für nicht gefährliche ausgehärtete Kunststoffe bei der Entsorgung darauf zu achten, dass Staubeentwicklung vermieden wird.

20 Unbeschadet abfallrechtlicher Vorschriften regelt die TRGS 201 die Anwendung der Kennzeichnungsvorschriften der Gefahrstoffverordnung für Abfälle, soweit es sich um Gefahrstoffe handelt und Tätigkeiten mit ihnen ausgeübt werden.

Angaben über eine ordnungsgemäße Abfallbehandlung von Stoffen/Gemischen und deren Verpackungen sind auch im Abschnitt 13 der jeweiligen Sicherheitsdatenblätter enthalten.

54 Eine der Grundpflichten aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz ist die Abfallvermeidung. Die fünfstufige Abfallhierarchie räumt dem Recycling Vorrang vor sonstigen Verwertungsverfahren ein. Weitergehende rechtsverbindliche Auskünfte zum Abfallrecht, zum Beispiel zur Nachweisführung bei der Entsorgung, gibt die Abfallberatung vor Ort – zuständige Behörden sind Stadtverwaltungen oder Landratsämter. Pragmatische Lösungsvorschläge zur Entsorgung bestimmter Abfallfraktionen haben Entsorgungsfachbetriebe.

9.7 Abwasser

Styrol und ungesättigte Polyesterharze sind deutlich wassergefährdend (WGK 2). In den Tabellen im Anhang 2 finden sich die Wassergefährdungsklassen weiterer ausgewählter Stoffe.

- 151 Die Einstufung von Stoffen und Gemischen in Wassergefährdungsklassen (WGK) ist in der Verordnung über Anlagen zum
- 53 Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) geregelt. Aus dieser Einstufung ergeben sich technische und organisatorische Anforderungen an Anlagen (zum Beispiel Rückhalteflächen und Rückhaltevolumen oder Prüfpflichten) sowie an Sachverständige und Fachbetriebe.
- 52 53 Wasserrechtliche Anforderungen an Anlagen finden sich im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und der AwSV. Für Abwasser sind Bedingungen für In-direkteinleitungen in kommunale Abwasseranlagen und Direkteinleitungen zu beachten. Einleitungsverbote, Einleitungsbeschränkungen und Überwachungsregelungen sind in der Abwasserverordnung, den In-direkteinleiterverordnungen der Länder und im kommunalen Satzungsrecht festgelegt.

Weiterführende Informationen geben die zuständigen Unteren Wasserbehörden, Sachverständigenorganisationen, Güte- und Überwachungsgemeinschaften oder nach WHG zertifizierte Fachbetriebe. Die Unteren Wasserbehörden sind in der Regel die Verwaltungen der Landkreise und kreisfreien Städte.

9.8 Abluft

- 47 Anforderungen an Emissionswerte der Abluft aus der Produktion sind im Bundes-Immissionsschutzgesetz und den nach-
- 50 47 geordneten Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BImSchV) geregelt.
- 50 In der 31. BImSchV werden Festlegungen zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel getroffen. Sie ist auch für Anlagen zur Verarbeitung von flüssigen ungesättigten Polyesterharzen anzuwenden. Dabei ergänzt sie die 4. BImSchV und die Regelungen der TA Luft für genehmigungsbedürftige
- 48 51 Anlagen, indem sie die allgemeinen Anforderungen konkretisiert. Zusätzliche, nicht genehmigungsbedürftige Anlagen sind bei den Umweltbehörden der Länder anzuzeigen. Die 31. BImSchV nennt hierzu für bestimmte Anlagenarten und Tätigkeitskategorien Schwellenwerte flüchtiger organischer Verbindungen und fordert eine jährliche Lösemittelbilanzierung für alle Abgase. Die Summe aller Emissionen ergibt sich aus den gefassten behandelten und unbehandelten Emissionen und den diffusen Emissionen.

Lösemittlemissionen sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen an flüchtigen organischen Verbindungen. Das sind alle Verbindungen, die ohne chemische Veränderung unter Prozessbedingungen ins Abgas gelangen können, also zum Beispiel Dispergiemittel, Konservierungsstoffe oder Weichmacher. Zu berücksichtigen sind auch Reinigungsmittel wie Aceton. Styrol ist Reaktionspartner und gleichzeitig organisches Lösemittel im Sinne der 31. BImSchV. Der Anteil an Styrol, der reagiert, wird nicht angerechnet -> nur der Anteil an Styrol, der nicht reagiert, wird bei der Lösemittelbilanz mitberücksichtigt.

- 51 Die TA Luft weist darauf hin, dass bei der Verarbeitung von Polyesterharzen die Möglichkeiten auszuschöpfen sind, die Styrolemissionen durch primärseitige Maßnahmen vermindern, zum Beispiel durch Einsatz styrol-arter oder styrolfreier Harze.

- 50 Eine sekundärseitige Reinigung lösemittelhaltiger Abluftströme durch Nachverbrennung oder Adsorptionsverfahren ist Stand der Umwelttechnik, jedoch nicht Bestandteil dieser Schrift. Die 31. BImSchV weist auch auf die Möglichkeit hin, Reduzierungspläne zur Emissionsminderung aufzustellen. Für Genehmigungs- und Anzeigeverfahren, die Festlegung anlagenbezogener Emissionsgrenzwerte und alle Fragen zur Umsetzung der genannten Rechtsverordnungen zuständig sind die Immissionsschutzbehörden der Länder.

- 51 Abschnitt 15 des Sicherheitsdatenblatts enthält Informationen zu den in Deutschland gültigen Rechtsvorschriften. Hier sollten stets Angaben zur Wassergefährdungsklasse vorhanden sein. Zusätzlich sind Nummer und Klasse nach TA Luft (sofern anwendbar) für relevante Stoffe und relevante Stoffe in Gemischen angegeben sowie der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC – Volatile Organic Compounds) nach der 31. BImSchV.
- 50

9.9 Lufttechnische Maßnahmen

Zu den lufttechnischen Maßnahmen zählen die

- › Erfassung der Emissionen an der Entstehungs- und Austrittsstelle,
- › Raumlüftung und
- › Abscheidung der luftfremden Stoffe.

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

Durch die Raumlüftung können nicht vermeidbare 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 oder die direkte Erfassung der nicht vermeidbaren Emissionen von großer Bedeutung.

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 reduziert 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.

Weitere Informationen enthält die DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“.

9.9.1 Erfassung

Die Erfassung von Styrolemissionen an der Entstehungsstelle ist die effizienteste lufttechnische Maßnahme. Sie ist in § 7 Abs. 4 der Gefahrstoffverordnung vorgeschrieben. Auch die Ausbreitung von Styrolemissionen auf bisher unbelastete Bereiche kann damit reduziert oder vermieden werden.

Die Erfassungseinrichtung muss auf den jeweiligen Produktionsprozess abgestimmt sein.

Grundsätzlich unterscheidet man folgende Arten der Erfassung (Abb. 5):

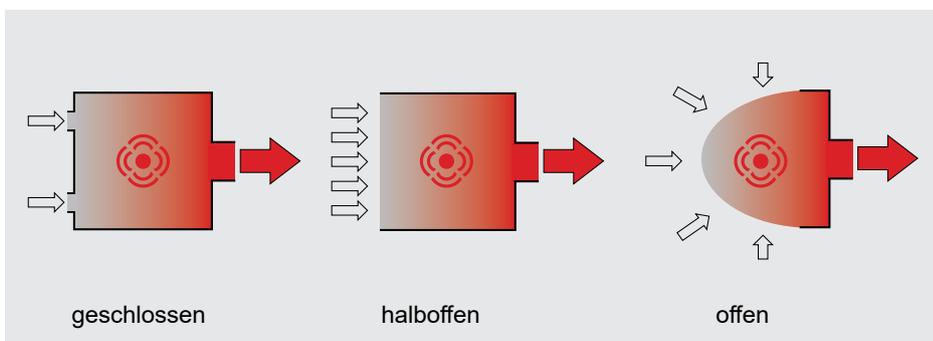


Abbildung 5: Arten der Erfassung

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 oder Arbeitskabinen.

Bei offenen Erfassungseinrichtungen befindet sich die Emissionsquelle außerhalb des Erfassungselementes. Es wirkt allein das Saugfeld dieser Erfassungseinrichtung. Die Reichweite dieser Senkenströmung ist nur sehr begrenzt und anfällig gegen Querströmungen. Abbildung 6 zeigt links das Saugfeld eines einfachen Saugrohres. Die Strömungsgeschwindigkeit ist im Abstand von einem Saugrohrdurchmesser auf 7,5 % der Strömungsgeschwindigkeit im Rohr abgefallen. Ein Flansch (besser Düsenplatte) verbessert die Querströmungsempfindlichkeit und erhöht die Reichweite geringfügig (rechte Seite in Abbildung 6).

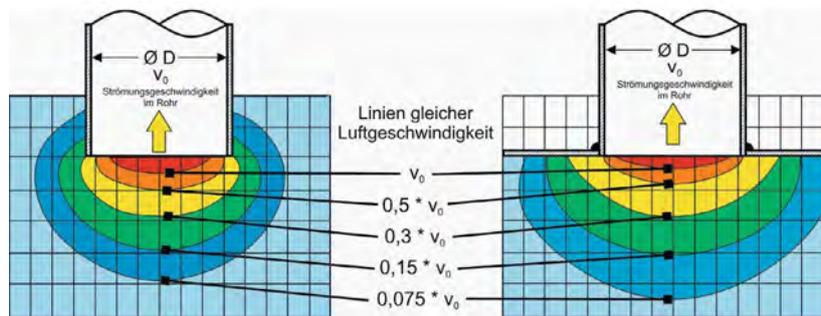


Abbildung 6: Saugfelder eines Saugrohres und eines Saugrohres mit Düsenplatte

Das Freisetzen von Styrol ist in der Regel in Abhängigkeit von der Schichtdicke des verarbeiteten Harzes mit Wärmeentwicklung verbunden. Der daraus resultierende thermische Auftrieb sollte bei der Auslegung von offenen Erfassungselementen (siehe Abbildung 7) berücksichtigt und genutzt werden.

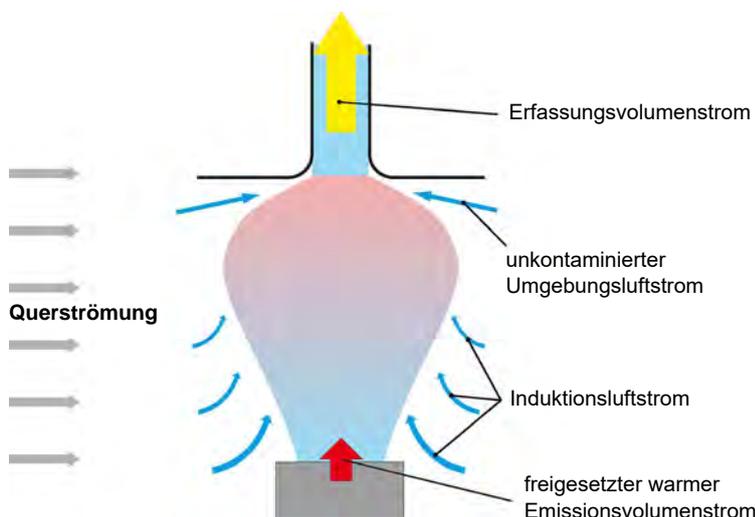


Abbildung 7: Offene Erfassung eines Thermikstromes

⑫ Ausführliche Hinweise zur Dimensionierung von Erfassungseinrichtungen sind in der VDI 2262 Blatt 4 zu finden.

Bei verschiedenen Produktionsverfahren können jedoch auch Stoffausbreitungen durch äußere Kräfte mit gerichteter Eigenbewegung emittierter Teilchen auftreten (zum Beispiel beim Spritzen). Diese Emissionen können aufgrund des hohen Impulses nur in der entsprechenden Bewegungsrichtung erfasst werden.

Durch gezielte Luftnachführung kann die Effizienz der Absaugeinrichtungen verbessert und dem Beschäftigten ein nahezu styrolfreies Umfeld geschaffen werden. Geeignet sind hierzu Strömungsmuster, die in Form von Verdrängungsströmungen am besten oberhalb des Werkstückes und oberhalb des Beschäftigten aufgebaut werden. Die Luftzuführung erfolgt turbulenzarm durch großflächige Luftdurchlässe (zum Beispiel 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 Beschäftigten und am Werkstück entstehende Strömungsimpuls. Bei dieser Strömungsform sollte die Absaugung unmittelbar am Werkstück erfolgen (siehe Abbildung 8).

Die Volumenströme von Zuluft und Absaugung müssen genau aufeinander abgestimmt werden.

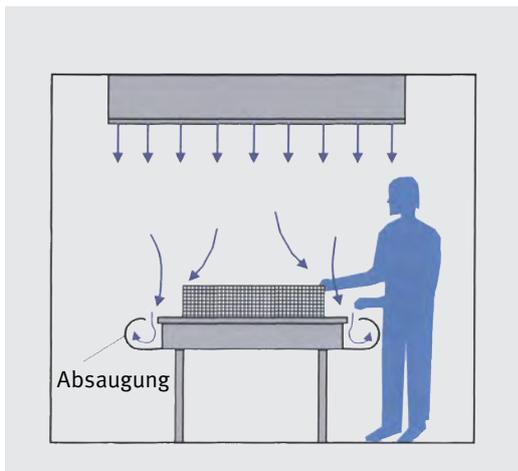


Abbildung 8: Zuluft-unterstütztes System

Beispiele ausgeführter Anlagenkonzepte sind in Anhang 3 wiedergegeben.

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

①99 9.9.2 Raumlüftung

Die Belüftung der gesamten Werkhalle darf nur eine Ergänzung der lokalen Absaugung sein. Die Raumlüftung schützt nicht die Person, die dicht an der Emissionsquelle arbeitet. Sie vermeidet auch nicht die Verschleppung von Luftverunreinigungen in unbelastete Bereiche.

Um eine hinreichende Verdünnung der Styrolkonzentration zu erreichen, müssen sehr hohe Luftvolumenströme bewegt werden. Dies ist aus energetischen Gründen nicht sinnvoll.

Die Luftführung bestimmt die Qualität der Raumlüftung und wird im Wesentlichen durch die Zuluft bestimmt.

Während der Styrolverarbeitung wird in der Regel Reaktionswärme frei. An technischen Einrichtungen wird ebenfalls Wärme freigesetzt. Diese Thermikströmungen werden bei der sogenannten Schichtströmung genutzt (siehe Abbildung 9).

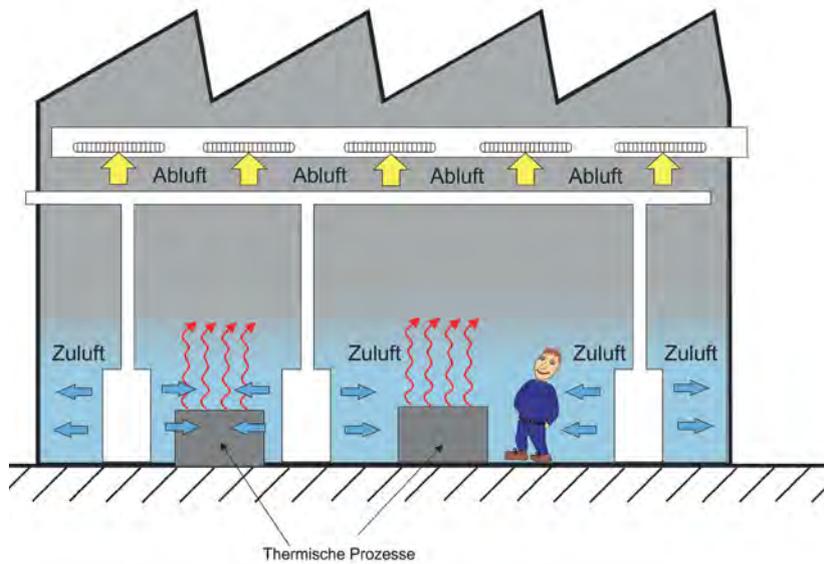


Abbildung 9: Prinzip der Schichtströmung

Der Thermikstrom wird durch die bodennahe Zuluft unterstützt. Die belastete Luft steigt mit der Wärme nach oben und wird dort abgesaugt.

- ⑫ Die Berechnung der notwendigen Luftströme (Zu- und Abluft) erfordert eine genaue Betrachtung des Prozesses. In der VDI 2262 Blatt 4 sind hierfür Berechnungsverfahren angegeben.

Ein weniger geeignetes Konzept ist die Mischlüftung (Abbildung 10). Diese erreicht ihre Wirkung durch die Verdünnung der Styrolkonzentration. Hierzu muss eine möglichst gute Vermischung von Zuluft und Hallenluft erfolgen.

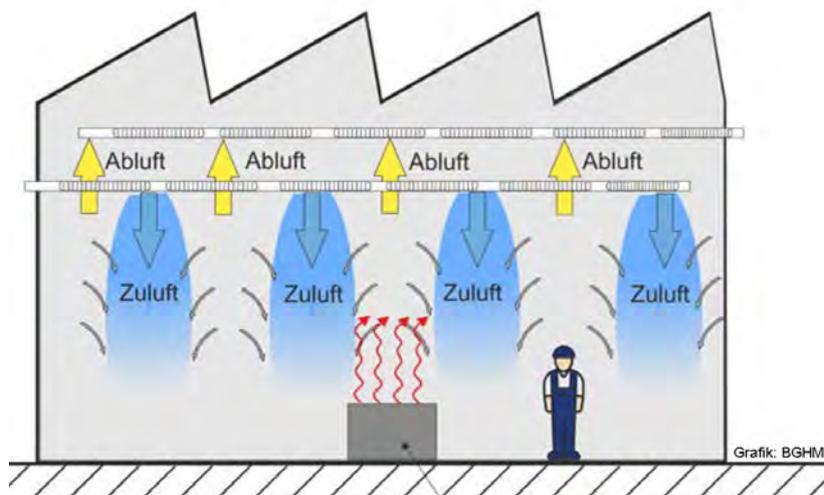


Abbildung 10: Prinzip der Mischlüftung

Das impulsbehaftete Einbringen der Zuluft spült die aufgestiegenen Styrolämpfe wieder in den Arbeitsbereich zurück. Weiterhin führt diese Art der Luftführung bei hohen Volumenströmen oft zu Zuglufterscheinungen.

Beim Einsatz von Raumlüftungsanlagen ist auf die Luftbilanz in den betrachteten Räumen zu achten. Absauganlagen im Fortluftbetrieb entnehmen dem Raum nicht unerhebliche Luftmengen, die bei der Auslegung der Raumlüftung beachtet werden müssen.

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 3,6-mal größer ist als die der Luft (siehe Anhang 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 reichen daher schon aus, um Styroldämpfe über den gesamten Betrieb zu verteilen.

9.9.3 Arbeitsorganisation

Die Absaugeinrichtung ist so zu positionieren, dass das Auftragen von Harz oder das Laminieren immer zwischen den Beschäftigten und der Absaugung stattfinden kann.

Beim Laminieren arbeiten Beschäftigte oftmals zu dicht am Laminat und sind dabei 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.

Formen sollten sofern möglich drehbar ausgelegt werden, damit die Beschäftigten an Stellen mit unbelasteter Atemluft verbleiben können. Ist dies nicht möglich, sollte mit dem Auftragen des Harzes in der Nähe der Absaugung angefangen und von dort entgegen der Absaugrichtung (windaufwärts) weitergearbeitet werden, sodass 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.

Da sich beim Faserspritzverfahren Abzugsfilter schnell mit Faserschnitzeln zusetzen, steigt der Luftwiderstand, sodass 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 aus der Nachbarschaft über Reizungen aufgrund unkontrolliert entweichender styrolbelasteter Luft vorzubeugen.

9.9.4 Abluftreinigung/Abscheidung

- ⑤1 Um die nach der TA Luft geforderten (siehe Abschnitt 9.8) maximal zulässigen Konzentrationen von Styrol in der Abluft einhalten zu können, ist in vielen Fällen, insbesondere bei lokaler Absaugung, eine Abluftreinigung erforderlich. Dafür werden derzeit 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/m³ erforderlich.

Adsorption

Bei der Adsorption ergeben sich Abscheidegrade von 90 bis 95 %, wobei der Styrolgehalt < 2 g/m³ liegen sollte. Eine betriebliche Lösung mit Aktivkohle als Adsorbens ist im Anhang 3 (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/m³ nachweisen.

Ablase-, 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.

9.10 Explosions- und Brandschutz

9.10.1 Beurteilung der Explosionsgefährdungen

19 31 37
104

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

- › Brennbare Stoffe (zum Beispiel Styrol, Lösemittel) liegen als Dämpfe, Nebel, Tröpfchen oder Stäube ausreichender Feinheit in einer bestimmten Konzentration, vermischt mit Luft oder einem anderen Oxidationsmittel vor,
- › brennbare Stoffe liegen in gefährdender Menge vor und
- › es ist mindestens eine wirksame Zündquelle vorhanden.

Liegt das Gemisch aus brennbarem Stoff und Luft oder anderem Oxidationsmittel bei atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur von –20 °C bis 60 °C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar) vor, spricht man von einer explosionsfähigen Atmosphäre. Zur Abschätzung, ob und wo eine explosionsfähige Atmosphäre vorliegen kann, können folgende Kennzahlen herangezogen werden:

- › Explosionsgrenzen,
- › unterer/oberer Explosionspunkt.

Für brennbare Flüssigkeiten kommen vor allem dazu:

- › der Flammpunkt und
- › der Dampfdruck.

Für brennbare Stäube ist die Korngröße eine wichtige Kenngröße.

Liegt die explosionsfähige Atmosphäre in gefährdender Menge vor, spricht man von einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (g. e. A.). Dies ist in geschlossenen Räumen, unabhängig von der Raumgröße, bei mehr als 10 Liter zusammenhängendem Volumen der Fall. Auch kleinere Mengen können bereits gefährdend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden. Auch in Räumen von weniger als 100 m³ 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 zum Beispiel in einem Raum von 80 m³ bereits 8 Liter.

31
19 114

Führt die Gefährdungsbeurteilung gemäß TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines“ zu dem Ergebnis, dass g. e. A. entstehen kann, ist nach § 6 der Gefahrstoffverordnung im Rahmen der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ein Explosionsschutzdokument zu erstellen. Dies ist dann der Fall, wenn Styrol

- › in nicht dauerhaft technisch dichten Anlagen,
- › nicht sicher unter dem Flammpunkt^{4,5} und

4 Der Flammpunkt gilt bei Reinstoffen als sicher unterschritten, wenn die Betriebstemperatur dauerhaft um 5 K darunterliegt. Bei Gemischen muss ein Sicherheitsabstand von 15 K eingehalten werden. Dies gilt nicht für halogenierte Lösemittel und ihre Gemische – in diesen Fällen muss der Untere Explosionspunkt bestimmt werden.

5 Der Flammpunkt von Styrol liegt bei 32 °C. Eine sichere Unterschreitung ist also bei Normalbedingungen bei Temperaturen ≤ 26 °C gegeben. Um von diesem Kriterium Gebrauch machen zu können, muss sichergestellt sein, dass es über die gesamte Betriebszeit hinweg gewährleistet ist – auch in den Sommermonaten.

› in solchen Mengen, dass eine Verdünnung durch die natürliche Lüftung nicht ausreicht, um die Konzentration in der Luft sicher unterhalb der unteren Explosionsgrenze zu halten, verarbeitet wird oder wenn es versprüht wird. Die Gefahr kann auch dann bestehen, wenn ausgehärtete Polyesterharze durch zum Beispiel Schleifen verstaubt werden.

- ①⑨ ①①④ Aus dem Explosionsschutzdokument muss hervorgehen,
- › dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen wurden,
 - › dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (Darlegung eines Explosionsschutzkonzeptes),
 - › ob und welche Bereiche in Zonen eingeteilt wurden,
 - › für welche Bereiche Explosionsschutzmaßnahmen getroffen wurden,
 - › wie die Vorgaben der Gefahrstoffverordnung zur Zusammenarbeit mit Fremdfirmen umgesetzt werden und
 - › welche Überprüfungen und welche Prüfungen zum Explosionsschutz durchzuführen sind.

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

- ①①④ Weitere Informationen zum Explosionsschutzdokument sowie Beispiele bietet die DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“.

9.10.2 Schutzmaßnahmen bei gefährlichen explosionsfähigen Gemischen

Kann die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g. e. A.) nicht durch passive technische Maßnahmen, wie zum Beispiel Dichtheit von Behältern oder Anlagen, durch organisatorische Maßnahmen, wie zum Beispiel Beseitigung von Staubablagerungen oder durch die natürliche Lüftung verhindert werden, müssen Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten ergriffen werden.

- ①⑨ Explosionsgefährdete Bereiche müssen an ihren Zugängen gekennzeichnet (Abbildung 11) sein. Zusätzlich werden deutliche Fußbodenmarkierungen oder Abschränkungen empfohlen.

①① Abbildung 11:
Warnzeichen D-W021
„Warnung vor explosionsfähiger
Atmosphäre“



Vorrangiges Ziel ist dann zu versuchen, die Bildung der g. e. A. zu verhindern oder zu begrenzen. Dies erfolgt beispielsweise durch den Einsatz von Objektabsaugungen, technischer Raumlüftung oder der Inertisierung von Behältern mittels zum Beispiel Stickstoff. Hinweise hierzu liefert die TRGS 722. Wichtig ist auch die Vermeidung der Aerosolbildung durch Versprühen, da hierbei aufgrund der durch die Tröpfchenbildung vergrößerten Oberfläche immer mit dem Vorhandensein gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist.

- ③③ Gelingt es, zum Beispiel durch eine technische Raumlüftung, die Bildung einer g. e. A. sicher zu verhindern, unterliegt diese als Maßnahme des Explosionsschutzes der Prüfverpflichtung gemäß Anhang 2 Abschnitt 3 Betriebssicherheitsverordnung, da nur ihre Wirksamkeit das Auftreten der g. e. A. verhindert.
- ①⑥

Kann die Bildung von g. e. A. auch durch weitere Maßnahmen nicht sicher verhindert werden, muss deren Entzündung verhindert werden. Hierbei hat sich die Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche in Zonen als wirksames Hilfsmittel zur Ableitung des Umfangs, in dem die Zündquellenbetrachtung erfolgen muss, erwiesen. Diese Einteilung erfolgt aufgrund der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens oder Vorhandenseins der g. e. A., wie folgt:

①9

Zone 0

Bereich, in dem g. e. A. als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Hinweis: Der Begriff „häufig“ ist im Sinne von „zeitlich überwiegend“ zu verwenden.

Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine g. e. A. als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine g. e. A. als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Für Zonen, die sich auf das Auftreten von g. e. A. durch Stäube beziehen, gilt die gleiche Einteilung aufgrund der Häufigkeit und der Dauer des Auftretens oder Vorhandenseins der g. e. A. Die Nomenklatur ändert sich aber in Zone 20, 21 und 22.

⑩4

Eine umfangreiche Beispielsammlung zur Zoneneinteilung bietet die EX-RL-Beispielsammlung (Anlage 4 der DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“).

③4

Aus der Einteilung in Zonen ergeben sich Anforderungen zur Vermeidung von Zündquellen. Eine Übersicht über die dreizehn möglichen Zündquellen, sowie die entsprechenden Schutzmaßnahmen bietet die TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“. Eine Auswahl ist:

- › Verbot von offenem Feuer und Licht, Rauchverbot,
- › Verwendung geeigneter und für die entsprechende Zone zugelassener Geräte,
- › Verwenden von Geräten deren Temperaturklasse für den Einsatz mit Styrol geeignet sind,
- › Erden aller Teile, die sich gefährlich aufladen können, sowie weitere Maßnahmen nach TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ (DGUV Information 213-060/Merkblatt T 033 der BGRCI),
- › Vermeiden mechanisch erzeugter Funken,
- › Vermeidung unkontrollierter exothermer chemischer Reaktionen. Auf eine geeignete Stabilisierung (zum Beispiel mit 4-*tert*-Butylbrenzcatechin) 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.

③6 ⑧8

Die Ausweisung solcher Zonen sollte nicht als Hürde missverstanden werden, sondern sie stellt vielmehr eine Erleichterung dar: Verzichtet man nämlich auf diese Betrachtung, sind Schutzmaßnahmen entsprechend der höchsten Gefährdung (entsprechend Zone 0 oder bei brennbaren Stäuben Zone 20) zu treffen, sofern in der Gefährdungsbeurteilung für den Einzelfall nichts Anderes festgelegt ist.

Wie bei vielen anderen Gefahrstoffen, liegt der Arbeitsplatzgrenzwert von Styrol ($AGW = 86 \text{ mg/m}^3$) um Größenordnungen unterhalb seiner unteren Explosionsgrenze (42000 mg/m^3 ; 0,97 Vol.-%). Bei dauerhaft sicherer Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes ist daher im entsprechenden Bereich nicht mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Lediglich im Nahbereich möglicher Emissionsstellen sowie an, für die Überwachung von Luftgrenzwerten weniger relevanten Stellen, wie zum Beispiel Vertiefungen, können sich Styroldämpfe anreichern und weiterhin Gefahren bergen. Für Stäube sind solche Pauschalisierungen nicht möglich, da hier lokale Konzentrationsschwankungen innerhalb der Staubwolke durch Absinken oder Aufwirbelung möglich sind.

Können wirksame Zündquellen nicht sicher ausgeschlossen werden, sind Maßnahmen zu treffen, die sicherstellen, dass durch die Explosion keine gefährlichen Auswirkungen auftreten. Diese Maßnahmen werden konstruktive Explosionsschutzmaßnahmen genannt, weil Behälter und Anlagenteile konstruktiv so ausgelegt oder ausgerüstet sein müssen, dass durch die Explosion keine Personen zu Schaden kommen, und möglichst wenige Schäden an Gebäuden und Anlagen eintreten. Die Auswirkungen einer Explosion lassen sich beschränken durch:

- › explosionsfeste Bauweise,
- › Explosionsdruckentlastung,
- › Explosionsunterdrückung,
- › Verhindern der Flammen- und Explosionsübertragung.

35 Entsprechende Maßnahmen sind in TRGS 724 „Gefährliche explosions-fähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken“ beschrieben.

9.10.3 Schutzmaßnahmen gegen Brandgefahren

11 13 38
58 98

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

- › Gegenstände mit heißen Oberflächen (zum Beispiel Heizlüfter),
 - › offene Flammen oder
 - › sonstige wirksame Zündquellen
- nicht vorhanden sein.

Auch bei nicht brennbaren Stoffen kann durch Eintrag von Öl oder brennbaren Lösemitteln eine Brandgefährdung 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 gegebenenfalls 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 und Löschpulver. Möglich ist auch der Einsatz von Wasserdampf. Ungeeignet ist Wasser als Strahl. Hinweise in den Sicherheitsdatenblättern sind zu beachten.

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 10.5).

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

Selbsttätige ortsfeste Feuerlöscheinrichtungen, bei deren Einsatz Gefahren für die Beschäftigten auftreten können (zum Beispiel Kohlendioxid, Stickstoff), müssen mit selbsttätig wirkenden Warneinrichtungen ausgerüstet sein. Beim Einsatz von Löschanlagen ist die DGVU Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“ zu beachten.

109

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)
- › Kennzeichnung feuergefährdeter Räume und Bereiche. In ihnen darf die Brandlast nicht durch Material, das nicht zum Verfahren gehört (zum Beispiel Verpackungsmaterialien), erhöht werden.

- 55 Einzelheiten zur Praxis des baulichen Brandschutzes sowie der betrieblichen Brandschutzpraxis enthält die DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“. Hinsichtlich der Anforderungen an Bau und Ausrüstung von feuergefährdeten Bereichen sind die Industriebaurichtlinie und die örtlichen Bauvorschriften zu beachten.

9.11 Baustellenbetrieb

- 157 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 Anwendung WINGIS-online der BG BAU für Spritzen, Streichen/Spachteln/Rollen und Plattieren beschrieben. Dazu können bei WINGIS-online die folgenden GISCODEs⁶ eingegeben werden:
- › SB-STY10: Styrolhaltige Reaktionsharze, gesundheitsschädlich,
 - › SB-STY20: Styrolhaltige Reaktionsharze, gesundheitsschädlich, sensibilisierend,
 - › SB-STY30: Styrolhaltige Reaktionsharze, gesundheitsschädlich, sensibilisierend, krebverdächtige Einzelkomponente.

- 19 Sofern im Säureschutzbau oder auf sonstigen Baustellen das Tragen von belastenden persönlichen Schutzausrüstungen als ständige Maßnahme erforderlich ist, zum Beispiel das Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppen 1, 2 oder 3, sind Ausnahmegenehmigungen von § 7 Abs. 5 der Gefahrstoffverordnung erforderlich. Kopien der Ausnahmegenehmigung sowie die notwendigen persönlichen Schutzausrüstungen müssen auf den betreffenden Baustellen vorliegen.

Wird auf Baustellen mit styrolhaltigen Gemischen gearbeitet, ist 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 oder A-P2 (keine Tragzeitbegrenzung), sowie Handschuhe aus Nitril zu tragen (siehe Abschnitt 11.3).

Bei kurzzeitigen 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 der die Beschichtung vornehmenden beschäftigten Person durchgeführt. Eine weitere Messung erfolgt 30 Minuten nach Beginn der Arbeiten auf dieselbe Weise. Es ist immer bei der beschäftigten Person zu messen, die 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.

- 157 Die Betriebsanweisungsentwürfe (zum Beispiel aus WINGIS-online) sind jeweils baustellenbezogen zu ergänzen und müssen auf den jeweiligen Baustellen vorliegen.

6 Die GISCODEs stehen für bestimmte Produktgruppen (auf den Gebinden angegeben). Dazu findet man bei WINGIS-online/GIS-BAU Stoffinformationen, Betriebsanweisungen und Schutzmaßnahmen.

10 Organisatorische Schutzmaßnahmen

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

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

29 58 98 10.1 Information der Beschäftigten

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 müssen vor Aufnahme der Tätigkeit und danach mindestens einmal jährlich (bei Jugendlichen mindestens zweimal jährlich) mündlich und arbeitsplatzbezogen durchgeführt werden. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.

- 69 45 19
- 19 Im Rahmen der Unterweisung ist eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung durchzuführen, die Beschäftigte auch über Zweck und Möglichkeiten arbeitsmedizinischer Vorsorge informiert. Die Beratung erfolgt, sofern erforderlich, unter Beteiligung eines Arbeitsmediziners oder einer Arbeitsmedizinerin.

Grundlage für die Unterweisung ist die arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisung. 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 einer fachkundigen Person in verständlicher Form und Sprache 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 die DGUV Information 213-051 „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt A 010 der BG RCI). Unter www.gischem.de und www.wingis-online.de können Betriebsanweisungsentwürfe (teilweise auch mehrsprachig) heruntergeladen werden.

- 63 137 157
- Im Rahmen der Unterweisung soll den Beschäftigten auch vermittelt werden, dass sie einwirkende Belastungen durch den korrekten Gebrauch der gestellten Ausrüstung selbst beeinflussen können. Daher kann es erforderlich sein, die Unterweisung durch praktische Vorführung einzelner Maßnahmen vor Ort und durch das Einüben seitens der Beschäftigten unter sachkundiger Anleitung zu ergänzen, zum Beispiel 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, eine Verständniskontrolle zur Unterweisung durchzuführen, zum Beispiel durch Beantworten eines arbeitsplatzbezogenen Fragebogens.

16 17 10.2 Instandhaltung

Verschiedene Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsarbeiten an Anlagenteilen und Vorrichtungen, in denen Styrol oder styrolhaltige Gemische vorkommen, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis durchgeführt werden. Hierzu gehören beispielsweise:

- › Arbeiten in Behältern und engen Räumen (siehe Abschnitt 10.4),
- › Heißarbeiten, zum Beispiel Schweißen, Schneiden, Löten, Anwärmen, wenn sich Feuer- und Explosionsgefahren nicht restlos beseitigen lassen,
- › Arbeiten, bei denen mit dem Austritt reizender und ätzender Gase zu rechnen ist.

Im Erlaubnisschein sind die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen wie zum Beispiel

- › eine vollständige Entleerung der Apparatur,
- › Prüfung auf mögliche Produktreste,
- › persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen,
- › das Reinigen und Spülen mit geeigneten Mitteln oder
- › Konzentrationsmessungen festzulegen.

Vor der Aufnahme 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 Betätigen Gefährdungen für das Instandhaltungspersonal auftreten können.

Im Einzelfall sind weitere Schutzmaßnahmen zu treffen, wie zum Beispiel sichere Aufstiegsmöglichkeiten auch zu temporären, höher gelegenen Arbeitsbereichen.

Produktionsprozesse sind normalerweise so ausgelegt, dass die Konzentration brennbarer Stoffe unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze liegt. Es ist daher zu berücksichtigen, dass beim Ab- und Anfahren von Anlagen der Explosionsbereich durchfahren werden kann. Siehe dazu Abschnitt 9.10 (Explosions- und Brandschutz).

33

Aufgrund der gesundheitsschädigenden Wirkung von Styrol und styrolhaltigen Gemischen sollten auch alle anderen Instandhaltungs- und Abbrucharbeiten nur nach Erteilung einer schriftlichen Erlaubnis durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass alle im Einzelfall erforderlichen Schutzmaßnahmen durchgeführt sind.

Werden Fremdfirmen mit Instandhaltungsarbeiten betraut, sind diese entsprechend dem folgenden Abschnitt 10.3 einzubeziehen.

19 58 98

10.3 Fremdfirmen-Koordination

Werden Arbeiten an andere Unternehmen (Fremdfirmen) vergeben, ist der Unternehmer oder die Unternehmerin dafür verantwortlich, dass für die entsprechenden Tätigkeiten nur Firmen herangezogen werden, die über die erforderlichen Fachkenntnisse und Erfahrungen verfügen.

Die Fremdfirmen müssen über mögliche Gefahren informiert werden. Mit den Fremdfirmen müssen die erforderlichen Schutzmaßnahmen abgestimmt werden. Kann eine gegenseitige Gefährdung nicht sicher ausgeschlossen werden, ist im Einvernehmen mit den Fremdfirmen schriftlich eine koordinierende Person mit Weisungsbefugnis hinsichtlich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen festzulegen, die die Tätigkeiten aufeinander abstimmt.

58 98

117 62

Siehe auch DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“ sowie die DGUV Information 215-830 „Zusammenarbeit von Unternehmen im Rahmen von Werkverträgen“ sowie Merkblatt A 009 „Zusammenarbeit im Betrieb – Sicherheitstechnisches Koordinieren!“ der BG RCI.

10.4 Arbeiten in Behältern, Tanks und engen Räumen

Arbeiten in Behältern und Tanks, die Styrol oder styrolhaltige Gemische enthielten, sowie in engen Räumen, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis und nach Festlegung der entsprechenden Schutzmaßnahmen ausgeführt werden. Die Beschäftigten sind vor Aufnahme der Tätigkeiten mündlich zu unterweisen. Mit den Tätigkeiten darf erst begonnen werden, nachdem die aufsichtführende Person festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind.

- ⑩ Einzelheiten sind in der DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“ festgelegt.

10.5 Innerbetriebliche Kennzeichnung und Sicherheitskennzeichnung

- ① Gebinde werden vom Lieferant gemäß der CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008) unter anderem mit GHS-Piktogrammen, Gefahren- und Sicherheitshinweisen und Signalwort gekennzeichnet (siehe Anhang 1).

- ⑬ Zur Kennzeichnung von Styrol bei Transporten auf öffentlichen Verkehrswegen wird der Gefahrzettel 3 verwendet. Dieser Gefahrzettel kann bei Einzelverpackungen das GHS-Piktogramm GHS02 „Flamme“ ersetzen. Für weitere Informationen zur Kennzeichnung beim Gefahrguttransport siehe DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013 der BG RCI).

- ② Um- und abgefüllte Behälter, Leitungen und Apparaturen müssen innerbetrieblich so gekennzeichnet sein, dass mindestens die enthaltenen Gefahrstoffe sowie die davon ausgehenden Gefahren eindeutig identifizierbar sind (Name des Stoffes sowie GHS-Piktogramme). Die TRGS 201 konkretisiert für die innerbetriebliche Kennzeichnung die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung. Nähere Informationen zum Thema Kennzeichnung von Gefahrstoffen mit vielen praktischen Beispielen sind in der DGUV Information 213-082 „Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun?“ (Merkblatt M 060 der BG RCI) zu finden.

- ⑪ ⑫ Innerbetrieblich sind relevante Bereiche mit einer Sicherheitskennzeichnung entsprechend der Norm DIN EN ISO 7010 auszustatten. Arbeits- und Lagerräume sind beispielsweise mit dem Verbotsschild P003 „Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten“ (siehe Abbildung 12) zu kennzeichnen.



Abbildung 12:
Verbotsschild P003 „Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten“

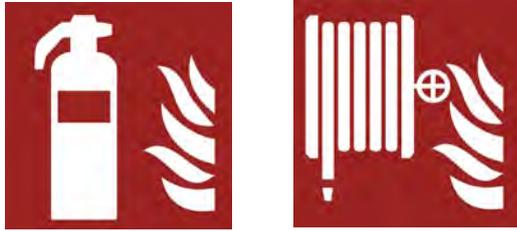
Zusätzlich ist das Warnzeichen W021 „Warnung vor feuergefährlichen Stoffen“ im Eingangsbereich zu installieren (siehe Abbildung 13).



Abbildung 13:
Warnzeichen W021 „Warnung vor feuergefährlichen Stoffen“.

Explosionsgefährdete Bereiche sind an ihren Zugängen mit dem Warnzeichen D-W021 „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre“ zu kennzeichnen (siehe Abschnitt 9.10.2).

Stellen, an denen sich Feuerlöscheinrichtungen befinden, sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen (Beispiele siehe Abbildung 14), soweit die Feuerlöscheinrichtungen nicht automatisch oder zentral von Hand betätigt werden.



12) Abbildung 14: Brandschutzzeichen F001 „Feuerlöscher“ und F002 „Löschschlauch“

10.6 Vermeidung von Emissionsquellen

Emissionen, die sich bereits in der Raumluft ausgebreitet haben, lassen sich nur schwer und mit hohem lufttechnischen Aufwand aus der Atemluft entfernen (siehe Abschnitt 9.9). 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 etc. treten zum Teil erhebliche Mengen Styrol in den Raum aus. Ferner belasten Styrolämpfe aus aushärtenden Produkten die Raumluft. Die Summe dieser Belastungen kann ohne weiteres dazu führen, dass in der gesamten Raumluft Konzentrationen vorliegen, die den AGW von 86 mg/m³ übersteigen. Hinzu kommen noch die Anteile aus den Fertigungsprozessen.

Beispiel: Verdampfen in einem Raum von 1000 m³ 86 g Styrol (entspricht einem Volumen von ca. 95 ml 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 (z. B. Absaugtische, -kabinen) durchführen.
- › Keine Behältnisse (gefüllt oder leer) offen im Arbeitsbereich belassen.
- › Fertigteile zum Aushärten in speziell hergerichteten, vom Fertigungsprozess getrennten Räumen lagern.

10.7 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 zum Beispiel Aceton eingesetzt werden.

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). Dabei ist zu beachten, dass die flüssigkeitsdichte Wirkung von Schutzhandschuhen die Schweißabgabe nach außen verhindert und so die Haut mit zunehmender Tragedauer aufquillt, wodurch ihre Barrierewirkung nachlässt, insbesondere in Verbindung mit häufigem Händewaschen. In diesem Fall hat die Unternehmerin oder der Unternehmer in Abhängigkeit der Tragedauer zu prüfen, ob arbeitsmedizinische Pflicht- oder Angebotsvorsorge erforderlich ist (siehe Abschnitt 10.8).

⑥⑧ Ergänzend zur Betriebsanweisung ist ein geeigneter Hand- und Hautschutzplan zu erstellen. Dieser beinhaltet die Anwendung von Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemitteln vor, während und nach der Arbeit. Ausfüllbare (interaktive) Hand- und Hautschutzpläne können unter mediencenter.bgrci.de heruntergeladen werden.

⑥⑧ ⑦① ⑨⑥ ⑪⑫ Empfehlungen zum Hand- und Hautschutz gibt zum Beispiel die DGUV Information 212-017 „Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln“ oder das Merkblatt A 023 „Hand- und Hautschutz“ der BG RCI.

Für Beschäftigte, die Tätigkeiten mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen ausüben, müssen getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für Arbeits- oder Schutzkleidung und Straßenkleidung zur Verfügung gestellt werden, sofern dadurch eine Gefährdung vermieden wird. Labormäntel und -kleidung sollen im Labor gelassen werden.

Nach Arbeitsende ist die Kleidung zu wechseln.

Arbeitskleidung, Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstungen, die durch Gefahrstoffe 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 persönliche Schutzausrüstungen 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 verboten.

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

⑥ ⑦② 10.8 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Trotz technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen können Gesundheitsschäden durch Styrol und styrolhaltige Gemische nicht in allen Fällen mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Um arbeitsbedingten Erkrankungen vorzubeugen oder diese frühzeitig zu erkennen, hat die Unternehmerin oder der Unternehmer eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge zu gewährleisten.

⑥ Die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) unterscheidet folgende Arten der Vorsorge:

- › Pflichtvorsorge,
- › Angebotsvorsorge,
- › Wunschvorsorge.

⑥ ⑦③ Grundlage einer angemessenen arbeitsmedizinischen Vorsorge ist die betriebliche Gefährdungsbeurteilung. Im Anhang der ArbMedVV sind alle Vorsorgeanlässe für Pflicht- und Angebotsvorsorgen aufgeführt. Kriterien, wann eine solche Vorsorge von der Unternehmerin oder dem Unternehmer angeboten werden muss, sind dort beschrieben.

Arbeitsmedizinische Vorsorge kann auch aufgrund mit der Tätigkeit verbundenen zusätzlichen Gefährdungen notwendig sein. Hier ist beispielsweise das Tragen von persönlichen Schutzausrüstungen (PSA) zu nennen. Um konkret zu überprüfen, in welchen Fällen und in welchen Zeitabständen arbeitsmedizinische Vorsorge zu veranlassen ist, sind die Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge und die arbeitsmedizinische Regel AMR 2.1 „Fristen für die Veranlassung/das Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorge“ heranzuziehen.

⑦ ⑦③ Aufgrund weiterer Gefährdungen im Arbeitsbereich, auch bei Änderungen im Arbeitsumfeld, kann das Veranlassen oder Anbieten weiterer arbeitsmedizinischer Vorsorgen notwendig werden. Weitere Informationen dazu bietet zum Beispiel die kurz & bündig-Schrift KB 011-2 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“ der BG RCI.

Die arbeitsmedizinische Vorsorge beinhaltet ein ärztliches Beratungsgespräch mit Anamnese einschließlich Arbeitsanamnese sowie körperliche oder klinische Untersuchungen, soweit diese für die individuelle Aufklärung und Beratung erforderlich sind und der oder die Beschäftigte diese Untersuchungen nicht ablehnt.

Mit der Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge können Arbeitsmedizinerinnen, Arbeitsmediziner oder Ärzte und Ärztinnen mit der Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ beauftragt werden.

- ⑦ Weitere Fragen beantwortet aus der kurz & bündig-Reihe die Schrift KB 011-1 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“ der BG RCI.

10.8.1 Pflichtvorsorge

Besteht nach Maßgabe des Anhangs der ArbMedVV eine Pflichtvorsorge für die Beschäftigten, so hat die Unternehmerin oder der Unternehmer diese vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen zu veranlassen.

Der Unternehmer oder die Unternehmerin darf eine Tätigkeit nur dann ausüben lassen, wenn der oder die Beschäftigte an der Pflichtvorsorge teilgenommen hat.

Eine Pflichtvorsorge bei Tätigkeiten mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen ist nach ArbMedVV notwendig, wenn der AGW nicht eingehalten wird.

- ⑨ Für Trägerinnen und Träger von Atemschutzgeräten der Gruppen 2 und 3 nach AMR 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“ ist ebenfalls eine Pflichtvorsorge zu veranlassen.
- ② Gleiches gilt bei regelmäßig mehr als 4 Stunden Feuchtarbeit pro Schicht. Feuchtarbeit nach TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt: Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen“ liegt vor, wenn
- › Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten von regelmäßig mehr als vier Stunden pro Schicht besteht,
 - › bei Tätigkeiten, die eine sehr häufige Händereinigung (≥ 25 -mal pro Schicht) erfordern,
 - › bei Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten (> 20 -mal pro Schicht) im Wechsel mit dem Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe,
 - › beim Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe und häufiger Händereinigung (> 10 -mal pro Schicht).

10.8.2 Angebotsvorsorge

Ergibt sich nach Maßgabe der ArbMedVV Angebotsvorsorge, muss diese vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen angeboten werden. Wird die Angebotsvorsorge nicht wahrgenommen, ist der Unternehmer oder die Unternehmerin dennoch verpflichtet, diese weiterhin regelmäßig anzubieten.

Eine arbeitsmedizinische Vorsorge der Beschäftigten ist durch den Unternehmer oder die Unternehmerin immer dann anzubieten, wenn eine Exposition bei Tätigkeiten mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen nicht ausgeschlossen werden kann.

- ⑨ Eine Vorsorge ist zudem Trägerinnen und Trägern von Atemschutzgeräten der Gruppe 1 nach AMR 14.2 anzubieten (Details siehe Abschnitt 11.1).
- ② Gleiches gilt bei regelmäßig 2 bis 4 Stunden Feuchtarbeit pro Schicht. Gemäß TRGS 401 liegt diese vor bei
- › Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten von regelmäßig mehr als zwei Stunden pro Schicht,
 - › Tätigkeiten, die eine häufige Händereinigung (≥ 15 -mal pro Schicht) erfordern,
 - › Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten (≥ 10 -mal pro Schicht) im Wechsel mit dem Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe,
 - › Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe und häufige Händereinigung (≥ 5 -mal pro Schicht).

10.8.3 Wunschvorsorge

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat den Beschäftigten auf deren Wunsch hin arbeitsmedizinische Vorsorge zu ermöglichen. Der Anspruch besteht nur dann nicht, wenn aufgrund der Beurteilung der Arbeitsbedingungen und der getroffenen Schutzmaßnahmen nicht mit einem Gesundheitsschaden zu rechnen ist. Im Falle eines Rechtsstreits liegt die Beweislast beim Unternehmer oder bei der Unternehmerin.

- ⑦ Näheres hierzu siehe AMR 3.3 „Ganzheitliche arbeitsmedizinische Vorsorge unter Berücksichtigung aller Arbeitsbedingungen und arbeitsbedingten Gefährdungen“ und Arbeitsmedizinische Empfehlung (AME) „Wunschvorsorge“.

⑧ ⑩ 10.8.4 Biomonitoring

Biomonitoring dient dem Ziel, die innere Belastung durch Gefahrstoffe und die daraus resultierende Beanspruchung exponierter Beschäftigter zu messen und hinsichtlich der gesundheitlichen Relevanz zu bewerten. Die Erkenntnisse aus dem Biomonitoring können eine wichtige Informationsquelle zur Beurteilung der Wirksamkeit vorhandener Schutzmaßnahmen sein. Biomonitoring darf nicht gegen den Willen des oder der Beschäftigten durchgeführt werden.

Anlässe für das Angebot eines Biomonitorings sind insbesondere Tätigkeiten mit möglicherweise stark schwankenden Raumlufkonzentrationen, Havariefälle oder aber Stoffe mit kombinierten Aufnahmewegen.

- ④ Biomonitoring ist die Untersuchung biologischen Materials der Beschäftigten zur Bestimmung von Gefahrstoffen, deren Metaboliten oder deren biochemischen beziehungsweise biologischen Effektparametern. Zum Beispiel werden im Fall von Styrol nach TRGS 903 die Metaboliten Mandelsäure und Phenylglyoxylsäure im Urin gemessen. Der Grenzwert liegt bei 600 mg/g Kreatinin. Die Probe wird nach Expositionsende beziehungsweise Schichtende genommen.

Die Analyseergebnisse und deren Bewertung unterliegen als personengebundene Daten der ärztlichen Schweigepflicht. Die Weitergabe an Dritte darf ohne Zustimmung des oder der Beschäftigten nur in anonymisierter Form erfolgen.

11 Persönliche Schutzmaßnahmen

Kann eine Gefährdung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Styrol oder styrolhaltigen Gemischen trotz Substitution von Gefahrstoffen und Ausschöpfens aller technischer und organisatorischer Maßnahmen nicht ausgeschlossen oder auf ein unbedenkliches Maß verringert werden (zum Beispiel Nichteinhaltung eines Arbeitsplatzgrenzwertes), müssen unverzüglich geeignete persönliche Schutzausrüstungen (PSA), durch die Unternehmerin oder den Unternehmer zur Verfügung gestellt werden.

Hierbei ist darauf zu achten, dass die persönlichen Schutzausrüstungen den Beschäftigten in ausreichender Zahl zur persönlichen Verwendung zur Verfügung gestellt werden. Persönliche Schutzausrüstungen sind grundsätzlich für den Gebrauch durch eine einzelne Person bestimmt und müssen den Beschäftigten individuell passen. Erfordern die Umstände eine Benutzung durch verschiedene Beschäftigte, hat die Unternehmerin oder der Unternehmer dafür zu sorgen, dass keine Gesundheitsgefahren oder hygienischen Probleme auftreten.

Die persönlichen Schutzausrüstungen müssen Schutz gegenüber der zu verhütenden Gefährdung bieten, ohne selbst eine größere Gefährdung mit sich zu bringen, für die Bedingungen am Arbeitsplatz geeignet sein sowie den ergonomischen Anforderungen und den gesundheitlichen Erfordernissen der Beschäftigten entsprechen. Die Auswahl der persönlichen Schutzausrüstungen sollte zur Akzeptanzförderung unter Beteiligung der Beschäftigten getroffen werden.

Benutzt eine Person mehrere persönliche Schutzausrüstungen gleichzeitig, sind diese so aufeinander abzustimmen, dass sie jeweils die Schutzwirkung einer anderen nicht beeinträchtigen.

Das Tragen von belastenden persönlichen Schutzausrüstungen darf keine ständige Maßnahme sein.

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat sicher zu stellen, dass die persönlichen Schutzausrüstungen sachgerecht aufbewahrt, vor Gebrauch geprüft, nach Gebrauch gereinigt und bei Bedarf ausgebessert oder ausgetauscht werden, so dass sie jederzeit in gebrauchsfähigem und hygienisch einwandfreiem Zustand sind.

Die Beschäftigten müssen die zur Verfügung gestellten persönlichen Schutzausrüstungen bestimmungsgemäß verwenden.

61 Weitere Einzelheiten enthält das Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ der BG RCI.

11.1 Atemschutz

19 Liegen nach Ausschöpfung aller technischen und organisatorischen Möglichkeiten die Styrol-Konzentrationen weiterhin oberhalb des AGW, so sind im Sinne des § 9 Abs. 3 der Gefahrstoffverordnung Atemschutzgeräte einzusetzen.

61 9 100 Hierbei sollen bevorzugt solche Atemschutzgeräte verwendet werden, für die nach DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“ keine Tragezeitbegrenzung gilt und die nach Arbeitsmedizinischer Regel AMR Nr. 14.2 in keine der Gruppen 1–3 eingeordnet sind. Dies sind z. B.:

› Gebläsefiltergeräte mit Helm oder Haube, ausgestattet mit einem Filter, Typ A, Kennfarbe braun (Gerätgewicht bis 3 kg) oder

› Druckluft-Schlauchgeräte mit Haube (Gerätgewicht bis 3 kg).

Bei Einsatz dieser Geräte wird keine arbeitsmedizinische Vorsorge notwendig, da diese Geräte die Tragenden nur wenig belasten, sodass eine Gesundheitsgefährdung nicht zu befürchten ist.

19 Das Tragen von Atemschutzgeräten, die nach Arbeitsmedizinischer Regel AMR Nr. 14.2 in Gruppe 1 eingeteilt sind und nur für Tätigkeiten geringen Umfangs (nicht mehr als 30 Minuten pro Arbeitsschicht) benutzt werden, stellt keine Dauermaßnahme im Sinne des § 7 Abs. 5 Satz 2 der Gefahrstoffverordnung dar, sodass ebenfalls keine arbeitsmedizinische Vorsorge notwendig wird. Hier sind beispielhaft zu nennen:

› Gebläsefiltergeräte und Halb- oder Vollmaske, ausgestattet mit einem Filter, Typ A, Kennfarbe braun (Gerätgewicht bis 3 kg),

› Druckluft-Schlauchgeräte mit Halbmaske oder Vollmaske (Gerätgewicht bis 3 kg).

Werden diese Geräte nicht ausschließlich in geringem Umfang eingesetzt, oder werden Filtergeräte ohne Gebläse oder gasfiltrierende Halbmasken eingesetzt, so ist arbeitsmedizinische Vorsorge anzubieten (siehe Abschnitt 10.8).

Bei Auftreten sehr hoher Styrol-Konzentrationen, zum Beispiel nach Betriebsstörungen oder im Brandfall, sind von der Umgebungsluft unabhängig wirkende Atemschutzgeräte (Isoliergeräte) einzusetzen. Geeignete Isoliergeräte sind zum Beispiel Schlauchgeräte oder Pressluftatmer, jeweils mit Vollmaske. Diese dürfen nur von dafür ausgebildeten Personen benutzt werden, denen gegebenenfalls arbeitsmedizinische Vorsorge anzubieten ist oder für die Vorsorge verpflichtend ist.

Die Regeln für die Benutzung von Atemschutzgeräten sowie entsprechende Prüfristen sind zu beachten.

Atemschutzgeräte müssen außerhalb gefährdeter Bereiche, für die Beschäftigten jedoch schnell erreichbar, aufbewahrt werden.

11.2 Augen- und Gesichtsschutz

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

Vollmasken sind dann anzuwenden, wenn anders nicht ausgeschlossen werden kann, dass augenschädigende Dämpfe oder Aerosole in den Bereich der Augen gelangen können oder wenn die Kombination mit anderen persönlichen Schutzausrüstungen sonst nicht sicher möglich ist.

Schutzschirme sollten nur zusammen mit Gestellbrillen mit Seitenschutz oder Korbbrillen (vor allem bei Arbeiten über Kopf oder wenn Spritzer von unten durch den Spalt zwischen Schirm und Brust die Augen erreichen können) getragen werden.

- ⑩① ⑥① Einzelheiten enthalten die DGUV Regel 112-192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ und das Merkblatt A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ der BG RCI.

11.3 Körperschutz

In Abhängigkeit vom Ausmaß der möglichen Gefährdung sind Schutzhandschuhe, Schürzen, Stiefel und Vollschutzanzüge aus geeigneten Materialien zu tragen. Es ist sicherzustellen, dass Gefahrstoffe nicht unter die Kleidung oder in die Stiefel gelangen können. Arbeitskleidung, einschließlich der Unterwäsche, sollte wie bei Tätigkeiten mit anderen brennbaren Stoffen nicht aus Textilien bestehen, die im Brandfall ein gefährliches Schmelzverhalten zeigen können.

- ⑥① ⑥⑧ ⑩② Hinweise geben die Merkblätter A 008 „Persönliche Schutzausrüstungen“ und A 023 „Hand- und Hautschutz“ der BG RCI sowie die DGUV Regel 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“.

- ②② Die Hände können gegen Kontakt mit Styrol durch Schutzhandschuhe geschützt werden. Bei der Auswahl der Schutzhandschuhe sind die mechanische und thermische Belastung, die Dauer der Einwirkung und die Möglichkeit der Benetzung zu berücksichtigen. Die Durchbruchzeit (Permeationszeit) in Minuten kann den Informationen der Handschuhhersteller entnommen werden. Es wird empfohlen, die Schutzhandschuhe nur für ein Drittel der angegebenen Durchbruchzeit zu tragen.

- ①④① ①③⑦ ①⑤⑦ Hinweise zu geeigneten Handschuhmaterialien sind generell dem vom Hersteller bereitgestellten Sicherheitsdatenblatt des jeweiligen Gefahrstoffes zu entnehmen. Auch in den Datenbanken GESTIS (ausführlich), GisChem und WINGIS-online werden jeweils geeignete Handschuhmaterialien genannt. In der Praxis haben sich beispielsweise Fluor-, Nitril- und Butylkautschuk bewährt.

Benetzte Schutzhandschuhe müssen so ausgezogen werden, dass ein Hautkontakt mit der kontaminierten Außenfläche vermieden wird.

Im Rahmen der Unterweisung ist das richtige An- und Ausziehen von Schutzhandschuhen zu üben. Als Unterweisungshilfe kann das Sicherheitskurzgespräch SKG 033 „Handschutz“ oder die kurz & bündig-Schrift KB 002 „Hand- und Hautschutz“ herangezogen werden.

97 71

Die DGUV Regel 112-995 „Benutzung von Schutzhandschuhen“ ist zu beachten.

103

Es ist sicherzustellen, dass Gefahrstoffe nicht unter die Kleidung oder in die Stiefel oder Schuhe gelangen können. Letzteres ist zum Beispiel durch Tragen einer ausreichend langen Schürze oder Ankleben des Hosenumschlags an die Stiefel sichergestellt.

Schutzanzüge sind nach jeder Verwendung zu prüfen, besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Materialversprödung gerichtet werden.

Informationen zu geeigneter Schutzkleidung sind den Beschäftigten auch im Rahmen der Betriebsanweisung zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus werden die ausgewählten Schutzhandschuhe zusammen mit den passenden Hautreinigungs-, Hautschutz-, Hautdesinfektions- und Hautpflegemitteln auch im Hand- und Hautschutzplan aufgeführt (siehe dazu auch Abschnitt 10.7).

12 Erste Hilfe

58 98 106

12.1 Allgemeines

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

106 Der von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) herausgegebene Aushang „Erste Hilfe“ (DGUV Information 204-001) ist entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen anzubringen.

58 98 Über jede Erste-Hilfe-Leistung sind unter Beachtung des Datenschutzes Aufzeichnungen zu führen, zum Beispiel elektronisch, in einem Meldeblock oder auch in einem Verbandbuch. Die Aufzeichnungen sind fünf Jahre lang aufzubewahren.

Bei Verdacht auf eine Gesundheitsschädigung durch Styrol oder styrol-haltige Gemische müssen die Betroffenen den Gefahrenbereich verlassen oder aus dem Gefahrenbereich gerettet werden. Die Helfenden haben sich dabei vor Kontakt mit Styrol und styrolhaltigen Gemischen zu schützen (Atemschutz, Schutzhandschuhe, etc.).

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich zu veranlassen. Der Ärztin oder dem Arzt sind der chemische Stoff und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben. Um wirksame Hilfe leisten zu können, kann eine regelmäßige Absprache zwischen Betrieb, Betriebsarzt oder Betriebsärztin, Krankenhaus oder Rettungsdienst erforderlich sein.

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

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

Diese Maßnahmen verlangen von dem Ersthelfer oder der Ersthelferin bestimmte Kenntnisse und Fähigkeiten, die in der Grundausbildung nicht vermittelt werden. Die Weiterbildung geeigneter Ersthelferinnen und Ersthelfer erfolgt insbesondere durch den Betriebsarzt oder die Betriebsärztin entsprechend der im Einzelnen vorhandenen Gefahrstoffe.

12.2 Augen

› Auge unter Schutz des unverletzten Auges sofort ausgiebig (ca. 10 Minuten) bei geöffneten Augenlidern mit Wasser spülen.

Hinweis: Hierfür sind entsprechend gekennzeichnete Augenduschen in ausreichender Zahl, mit Wasser in Trinkwasserqualität zu installieren. Augenspülflaschen sind als Notbehelf anzusehen und daher nur in Ausnahmefällen zu verwenden.

› steriler Schutzverband,
› augenärztliche Behandlung.

12.3 Atmungsorgane

- › Verletzte unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich retten,
- › bei Atemstillstand künstliche Beatmung nach Möglichkeit mit Gerät (zum Beispiel Schlauch-Mund-Beatmer), auf jeden Fall Einatmen von Gefahrstoffen vermeiden,
- › bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen,
- › für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen,
- › ärztliche Behandlung.

12.4 Haut

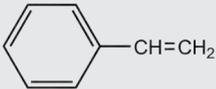
- › Verunreinigte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen, auf Selbstschutz achten,
- › Haut mit viel Wasser spülen,
- › Wunden keimfrei bedecken,
- › für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen,
- › ärztliche Behandlung.

12.5 Verschlucken

- › Sofortiges kräftiges Ausspülen des Mundes,
- › für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen,
- › ärztliche Behandlung.

Anhang 1: Kenndaten von Styrol

Physikalische und chemische Kenndaten von Styrol

Styrol		
140	Summenformel	C_8H_8
140	Strukturformel	
140	Molare Masse	104,15 g/mol
140	Schmelzpunkt Siedepunkt Dichte bei 20 °C Relative Gasdichte (Luft = 1)	-31 °C 145 °C 0,91 g/cm ³ 3,59
140	Dampfdruck bei	20 °C 7,14 hPa 30 °C 12,5 hPa 40 °C 21 hPa 50 °C 34,2 hPa
126	Sättigungskonzentration bei	20 °C 31 g/m ³ 50 °C 136 g/m ³
130	Relative Verdunstungszahl (Ether = 1)	16
125	Löslichkeit von Styrol in Wasser	25 °C 0,032 Gew.-% 50 °C 0,045 Gew.-%
125	Löslichkeit von Wasser in Styrol	25 °C 0,07 Gew.-% 50 °C 0,12 Gew.-%
125	Polymerisationswärme bei Kritischer Druck Kritische Temperatur	25 °C -69,8 kJ/mol $3,83 \cdot 10^4$ hPa 362 °C
140	Flammpunkt	32 °C
	Zündtemperatur	490 °C
152	Explosionsgrenzen in Luft bei 1013 mbar	
	untere Explosionsgrenze	20 °C 1,0 Vol.-% = 42 g/m ³ 50 °C 0,93 Vol.-% = 40 g/m ³ 100 °C 0,85 Vol.-% = 37 g/m ³ 150 °C 0,80 Vol.-% = 34 g/m ³
	obere Explosionsgrenze	20 °C 8 Vol.-% = 350 g/m ³ 100 °C 7,7 Vol.-% = 334 g/m ³ 150 °C 8,15 Vol.-% = 352 g/m ³
	Temperaturklasse Explosionsgruppe	T1 IIA
144	Geruchsschwellenwert	0,02–3,4 mg/m ³ (0,035 ppm) (Gewöhnungseffekt!)
140		

Kenndaten von Styrol aus Regelwerken

Styrol		
①	Index-Nummer EG-Nummer CAS-Nummer	601-026-00-0 202-851-5 100-42-5
⑬③	UN-Nummer	2055 (Styrol Monomer, stabilisiert)
⑬③	Gefahrenzettel	3
④⑥ ⑬③	Einordnung nach GGVSEB/ADR/RID Klasse Klassifiz. Code Verpackungsgruppe	3 F1 III
③⑨	Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Spitzenbegrenzung	86 mg/m ³ (20 ml/m ³ (ppm)) 2 (II)
④⑩	Biologischer Grenzwert (BGW) Parameter Untersuchungsmaterial Probenahmezeitpunkt	600 mg/g Kreatinin Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure Urin nach Expositionsende bzw. Schichtende
⑭④	Hautresorption	minimale dermale Resorption aus der Dampfphase oder aus Flüssigkeiten
③⑨	Fruchtschädigung	Bei Einhaltung des AGW und des BGW braucht kein Risiko befürchtet zu werden.
⑤③ ⑮①	Wassergefährdungsklasse gemäß AwSV	2 (Kennnummer 187)
①	Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme: Signalwort:	 Gefahr
⑬⑦	H-Sätze	H226, H304, H315, H319, H332, H335, H361d, H372, H412

Arbeitsplatzkennzeichnung bei Tätigkeiten mit Styrol nach ASR A 1.3

Verbotszeichen	
	Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten
	Zutritt für Unbefugte verboten
	Essen und Trinken verboten

Warnzeichen



Warnung vor feuergefährlichen Stoffen

Gebotszeichen



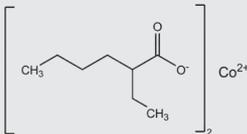
Augenschutz benutzen

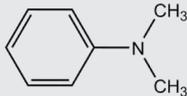


Schutzhandschuhe benutzen

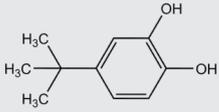
Anhang 2: Kenndaten weiterer ausgewählter Inhaltsstoffe, Zusatzstoffe und Prozesshilfsmittel bei der Verarbeitung von UP- Harzen

Beschleuniger

Cobaltbis(2-ethylhexanoat)	
Weitere Stoffnamen	Cobaltoctoat
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Metallorganischer Beschleuniger
⁽¹⁴⁰⁾ EG-Nummer CAS-Nummer	205-250-6 136-52-7
Summenformel	$C_{16}H_{30}CoO_4$
Strukturformel	
⁽¹⁴⁰⁾ Molare Masse	345,35 g/mol
⁽¹⁴⁰⁾ Aggregatzustand bei Raumtemperatur	fest
⁽¹⁴⁰⁾ Zersetzungstemperatur	64 bis 84 °C
⁽¹⁴⁰⁾ Löslichkeit in Wasser	40,3 g/l bei 20 °C
⁽¹⁴⁰⁾ Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
⁽¹⁴⁰⁾ H-Sätze	H317, H319, H360Fd, H400, H412
⁽¹⁵¹⁾ WGK nach AwSV (Kennnummer)	2 (2305)
⁽¹³⁷⁾ Lagerklasse	11

N,N-Dimethylanilin	
Weitere Stoffnamen	N,N-Dimethylaminobenzol N,N-Dimethylbenzolamin
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Aminischer Beschleuniger
① Index-Nummer EG-Nummer CAS-Nummer	612-016-00-0 204-493-5 121-69-7
Summenformel	$C_8H_{11}N$
Strukturformel	
⑭④ Molare Masse	121,18 g/mol
Aggregatzustand bei Raumtemperatur	flüssig
⑭④ Schmelzpunkt Siedepunkt Dichte bei 20 °C	2 °C 194 °C 0,96 g/cm ³
⑭④ Flammpunkt (geschlossener Tiegel) Zündtemperatur	63 °C 370 °C
⑭④ Explosionsgrenzen untere Explosionsgrenze obere Explosionsgrenze Explosionsgruppe	1,2 Vol.-% bzw. 60 g/m ³ 7 Vol.-% bzw. 350 g/m ³ IIA
⑭④ Löslichkeit in Wasser	1,2 g/l bei 20 °C
③⑨ Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Spitzenbegrenzung Gefahr der Hautresorption	25 mg/m ³ (5 ml/m ³ (ppm)) 2 (II) ja
⑭④ Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
① H-Sätze	H301, H311, H331, H351, H411
⑮⑤ WGK nach AwSV (Kennnummer)	3 (1152)
⑭④ Lagerklasse	6.1A

Inhibitoren

Butylbrenzcatechin	
Weitere Stoffnamen	p- <i>tert</i> -Butylcatechol TBC
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Inhibitor
⁽¹⁴⁰⁾ EG-Nummer CAS-Nummer	202-653-9 98-29-3
Summenformel	C ₁₀ H ₁₄ O ₂
Strukturformel	
⁽¹⁴⁰⁾ Molare Masse	166,22 g/mol
Aggregatzustand bei Raumtemperatur	fest
⁽¹⁴⁰⁾ Schmelzpunkt Siedepunkt Dichte bei 20 °C	55 °C 286 °C 1,08 g/cm ³
⁽¹⁴⁰⁾ Flammpunkt (geschlossener Tiegel) ⁽¹³⁷⁾ Zündtemperatur	130 °C 160 °C
⁽¹⁴⁰⁾ Löslichkeit in Wasser	4,2 g/l
⁽¹⁴⁰⁾ Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
⁽¹³⁷⁾ H-Sätze	H302 + H312, H314, H317, H411
⁽¹⁵¹⁾ WGK nach AwSV (Kennnummer)	3 (6463)
⁽¹³⁷⁾ Lagerklasse	8A

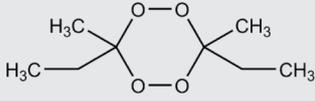
Härter/organische Peroxide

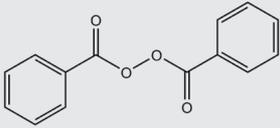
Weiterführende Literatur zu Tätigkeiten mit Peroxiden:

- 37) > TRGS 741 „Organische Peroxide“,
- 75) > DGUV Information 213-069 „Organische Peroxide“ und
- 81) > DGUV Information 213-096 „Organische Peroxide – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblätter M 001 und M 058 der BG RCI).

140)

Methylethylketonperoxid

Weitere Stoffnamen	MEKP
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Härter
EG-Nummer CAS-Nummer	215-661-2 1338-23-4
Summenformel	$C_8H_{16}O_4$
Strukturformel	
Molare Masse	176,21 g/mol
Aggregatzustand bei Raumtemperatur	in reiner Form explosiver Feststoff, Phlegmatisierung mit 2-Butanon oder Diisobutylphthalat
Zersetzungstemperatur	50 bis 60 °C (Explosion möglich)
Flammpunkt Dichte bei 25 °C	100 °C 1,053 g/cm ³
Löslichkeit in Wasser	praktisch unlöslich
Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
H-Sätze	H242, H302, H314
151) WGK nach AwSV (Kennnummer)	1 (1108)
Lagerklasse	5.2

Dibenzoylperoxid	
Weitere Stoffnamen	BPO
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Härter
① Index-Nummer EG-Nummer CAS-Nummer	617-008-00-0 202-327-6 94-36-0
Summenformel	$C_{14}H_{10}O_4$
Strukturformel	
⑭④ Molare Masse Aggregatzustand bei Raumtemperatur	242,23 g/mol fest
Zersetzungstemperatur	ca. 70 °C ab ca. 103 bis 105 °C Explosion
⑭④ Dichte bei 25 °C	1,33 g/cm ³
⑭④ Löslichkeit in Wasser bei 25 °C	9,1 mg/l
③⑨ Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Alveolengängige Fraktion Spitzenbegrenzung einatembare Fraktion Spitzenbegrenzung	1 mg/m ³ 4 (l) 4 mg/m ³ 2 (l)
⑭④ Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
⑭④ H-Sätze	H241, H317, H319, H410
⑮① WGK nach AwSV (Kennnummer)	2 (1100)
⑭④ Lagerklasse	5.2

Löse- und Reinigungsmittel

Weiterführende Literatur zu Tätigkeiten mit Löse- und Reinigungsmitteln:

- ⑦⑦ > DGUV-Information 213-072 „Lösemittel“ (Merkblatt M 017 der BG RCI),
- ⑪① > DGUV-Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“.

Aceton	
	In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als Löse- und Reinigungsmittel
①	Index-Nummer EG-Nummer CAS-Nummer
	606-001-00-8 200-662-2 67-64-1
	Summenformel
	C ₃ H ₆ O
⑭④①	Molare Masse
	58,08 g/mol
	Aggregatzustand bei Raumtemperatur
	flüssig
⑭④①	Schmelzpunkt Siedepunkt Dichte bei 20 °C
	-95 °C 56 °C 0,79 g/cm ³
⑭④①	Dampfdruck bei 20 °C
	246 hPa
⑭④①	Flammpunkt (geschlossener Tiegel) Zündtemperatur
	< -20 °C 527,5 °C
⑭④①	Explosionsgrenzen untere Explosionsgrenze obere Explosionsgrenze Explosionsgruppe
	2,5 Vol.-% bzw. 60 g/m ³ 14,3 Vol.-% bzw. 345 g/m ³ IIA
⑭④①	Löslichkeit in Wasser
	vollständig mischbar
③⑨	Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Spitzenbegrenzung
	1200 mg/m ³ (500 ml/m ³ (ppm)) 2 (II)
⑫⑧	Fruchtschädigung
	Laut MAK-Begründung braucht bei einer Konzentration von 200 ml/m ³ oder weniger keine fruchtschädigende Wirkung von Aceton befürchtet werden.
④①	Biologischer Grenzwert (BGW) Untersuchungsmaterial: Probenahmezeitpunkt:
	50 mg/l Urin Expositionsende, Schichtende
⑬④	Geruchsschwelle
	1,9–26,7 mg/m ³ (8–11 ml/m ³ (ppm))
⑭④①	Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme
	Signalwort
	Gefahr
①	H-Sätze
	H225, H319, H336, EUH066
⑮①	WGK nach AwSV (Kennnummer)
	1 (6)
⑬⑦	Lagerklasse
	3

1-Butylacetat	
Weitere Stoffnamen	n-Butylacetat Essigsäurebutylester
In der UP-Harzverarbeitung eingesetzt als	Löse- und Reinigungsmittel
① Index-Nummer EG-Nummer CAS-Nummer	607-025-00-1 204-658-1 123-86-4
Summenformel	C ₆ H ₁₂ O ₂
⑭④ Molare Masse	116,16 g/mol
Aggregatzustand bei Raumtemperatur	flüssig
⑭④ Schmelzpunkt Siedepunkt Dichte bei 20 °C	-77 °C 127 °C 0,88 °C
⑭④ Dampfdruck bei 20 °C	10,7 hPa
⑭④ Flammpunkt (geschlossener Tiegel) Zündtemperatur	27 °C 390 °C
⑭④ Explosionsgrenzen untere Explosionsgrenze obere Explosionsgrenze Explosionsgruppe	1,2 Vol.-% bzw. 58 g/m ³ 8,5 Vol.-% bzw. 411 g/m ³ IIA
⑭④ Löslichkeit in Wasser	4,3 g/l
③⑨ Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Spitzenbegrenzung	300 mg/m ³ (62 ml/m ³ (ppm)) 2 (l)
③⑨ Fruchtschädigung	Bei Einhaltung des AGW braucht kein Risiko befürchtet zu werden
⑬⑤ Geruchsschwelle	0,02–0,010 mg/m ³ (0,004–0,016 ml/m ³ (ppm))
⑭④ Kennzeichnung Gefahrenpiktogramme	
Signalwort	Gefahr
① H-Sätze	H226, H336, EUH066
⑮① WGK nach AwSV (Kennnummer)	1 (42)
⑬⑦ Lagerklasse	3

Anhang 3: Beispielsammlung

Quellenverzeichnis für die Beispiele

Beispiel 1:

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

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

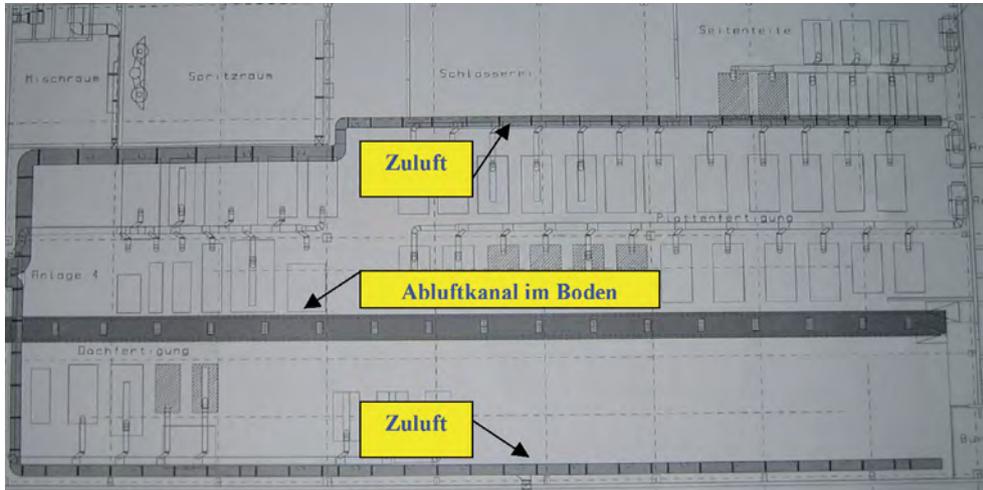


Abbildung 15: Grundriss einer Fertigungshalle mit raumlufttechnischer Anlage (RLT-Anlage) ohne Absaugung

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 m²; H = 5 m; V = 7 500 m³

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 m³/h

Abluftmenge: 41 000 m³/h

Zur Erfassung der Styroldämpfe direkt am Entstehungsort wurden oberhalb der Formentische vier Absaughauben mit Düsenplatten installiert (siehe Abbildung 16), mit einer Absaugleistung von je 4 000 m³/h.



Abbildung 16: Absaughaube/Düsenplatte oberhalb der Formen

Die styrolhaltige Abluft wird durch Filterkassetten mit Aktivkohle als Adsorbens geleitet (siehe Abbildung 17), wodurch etwa 95 % der Styrolämpfe adsorbiert werden.



Abbildung 17: Adsorber (Aktivkohlefilter)

Die so gereinigte Abluft mit maximal 3–4 mg/m³ Styrolgehalt strömt in die Halle zurück.

Die bestehende RLT-Anlage wird mit einem erheblich reduzierten Zu- beziehungsweise Abluftvolumenstrom von jeweils 12 000 m³/h weiterbetrieben.

Durch diese Maßnahmen wurde die Styrolkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz auf unter 30 mg/m³ gesenkt. Außerdem wurden erhebliche Einsparungen bei den Energiekosten erreicht.

Beispiel 2: Aceton-Reinigungsplatz



Abbildung 18: Aceton-Reinigungsplatz

⑪ In der abgebildeten Einrichtung werden verunreinigte Werkzeuge und andere 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 DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“.

Durch speziell geformte und angeordnete Luftauslässe, sogenannte Ejektoren, in Verbindung mit Stabilisatoren wird ein Reinluftschleier aufgebaut. Die Ejektoren bewirken, dass Dämpfe oder luftgetragene Produktstäube gezielt erfasst und der Absaugung zugeführt werden (siehe Abbildung 19).

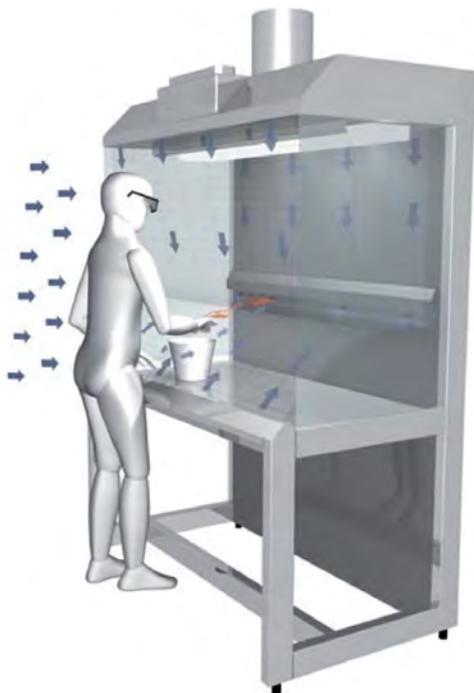


Abbildung 19: Schematische Darstellung der Luftführung am Reinigungsplatz

Der Reinluftschleier gewährleistet, dass die Beschäftigten und die Umgebung weitestgehend vor Emissionen geschützt sind. Der Reinluftschleier bleibt selbst dann weitestgehend stabil, wenn die arbeitende Person durch ihn hindurch greift.

Beispiel 3: Verfahrensänderung



Abbildung 20:
Unterform mit eingelegter
Glasfaserverstärkung

Das mit hohen Styrolemissionen verbundene Handlaminieren bei der Herstellung von Klöpperböden konnte durch den Einsatz verschließ- und evakuierbarer Formen ersetzt werden.

Verfahrensablauf:

Eine Unterform (siehe Abbildung 20) wird mit Trennmittel behandelt und mit Glasfasermatten belegt. Nach Auflegen der Oberform (siehe Abbildung 21) wird mittels eines handelsüblichen Kompressors ein Vakuum angelegt und das notwendige Harz in die evakuierte Form eingesaugt (Vakuuminjektionsverfahren).



Abbildung 21 :
Verschließen der
zweiteiligen Form

Beispiel 4: Arbeitsbereich Laminieren

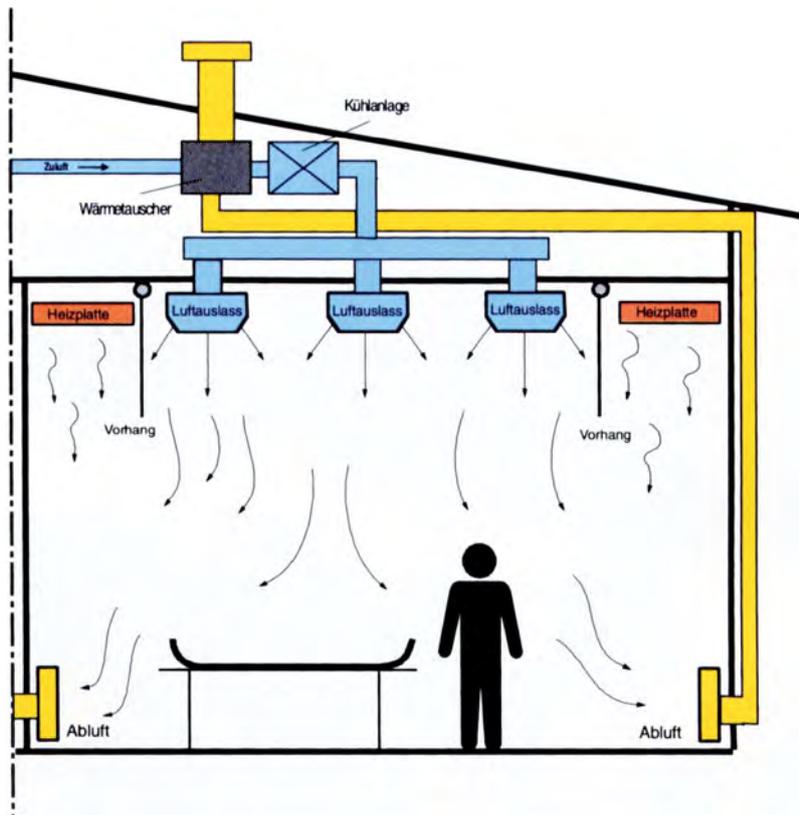


Abbildung 22 : Schematische Darstellung der Luftführung beim Laminieren

Abmessungen Halle: L = 9 m; B = 5,6 m; H = 3,5 m; V = 177 m³

Zuluftmenge: 8 000 m³/h

Abluftmenge: 9 000 m³/h

Luftwechsel: 45-fach

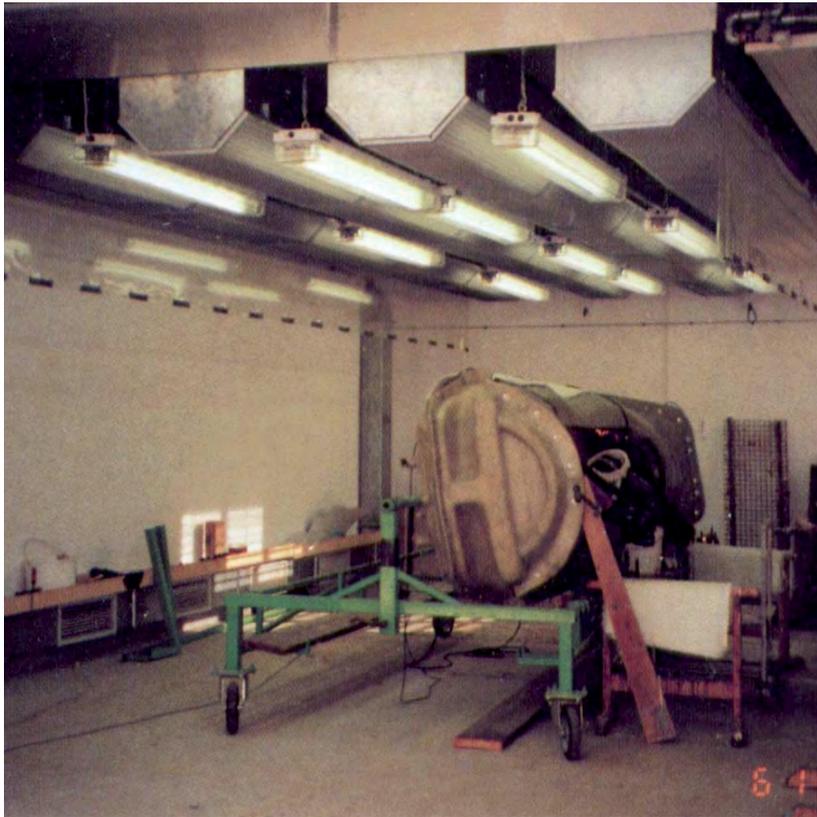


Abbildung 23: Umsetzung des Luftführungskonzepts aus Abbildung 22 in einer Laminierhalle

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

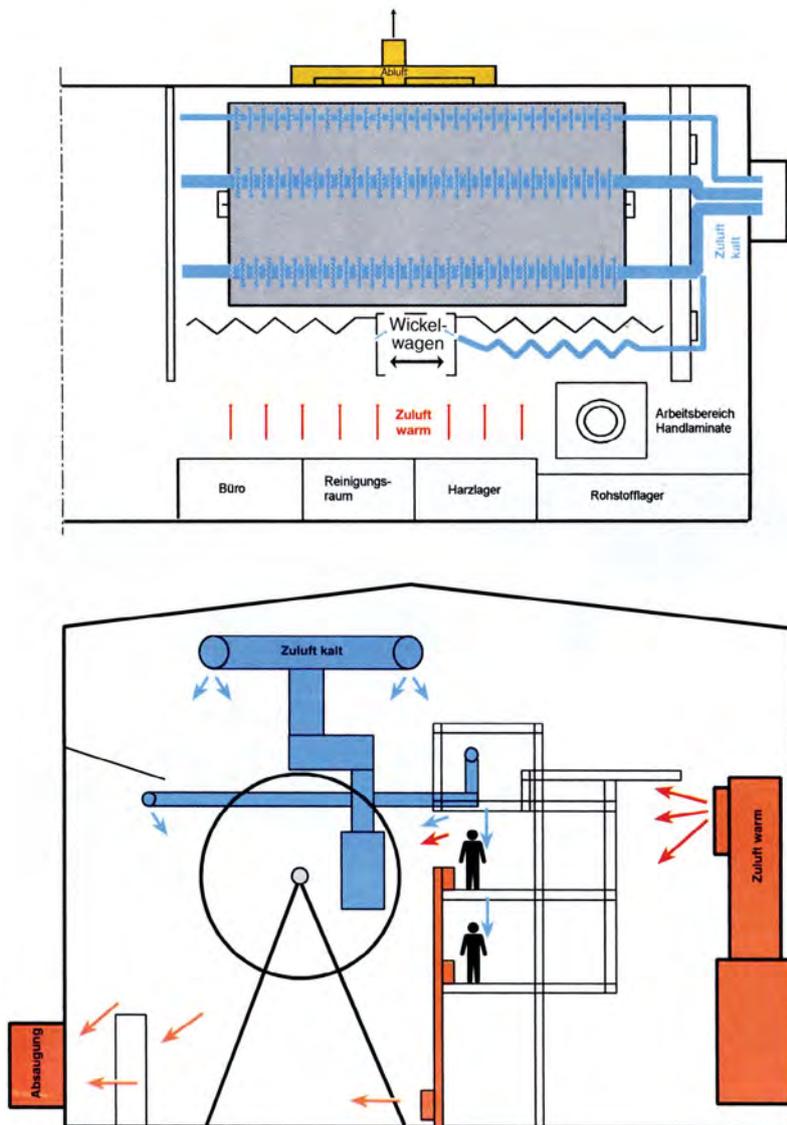


Abbildung 24: Schematische Darstellung der Luftführung beim Wickeln von großen Rohren und Behältern (oberes Bild: Aufsicht; unteres Bild: Seitenansicht)



Abbildung 25: Abtrennen des Wickelbereichs mittels Lamellenvorhang

Abmessungen Halle: L = 30 m; B = 18 m; H = 12 m; V = 6 480 m³

Zuluftmenge: 58 500 m³/h

Abluftmenge: 50 000 m³/h

Luftwechsel im Wickelbereich: 9-fach

Luftwechsel am Wickelwagen: 55-fach

In dieser Anlage werden Rohrleitungen und Behälter mit einem Durchmesser bis 6 m im Faserspritz- bzw. Wickelverfahren gefertigt. Durch Abtrennen des Wickelbereichs und Wickelwagens mittels eines verschiebbaren Streifenvorhanges aus PVC-Lamellen konnte eine deutliche Reduzierung der Styrolkonzentration außerhalb des Wickelbereiches erzielt werden (siehe Abbildung 25). Mit temperierter Zuluft kann eine gerichtete Luftführung innerhalb des Arbeitsbereiches erreicht werden.

Beispiel 6: Optimierung der Lüftungsanlage in bestehender Produktionshalle

Laminierarbeitsplatz im Bootsbau:

In einer Produktionshalle werden größere Formteile laminiert, im wesentlichen Sportboote. Die Belüftung erfolgte über eine Quell-Luftschlauchanlage in etwa 5 m Höhe.

Abmessungen Halle: L = 15 m; B = 5 m; H = 3 m; V = 225 m³

Zuluftmenge: 4 500 m³/h

Abluftmenge: 6 000 m³/h

Luftwechsel: 20-fach

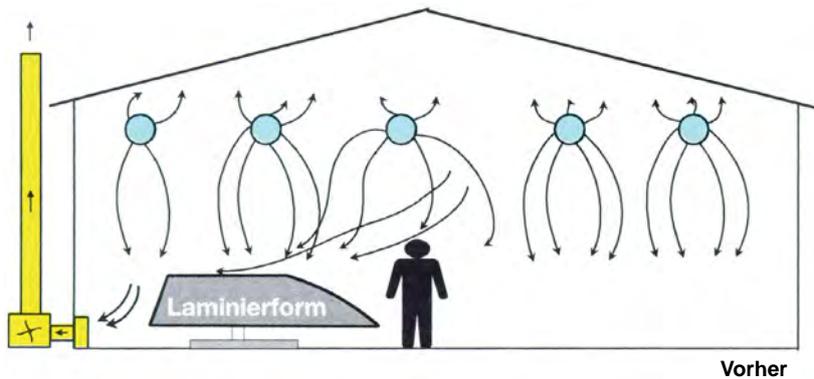


Abbildung 26: Schematische Darstellung der Luftführung vor Optimierung der Lüftungsanlage

Aufgrund des großen Abstandes zwischen Be- und Entlüftung und des Totraumes über den Textilschläuchen war keine gezielte Luftführung möglich (siehe Abbildung 26). Personenbezogene Messungen der Styrolkonzentration im Arbeitsbereich belegten deutliche Grenzwertüberschreitungen.

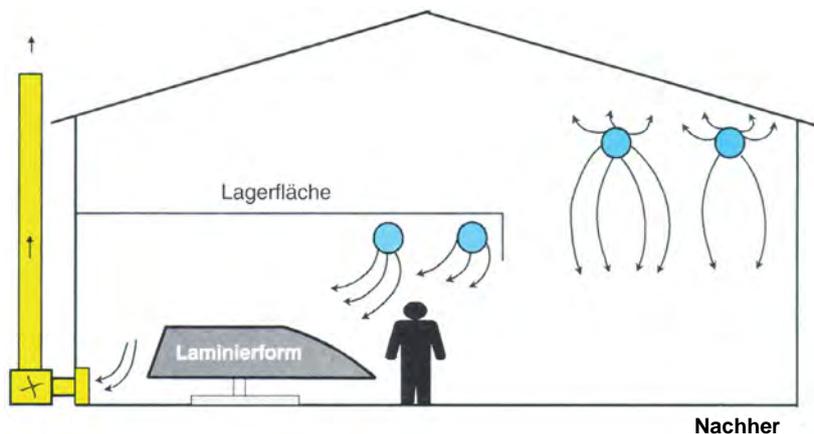


Abbildung 27: Schematische Darstellung der Luftführung nach Installation von Laminierkabinen und Optimierung der Lüftungsanlage

In der Produktionshalle wurden kleinere Laminierkabinen installiert. Die Zuluft wird turbulenzarm durch den Atembereich der Beschäftigten über die Laminierform hin zur Erfassungseinrichtung geführt (siehe Abbildungen 27 und 28). 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.



Abbildung 28 : Praktische Umsetzung des Luftführungskonzepts aus Abbildung 27

Beispiel 7: Installation einer abgesaugten Kabine, Herstellen von Formteilen

In dem Betrieb werden glasfaserverstärkte Badewannen hergestellt. Durch den Bau der Laminierkabine konnte die Styrolkonzentration im Atembereich der Laminierenden von 400 mg/m^3 auf 40 mg/m^3 gesenkt werden.



Abbildung 29: Laminierkabine zur Herstellung von Formteilen (hier einer Badewanne)

Abmessungen Kabine: $L = 5 \text{ m}$; $B = 4 \text{ m}$; $H = 3 \text{ m}$; $V = 60 \text{ m}^3$

Zuluftmenge: $2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

Abluftmenge: $2\,700 \text{ m}^3/\text{h}$

Luftwechsel: 42-fach

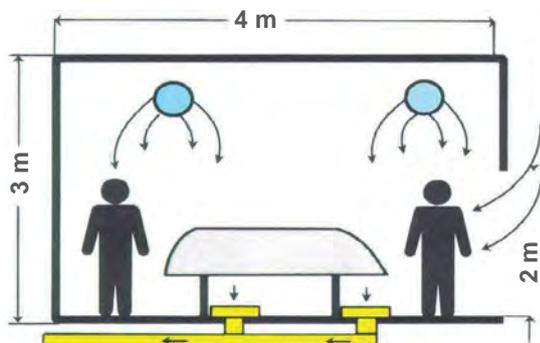


Abbildung 30 : Schematische Darstellung der Luftführung in der Laminierkabine. Die Erfassung der Abluft befindet sich am Boden der Kabine

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

In der Arbeitskabine werden Metallrohre mit Glasfasermatten umwickelt und styrolhaltiges Harz wird manuell aufgetragen. Durch die neue Arbeitskabine wurde die Styrolbelastung der Beschäftigten von 270 mg/m^3 auf 30 mg/m^3 reduziert.



Abbildung 31: Arbeitskabine zur Herstellung dünner Rohre im Wickelverfahren

Abmessungen Kabine: $L = 6,5 \text{ m}$; $B = 2,5 \text{ m}$; $H = 3 \text{ m}$; $V = 49 \text{ m}^3$

Zuluftmenge: $2\,500 \text{ m}^3/\text{h}$

Abluftmenge: $2\,700 \text{ m}^3/\text{h}$

Luftwechsel: 51-fach

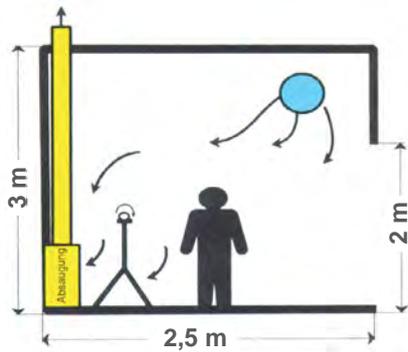


Abbildung 32: Schematische Darstellung der Luftführung in der Arbeitskabine

Literaturverzeichnis

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

Von Technischen Regeln zu Verordnungen, Durchführungsanweisungen von Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften) und DGUV Regeln kann abgewichen werden, wenn in der Gefährdungsbeurteilung dokumentiert ist, dass die gleiche Sicherheit auf andere Weise erreicht wird.

Keine verbindlichen Rechtsnormen sind DGUV 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

Die Schriften der BG RCI sowie ein umfangreicher Teil des staatlichen Vorschriften- und Regelwerkes und dem der gesetzlichen Unfallversicherungsträger (rund 1 700 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.

Zahlreiche aktuelle Informationen bietet die Homepage der BG RCI unter www.bgrci.de/praevention und fachwissen.bgrci.de.

Detailinformationen zu Schriften und Medien der BG RCI und Downloads von Schriften und Arbeitshilfen enthält das Mediencenter der BG RCI unter mediencenter.bgrci.de. Dort können auch Schriften bestellt werden.

Unfallverhütungsvorschriften, DGUV Regeln, DGUV Grundsätze und viele DGUV Informationen sind auf der Homepage der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter publikationen.dguv.de zu finden.

1 Veröffentlichungen der Europäischen Union im Amtsblatt der Europäischen Union

Bezugsquelle: Bundesanzeiger-Verlag, Postfach 10 05 34, 50445 Köln

Freier Download unter eur-lex.europa.eu/de/index.html

- 1 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.
- 2 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission.
- 3 Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können.
- 4 Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.

2 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquellen: Buchhandel

Freier Download unter www.gesetze-im-internet.de (Gesetze und Verordnungen) beziehungsweise www.baua.de (Technische Regeln) oder auf den Seiten des jeweiligen Bundeslandes

- 5 Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- 6 Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) mit zugehörigen Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR) und Arbeitsmedizinischen Empfehlungen (AME), insbesondere:
 - 7 AMR Nr. 2.1: Fristen für die Veranlassung/das Angebot arbeitsmedizinischer Vorsorge
 - AMR Nr. 3.3 Ganzheitliche arbeitsmedizinische Vorsorge unter Berücksichtigung aller Arbeitsbedingungen und arbeitsbedingten Gefährdungen
 - 8 AMR Nr. 6.2: Biomonitoring
 - 9 AMR 14.2: Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen
 - 10 AME: Wunschkategorie
- 11 Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) mit Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR), insbesondere:
 - 12 ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
 - 13 ASR A2.2: Maßnahmen gegen Brände
 - ASR A2.3: Fluchtwege und Notausgänge
 - 14 ASR A3.6: Lüftung
 - 15 ASR A4.1: Sanitärräume
- 16 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) mit Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere:
 - 17 TRBS 1112: Instandhaltung
 - 18 TRBS 1201: Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- 19 Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere:
 - 20 TRGS 201: Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
 - 21 TRGS 400: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen
 - 22 TRGS 401: Gefährdung durch Hautkontakt: Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen
 - 23 TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
 - 24 TRGS 500: Schutzmaßnahmen
 - 25 TRGS 509: Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter
 - 26 TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
 - 27 TRGS 520: Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle
 - 28 TRGS 521: Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle
 - 29 TRGS 555: Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten
 - 30 TRGS 600: Substitution

- 31 TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines
- 32 TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung
- 33 TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 34 TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- 35 TRGS 724: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
- 36 TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
- 37 TRGS 741: Organische Peroxide
- 38 TRGS 800: Brandschutzmaßnahmen
- 39 TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- 40 TRGS 903: Biologische Grenzwerte (BGW)
- 41 TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe
- 42 Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG)
- 43 Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens und über die Abgabe bestimmter Stoffe, Gemische und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV)
- 44 Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG)
- 45 Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)
- 46 Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB)
- 47 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) mit hierzu erlassenen Verordnungen, insbesondere
- 48 Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV)
- 49 Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung – 12. BImSchV)
- 50 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel in bestimmten Anlagen – 31. BImSchV)
- 51 Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
- 52 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)
- 53 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV)
- 54 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG)
- 55 Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL)
- 56 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)
- 57 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)

3 Unfallverhütungsvorschriften (DGUV Vorschriften), DGUV Regeln, DGUV Grundsätze, DGUV Informationen, Merkblätter und sonstige Schriften der Unfallversicherungsträger

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg, mediencenter.bgrci.de oder Jedermann-Verlag GmbH, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg, www.jedermann.de, verkauf@jedermann.de

Mitgliedsbetriebe der BG RCI können die folgenden Schriften (bis zur nächsten Bezugsquellenangabe) in einer der Betriebsgröße angemessenen Anzahl kostenlos beziehen. Freier Download vieler Schriften unter mediencenter.bgrci.de.

- 58 DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- 59 DGUV Information 213-850: Sicheres Arbeiten in Laboratorien – Grundlagen und Handlungshilfen; www.laborrichtlinien.de
- 60 DGUV Information 213-050: Gefahrgutbeauftragte (Merkblatt A 002)
- 61 Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- 62 Merkblatt A 009: Zusammenarbeit im Betrieb – Sicherheitstechnisches Koordinieren
- 63 DGUV Information 213-051: Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt A 010)
- 64 DGUV Information 213-052: Beförderung gefährlicher Güter (Merkblatt A 013)
- 65 DGUV Information 213-012: Gefahrgutbeförderung in PKW und in Kleintransportern (Merkblatt A 014)
- 66 Merkblatt A 016: Gefährdungsbeurteilung – Sieben Schritte zum Ziel
- 67 Merkblatt A 017: Gefährdungsbeurteilung – Gefährdungskatalog
- 68 Merkblatt A 023: Hand- und Hautschutz
- 69 Merkblatt A 026: Gefährdungsorientiertes Unterweisen – Medien- und Gestaltungsvorschläge nach Gefährdungsfaktoren

- 70 Merkblatt A 037: Atemwege und Lunge gesund erhalten – Funktion, Gefährdungen und Schutzmaßnahmen
- 71 kurz & bündig KB 002: Hand- und Hautschutz
- 72 kurz & bündig KB 011-1: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung
- 73 kurz & bündig KB 011-2: Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe
- 74 kurz & bündig KB 023: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Einführung, Grundpflichten, Gefährdungsbeurteilung
- 75 DGUV Information 213-069: Organische Peroxide (Merkblatt M 001)
- 76 DGUV Information 213-070: Säuren und Laugen (Merkblatt M 004)
- 77 DGUV Information 213-072: Lösemittel (Merkblatt M 017)
- 78 Merkblatt M 040: Chlorkohlenwasserstoffe
Merkblatt M 043: Kaltreiniger
- 79 DGUV Information 213-079: Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Informationen für Beschäftigte (Merkblatt M 050)
- 80 DGUV Information 213-080: Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (Merkblatt M 053)
- 81 DGUV Information 213-096: Organische Peroxide – Antworten auf häufig gestellte Fragen (Merkblatt M 058)
- 82 DGUV Information 213-082: Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun? (Merkblatt M 060)
- 83 DGUV Information 213-084: Lagerung von Gefahrstoffen (Merkblatt M 062)
- 84 DGUV Information 213-085: Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen (Merkblatt M 063)
- 85 Merkblatt T 015: Befüllen und Entleeren von Transporttanks für Flüssigkeiten – Eisenbahnkesselwagen, Tankfahrzeuge, Tankcontainer und Aufsetztanks
- 86 DGUV Information 213-056: Gaswarneinrichtungen und -geräte für toxische Gase/Dämpfe und Sauerstoff – Einsatz und Betrieb (Merkblatt T 021)
- 87 DGUV Information 213-057: Gaswarneinrichtungen und -geräte für den Explosionsschutz – Einsatz und Betrieb (Merkblatt T 023)
- 88 DGUV Information 213-060: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (Merkblatt T 033)
- 89 DGUV Information 213-855: Gefährdungsbeurteilung im Labor (Merkblatt T 034)
- 90 Merkblatt T 049: Explosionsschutz – Antworten auf häufig gestellte Fragen
- 91 Praxishilfe-Ordner: Arbeitsschutz mit System
- 92 Praxishilfe-Ordner: Aus Arbeitsunfällen lernen
- 93 Praxishilfe-Ordner: Aus Berufskrankheiten lernen
- 94 Sicherheitskurzgespräche, insbesondere:
- 95 SKG 003: Lagerung von Gefahrstoffen
- 96 SKG 023: Hautschutz
- 97 SKG 033: Handschutz

Bezugsquelle: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Glinkastraße 40, 10117 Berlin

Freier Download unter publikationen.dguv.de

- 98 DGUV Vorschrift 1: Grundsätze der Prävention
- 99 DGUV Regel 109-002: Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- 100 DGUV Regel 112-190: Benutzung von Atemschutzgeräten
- 101 DGUV Regel 112-192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
- 102 DGUV Regel 112-989: Benutzung von Schutzkleidung
- 103 DGUV Regel 112-995: Benutzung von Schutzhandschuhen
- 104 DGUV Regel 113-001: Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)
- 105 DGUV Regel 113-004: Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen
- 106 DGUV Information 204-001: Erste Hilfe (Plakat)
- 107 DGUV Information 205-001: Betrieblicher Brandschutz in der Praxis
- 109 DGUV Information 205-026: Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen
- 110 DGUV Information 209-084: Industriestaubsauger und Entstauber
- 111 DGUV Information 209-088: Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten
- 112 DGUV Information 212-017: Auswahl, Bereitstellung und Benutzung von beruflichen Hautmitteln
- 113 DGUV Information 213-033: Gefahrstoffe in Werkstätten
- 114 DGUV Information 213-106: Explosionsschutzdokument
- 115 DGUV Information 213-116: Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen
- 116 DGUV Information 213-729: Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung – Beschriften von Kunststoffen mit Lasern
- 117 DGUV Information 215-830: Zusammenarbeit von Unternehmen im Rahmen von Werkverträgen
- 118 DGUV Grundsatz 313-003: Grundanforderungen an spezifische Fortbildungsmaßnahmen als Bestandteil der Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

- 119 FBHM-074: Bearbeitung von CFK-Materialien – Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen
- 120 FBHM-092: Herstellung von CFK-Bauteilen – Orientierungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung bei der Serienfertigung
- 121 BK-Report 1/2018: BK 1317 – Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische

4 Normen

Bezugsquelle: DIN Media GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin; dinmedia.de

- 122 DIN EN 482:2021-05: Exposition am Arbeitsplatz – Verfahren zur Bestimmung der Konzentration von chemischen Arbeitsstoffen – Grundlegende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit
DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
DIN EN ISO 22065:2021-02: Luft am Arbeitsplatz – Gase und Dämpfe – Anforderungen an die Evaluierung von Messverfahren mit pumpenbetriebenen Probenahmeeinrichtungen
- 123 DIN EN ISO 7010:2020-07: Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Registrierte Sicherheitszeichen
- 124 VDI 2262 Blatt 4:2006-03: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe

5 Andere Schriften und Medien

Bezugsquelle: zum Beispiel Buchhandel

- 125 Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, ISBN 3-527-30385-5 (Druckfassung) und ISBN 3-527-31097-5 (elektronische Fassung)
- 126 AUER Technikum
- 127 Handbuch Faserverbundkunststoffe/Composites, AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V., 2013, Springer Vieweg, ISBN: 3658027541
- 128 Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 2024; ISSN 2702-2765; freier Zugang über https://doi.org/10.34865/mbwl_2024_deu
Deutsche Forschungsgemeinschaft: Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten; freier Zugang über <https://series.publisso.de/de/pgseries/overview/mak/dam>
- 129 IFA-Arbeitsmappe: Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-13089-4, www.ifa-arbeitsmappedigital.de
A. Hartwig (Hrsg): Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe – Luftanalysen. Wiley-VCH, Weinheim, ISBN 978-3-527-25652-5 (Loseblattsammlung)
- 130 Verarbeitung von Styrol – Situationsbericht 1991, zur Zeit vergriffen, Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- 131 DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen, 2024, 2. Auflage, www.dguv.de/publikationen (Webcode: p022429)
- 132 J. Lamb, S. Hesse, B. G. Miller, L. MacCalman, K. Schroeder, J. Cherrie, M. van Tongeren: Evaluation of Tier-1 Exposure Assessment Models under REACH (eteam) Project – Final Overall Project Summary Report, Dortmund 2015, www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2303-D16.html
- 133 Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (ADR); deutscher Titel: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, www.unece.org/trans/danger/danger.html oder www.bmvi.de
- 134 J. E. Cometto-Muñiz, M. H. Abraham: Olfactory psychometric functions for homologous 2-ketones, Behavioural Brain Research Volume 201, Issue 1, 19 July 2009, Pages 207-215 doi: 10.1016/j.bbr.2009.02.014.
- 135 Y. Nagata: Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method, www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf
- 136 K. Nabert, G. Schön, T. Redeker: Sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Gase und Dämpfe, Deutscher Eichverlag, 4. Auflage 2021, ISBN 978-3-8064-9956-8

6 Online-Datenbanken und Informationen im Internet

- 137 Gefahrstoffinformationssystem GisChem der BG RCI und BG HM: www.gischem.de
- 138 Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), www.dguv.de/ifa, mit folgenden Angeboten:
- 139 - Akkreditierte Messstellen gemäß Gefahrstoffverordnung, Webcode: d4706
- 140 - GESTIS – Gefahrstoffinformationssystem der DGUV, Webcode: d3380
- 141 - GESTIS-Stoffenmanager, Webcode: d117179
- 142 - Expositionsdatenbank MEGA, Webcode: d4806
- 143 - GHS-Spaltenmodell, Webcode: d124774
- 144 - BGIA-Report 4/2006: Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Styrol

- 145 Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), www.bgetem.de, insbesondere:
- 146 - Leitfaden zur Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung, Webcode: M19359474
- 147 Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), www.baua.de
- 148 Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG), insbesondere der Schutzleitfaden 223 „Laminieren (Batch) – Emissionsmindernde Maßnahmen“, www.baua.de/DE/Themen/Chemikalien-Biostoffe/Gefahrstoffe/EMKG/Einfaches-Massnahmen-konzept-EMKG_node.html
- 149 Europäische Chemikalienagentur (ECHA), echa.europa.eu, insbesondere:
- 150 - Datenbanken echa.europa.eu/de/information-on-chemicals
- 151 Rigoletto – Datenbank für Wassergefährdungsklassen des Umweltbundesamtes, webriigoletto.uba.de/rigoletto
- 152 Chemsafe – Datenbank für sicherheitstechnische Kenngrößen im Explosionsschutz der Bundesanstalt für Materialforschung und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, www.chemsafe.ptb.de
- 153 International Agency for Research on Cancer (IARC), www.iarc.who.int
- 154 Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e. V., www.bua-verband.de/gefahrstoffmessungen
- 155 AVK – Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V., avk-tv.de
- 156 Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), www.bgbau.de
- 157 WINGIS-online – Gefahrstoffinformationssystem der BG Bau, www.wingis-online.de, insbesondere:
- 158 - Listen mit getesteten Handschuhen unter www.wingisonline.de/handschuhdb/weitereinfos.aspx
- 159 Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), www.bghm.de, insbesondere:
- 160 - www.bghm.de/arbeitsschuetzer/fachthemen/gefahrstoffe-und-biologische-arbeitsstoffe

Bildnachweis

Die in dieser Schrift verwendeten Bilder dienen nur der Veranschaulichung. Eine Produktempfehlung seitens der BG RCI wird damit ausdrücklich nicht beabsichtigt.

Abbildungen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 4:
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin

Abbildungen 6–10:
Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM)
Isaac-Fulda-Allee 18
55124 Mainz

Bildernachweis der Beispiele siehe Seite 65

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Tel.: 030 13001-0 (Zentrale)

Fax: 030 13001-9876

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de