

213-116

DGUV Information 213-116



Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Gefahrstoffe des Fachbereichs Rohstoffe und
chemische Industrie der DGUV

Ausgabe: Oktober 2024

Satz und Layout: Atelier Hauer + Dörfler, Berlin

Druck: MAXDORNPRESSE GmbH & Co. KG, Obertshausen

Bildnachweis: siehe Seite 122

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit
ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder unter
www.dguv.de/publikationen › Webcode: p213116

Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	7
2	Anwendungsbereich	8
3	Gesundheitsgefährdungen bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen	9
3.1	Sensibilisierung und Kontaktallergie	10
3.2	Sensibilisierende Wirkstärke	12
4	Gefährdungsbeurteilung	14
4.1	Beschäftigungsbeschränkungen	16
4.1.1	Jugendliche	16
4.1.2	Mutterschutz	16
4.2	Gefahrstoffmessungen und Beurteilungsmaßstäbe	18
5	Ersatzstoffe und Ersatzverfahren (Substitution)	22
6	Technische Schutzmaßnahmen	24
6.1	Gestaltung von Anlagen und Arbeitsverfahren	24
6.2	Brand- und Explosionsschutz	27
6.2.1	Maßnahmen zum Schutz gegen Explosionen	27
6.2.2	Maßnahmen zum Schutz gegen Brände	32
6.3	Abluft	34
7	Organisatorische Schutzmaßnahmen	36
7.1	Gefahrstoffverzeichnis	36
7.2	Expositionsverzeichnis	37
7.3	Information der Beschäftigten (Betriebsanweisungen und Unterweisungen)	38
7.4	Arbeiten in Behältern und engen Räumen	40
7.5	Arbeits- und Lagerräume	41
7.6	Laboratorien	44
7.7	Organisation der Lagerung	45

7.8	Transport.....	46
7.9	Instandhaltung.....	47
7.10	Prüfung von Arbeitsmitteln.....	48
7.11	Entsorgen von Abfällen und Rückständen.....	48
8	Persönliche Schutzmaßnahmen.....	50
8.1	Hand- und Hautschutz.....	51
8.1.1	Chemikalienschutzhandschuhe.....	52
8.1.2	Hautreinigung.....	56
8.1.3	Hautpflege.....	57
8.1.4	Individuelle Hautschutzberatungen und -schulungen.....	58
8.2	Arbeits- und Schutzkleidung.....	58
8.3	Augen- und Gesichtsschutz.....	60
8.4	Atemschutz.....	60
8.5	Hygiene.....	62
9	Tätigkeitsspezifische Schutzmaßnahmen.....	65
9.1	Umfüllen.....	65
9.2	Abwiegen, Mischen und Dosieren.....	67
9.3	Vergießen und Tränken.....	70
9.3.1	Verguss auf Baustellen.....	75
9.4	Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten im Modell- und Formenbau.....	76
9.5	3D-Druck.....	76
9.6	Laminieren.....	79
9.6.1	Laminieren kleiner Formteile.....	80
9.6.2	Laminieren großer Bauteile.....	84
9.7	Kleben.....	91
9.8	Beschichten von Oberflächen.....	93
9.8.1	Oberflächenbeschichtung – Nasslackierung.....	93
9.8.2	Oberflächenbeschichtung – Pulverbeschichtung.....	95
9.9	Nachbearbeitung.....	96

9.10	Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten	98
9.11	Besondere Schutzmaßnahmen bei der Demontage/ beim Zerlegen und Recycling von Bauteilen	102
9.12	Besondere Schutzmaßnahmen auf Baustellen und in anderen nicht stationären Arbeitsbereichen	103
10	Arbeitsmedizinische Vorsorge	104
11	Erste Hilfe	109
11.1	Allgemeine Maßnahmen	109
11.2	Hautkontakt	109
11.3	Augenkontakt	110
11.4	Einatmen von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen	110
11.5	Verschlucken von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen	110
Anhang		
	Literaturverzeichnis	111

1 Vorbemerkung

Diese DGUV Information präzisiert die Forderungen der Gefahrstoffverordnung und ist eine Hilfe zur Erstellung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen.

Sie ist eine Zusammenstellung und Erläuterung von Inhalten aus

- staatlichen Arbeitsschutzvorschriften (Gesetze, Verordnungen),
- DGUV Vorschriften (Unfallverhütungsvorschriften) und DGUV Regeln,
- technischen Spezifikationen und
- den Erfahrungen aus der Präventionsarbeit der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung.

DGUV Informationen richten sich in erster Linie an Unternehmerinnen und Unternehmer und geben ihnen Hilfestellung bei der Umsetzung der Pflichten aus dem staatlichen Vorschriften- und Regelwerk und dem der Unfallversicherungsträger. Sie zeigen Wege auf, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Seit Erscheinen dieser DGUV Information können sich der Stand der Technik und die Rechtsgrundlagen geändert haben. Die DGUV Information 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 DGUV vom Unternehmer. Beide Begriffe sind nicht völlig identisch, weil Unternehmerinnen und 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.

2 Anwendungsbereich

Epoxidharzsysteme setzen sich in der Regel aus zwei Komponenten zusammen: dem Reaktionsharz und dem Härter.

Als gebräuchlichste Epoxidharze werden Kondensationsprodukte von 2,2-Bis(p-hydroxyphenyl)propan (Bisphenol A) und Epichlorhydrin (1-Chlor-2,3-epoxypropan) eingesetzt. Die Harzkomponenten enthalten außerdem oft zusätzlich Reaktivverdünner (ebenfalls Epoxidverbindungen, z. B. Glycidylether sowie unterschiedlichste Polymere komplexer Zusammensetzung).

Bei den Härtern wird unterschieden zwischen aliphatischen, cycloaliphatischen und aromatischen Di- und Polyaminen, z. B. Isophorondiamin, Xylylendiamin oder Amiden (Kalthärtung) und Hydrophthalsäureanhydriden (Heißhärtung). Beispiele für Hydrophthalsäureanhydride sind Hexahydrophthalsäureanhydrid (HHPA), Tetrahydrophthalsäureanhydrid (THPA), 4-Methyltetrahydrophthalsäureanhydrid (MTHPA) und 4-Methylhexahydrophthalsäureanhydrid (MHHPA). Nach Angaben der Hersteller in den Sicherheitsdatenblättern enthalten die Härter einen Anteil von 5 bis 100% dieser Stoffe.

In einigen Produkten werden zusätzlich Lösemittel verwendet. Üblicherweise handelt es sich dabei um Aromaten, Alkohole und Ketone. Weitere Zusätze in Epoxidharzsystemen können je nach technischen Anforderungen z. B. Füllstoffe, Farbpigmente, Zuschlagstoffe, Weichmacher, Reaktivverdünner oder Reaktionsbeschleuniger sein. Beide Komponenten, Harz und Härter, werden unmittelbar vor Verwendung im richtigen Verhältnis angemischt. Dadurch startet eine chemische Reaktion, durch die die Moleküle von Harz und Härter miteinander zu einem makromolekularen Kunststoff reagieren. Die hohe Reaktivität der einzelnen noch nicht ausgehärteten Komponenten ist dabei entscheidend für die bekannten gesundheitsschädigenden Wirkungen, die bei der Anwendung von Epoxidharzsystemen auftreten können. Das zunächst flüssige Gemisch härtet innerhalb von wenigen Minuten bis zu einer Dauer von mehreren Wochen aus. Die Aushärtedauer wird durch die Zusammensetzung und die Temperatur der Komponenten beeinflusst. Es gibt kalt-, warm- und heißhärtende Epoxidharzsysteme.

3 Gesundheitsgefährdungen bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen

Epoxidharze sind einer der häufigsten Auslöser berufsbedingter allergischer Hauterkrankungen. Ursache ist das hohe sensibilisierende Potenzial, das von zahlreichen Inhaltsstoffen in den einzelnen Epoxidharzsystem-Komponenten ausgeht. Die Harzkomponente kann beim Menschen außerdem Reizungen hervorrufen, die alkalische Härterkomponente ätzend oder reizend wirken. Dabei ist es möglich, dass reizende bzw. ätzende Wirkungen einen sensibilisierenden Effekt noch verstärken. Diese Wirkungen können auf verschiedene Inhaltsstoffe verteilt sein und in Kombination einen unerwünschten Verstärkungseffekt herbeiführen.¹ Ausgehärtete Epoxidharzsysteme sind in der Regel unbedenklich.

Schleif- und Frässtäube von ausgehärteten Epoxidharzen schädigen wie andere einatembare Stäube die Atemwege. Bereits sensibilisierte Personen können auf die Bestandteile allergisch reagieren.

Bei Tätigkeiten mit lösemittelhaltigen Epoxidharzprodukten sind außerdem die lösemittelspezifischen Gesundheitsgefährdungen zu beachten (zu Tätigkeiten mit Lösemitteln siehe [↓ DGUV Information 213-072 „Lösemittel“](#) (Merkblatt M 017 der BG RCI)).

Ebenso können auch Gesundheitsgefährdungen durch Füllstoffe, wie z. B. Quarz, Glasfasern oder Kohlenstofffasern, die in den freigesetzten Stäuben enthalten sein können, eine Rolle spielen. Informationen zu arbeitungsspezifischen Schutzmaßnahmen beim Bearbeiten von Bauteilen aus ausgehärteten Kohlenstofffaser verstärkten Kunststoffen (carbonfaserverstärkte Kunststoffe, CFK) enthält die Fachbereich-AKTUELL-Schrift FBHM-074 „Bearbeitung von CFK-Materialien – Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen“. Bei der Gefährdungsbeurteilung müssen die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter berücksichtigt werden, die auf weitere mögliche Gesundheitsgefährdungen hinweisen.

¹ Weiler et al., 2007; Heine et al. 2012 (siehe Literaturverzeichnis)

Das krebserzeugende Epichlorhydrin hingegen spielt in der Regel keine Rolle. Einige Epoxidharzhersteller² sind eine freiwillige Selbstverpflichtung³ eingegangen, den Restgehalt von Epichlorhydrin in Harzen oder Reaktivverdünnern auf einem sehr niedrigen Niveau (ppm-Bereich) zu halten. Diese Selbstverpflichtung unterstützt die Anwendenden dabei, die Akzeptanzkonzentration⁴ für Epichlorhydrin einzuhalten. Auskunft erteilt der jeweilige Hersteller.

3.1 Sensibilisierung und Kontaktallergie

Kontaktallergien (allergische Kontaktdermatitis), die durch die Inhaltsstoffe von Epoxidharzsystemen bedingt sind, zählen seit über 20 Jahren in vielen Branchen zu den häufigsten berufsbedingten allergischen Hauterkrankungen. Dabei verursachen die noch nicht ausgehärteten Komponenten die epoxidharzinduzierte Kontaktallergie. Diese ist mit stark ausgeprägten Hautekzemen meist an Händen, Unterarmen oder anderen Hautbereichen mit direktem Kontakt zu den noch nicht ausgehärteten Komponenten oder Gemischen verbunden. Die Hautveränderungen müssen allerdings nicht nur auf die direkten Kontaktzonen begrenzt sein, sondern können als luftgetragene (aerogene) Kontaktekzeme auch im Gesicht und an anderen unbedeckten Hautpartien auftreten. Unabhängig davon können sich allergische und irritative Atemwegserkrankungen entwickeln. So sind Carbonsäureanhydride, die als Härter in heißhärtenden Epoxidharzsystemen eingesetzt werden, als Auslöser von beruflich bedingten allergischen Atemwegserkrankungen bekannt.

² Olin, Huntsman Advanced Materials, Leuna-Harze, Westlake Epoxy, SpolChemie

³ siehe Literaturverzeichnis im Abschnitt 8 „Informationen im Internet“

⁴ **Akzeptanzkonzentration**

Vol.-Konz.: 0,5 ppm

Gew.-Konz.: 1,9 mg/m³

Toleranzkonzentration

Vol.-Konz.: 2 ppm

Gew.-Konz.: 8 mg/m³

Im Gegensatz zu vielen anderen Berufsallergenen treten Hautreaktionen gegenüber Epoxidharzen bei vielen Beschäftigten bereits nach einer sehr kurzen Sensibilisierungsphase von wenigen Tagen oder Wochen auf. Für die Ausbildung einer solchen allergischen Reaktion muss das Kontaktallergen die obersten Schichten der Haut durchdringen. Kann dieses dann direkt oder nach einer chemischen Umwandlung im Körper mit bestimmten Proteinen reagieren, wird ein Mechanismus in Gang gesetzt, durch den das Immunsystem zunächst lernt, eine Abwehrreaktion auszulösen. Diese Phase wird als Sensibilisierung bezeichnet. Schon kurzzeitige Tätigkeiten mit unzureichendem Hautschutz können ausreichen, um eine solche Sensibilisierung zu erwerben. Kommt es dann zu einem späteren erneuten Kontakt mit dem Allergen, wird eine Entzündungsreaktion ausgelöst, die als allergisches Kontaktekzem der Haut sichtbar wird. Diese Immunabwehrreaktion kann aber auch durch einen anderen Stoff hervorgerufen werden, der dem Auslöser meist chemisch oder strukturell ähnlich ist. Dies wird als Kreuzallergie bezeichnet.

Eine einmal erworbene Sensibilisierung besteht lebenslang und ist nicht heilbar. Wenn kein Kontakt mehr besteht, bilden sich die Ekzeme zwar zurück, bei erneuter Exposition brechen sie aber schnell wieder aus. So reicht in manchen Fällen für das Auslösen der allergischen Reaktion schon der bloße Aufenthalt in Arbeitsbereichen aus, in denen Epoxidharze verarbeitet werden. Für die Betroffenen ist deshalb ein Verbleib in den entsprechenden Arbeitsbereichen meist nicht mehr möglich⁵.

⁵ Kersting et al., 2021 (siehe Literaturverzeichnis)

3.2 Sensibilisierende Wirkstärke

Die sensibilisierende Wirkstärke der Inhaltsstoffe kann variieren⁶. Eine Auflistung vieler relevanter Inhaltsstoffe von Epoxidharzsystemen und deren sensibilisierender Wirkstärke findet sich in der branchenübergreifenden „EIS-Liste“ (siehe dazu auch [Kapitel 5](#)). Download unter www.dguv.de/medien/ifa/de/prax/gefahstoffe/epoxidharze/pdf/eis-liste.pdf.⁷ Der Schwerpunkt der Liste liegt bei Stoffen, die hautsensibilisierende Eigenschaften besitzen. Diesen werden die Wirkstärke-Kategorien stark hautsensibilisierend (HS), gering bis mäßig hautsensibilisierend (GMS) oder unbekannt (U) zugeordnet.

Möglicherweise kann durch die Verwendung von Präpolymeren, bei denen es sich um vorreagierte Epoxidharz-Amin-Mischungen mit einem verringerten Anteil an freiem Amin handelt, das Risiko einer Sensibilisierung reduziert werden. Diese Substanzgruppe wurde in einem von der DGUV geförderten Projekt auf ihre sensibilisierende Wirkstärke untersucht. Die Präpolymere weisen ein durchschnittlich höheres Molekulargewicht auf, das ein Durchdringen der Haut, dem ersten Schritt zur Sensibilisierung, erschwert. Solche Amine können in üblicher Weise appliziert werden und werden zunehmend beispielsweise in Produkten für den Bausektor eingesetzt. Bisher vorliegende Informationen deuten darauf hin, dass sie als Inhaltsstoffe der Härterkomponente generell eine geringere sensibilisierende Wirkstärke besitzen.

⁶ Heine et al., 2012 (siehe Literaturliste)

⁷ Diese Liste ist vom Arbeitskreis EIS (Epoxidharz-Inhaltsstoffe) erstellt worden, einer Untergruppe des Arbeitskreises Epoxidharze. Der EIS-Arbeitskreis hat sich zum Ziel gesetzt, möglichst viele relevante Inhaltsstoffe von Epoxidharzsystemen zu ermitteln und deren sensibilisierende Wirkstärke näher zu untersuchen, zu beschreiben und die Liste entsprechend zu aktualisieren.

GISCODE

Um Informationen weiterer gesundheitsgefährdender Eigenschaften für die Gefährdungsbeurteilung bereitzustellen, ist der Gefahrstoff-Informationen-System-Code (GISCODE) für die Bauwirtschaft in Zusammenarbeit von Herstellern mit der BG Bau für Epoxidharze angepasst worden. Hierbei werden unterschiedliche Kategorien – wie sensibilisierendes Potenzial, Lösemittelgehalt, Giftigkeit und KMR⁸-Eigenschaften – in Gruppen zusammengefasst und die Hersteller ordnen den entsprechenden Code ihren Produkten zu. Dieser GISCODE wird dann im Sicherheitsdatenblatt, im technischen Merkblatt und auf dem Gebinde ausgewiesen.

Der GISCODE für Epoxidharze umfasst 11 Produktgruppen. Informationen zu den einzelnen Gruppen können den Produktgruppeninformationen z. B. mit Hilfe des Programms WINGISonline der BG Bau auf www.wingisonline.de und der Tabelle der BG Bau entnommen werden, die im Internet abrufbereit ist.

⁸ KMR (engl. CMR) = krebserzeugend, keimzellmutagen, reproduktionstoxisch

4 Gefährdungsbeurteilung

Vor dem Einsatz eines Epoxidharzsystems haben Unternehmer und Unternehmerinnen dafür zu sorgen, dass die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten bei der Arbeit geschützt und die bei der Tätigkeit auftretenden Gefährdungen durch die getroffenen Schutzmaßnahmen beseitigt oder auf ein Minimum verringert werden.

Die Gefährdungsbeurteilung ist vor Aufnahme der Tätigkeiten durchzuführen. Sie darf nur von fachkundigen Personen nach Gefahrstoffverordnung durchgeführt werden (siehe dazu auch [↓ DGUV Grundsatz 313-003](#)). Verfügt die Unternehmerin oder der Unternehmer nicht selbst über die entsprechende Fachkunde, hat sie oder er sich fachkundig beraten zu lassen. Fachkundig können insbesondere die Fachkraft für Arbeitssicherheit sowie der Betriebsarzt oder die Betriebsärztin sein. Der Betriebsrat ist entsprechend seiner Rechte zu beteiligen.

Im Rahmen der Informationsermittlung wird festgestellt, ob und welche Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die Beschäftigten durchführen und welche Gefahrstoffe bei Tätigkeiten entstehen oder freigesetzt werden können. Ist dies der Fall, so sind alle hiervon ausgehenden Gefährdungen der Beschäftigten unter folgenden Gesichtspunkten zu beurteilen:

1. gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Gemische, einschließlich ihrer physikalisch-chemischen Wirkungen,
2. Informationen des Lieferanten zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit insbesondere im Sicherheitsdatenblatt,
3. Art und Ausmaß der Exposition unter Berücksichtigung aller Expositionswege; dabei sind die Ergebnisse der Messungen und Ermittlungen nach der Gefahrstoffverordnung zu berücksichtigen,
4. Möglichkeiten einer Substitution,
5. Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge,
6. verbindliche Beurteilungsmaßstäbe (Arbeitsplatzgrenzwerte, ERB-Werte, ...) und biologische Grenzwerte,
7. Wirksamkeit der ergriffenen oder zu ergreifenden Schutzmaßnahmen,

8. Erkenntnisse aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind Anforderungen aus anderen Rechtsgebieten, z. B. Bauordnungsrecht, zu berücksichtigen.

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durch den Einsatz ungefährlicherer Ersatzstoffe oder Ersatzverfahren zu vermeiden.

Ist dies nicht möglich, müssen die Gefährdungen auf ein Minimum reduziert werden. Dieser Vorgabe hat der Unternehmer oder die Unternehmerin durch die Festlegung und Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Rechnung zu tragen. Dabei ist folgende Rangfolge zu beachten:

1. Gestaltung geeigneter Verfahren und technischer Steuerungseinrichtungen von Verfahren, den Einsatz emissionsfreier oder emissionsarmer Verwendungsformen sowie Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien nach dem Stand der Technik⁹,
2. Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessene Be- und Entlüftung, und Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen,
3. sofern eine Gefährdung nicht durch Maßnahmen nach den Nummern 1 und 2 verhütet werden kann, Anwendung von individuellen Schutzmaßnahmen, die auch die Bereitstellung und Verwendung von persönlichen Schutzausrüstungen umfassen.

Die Gefährdungen und Maßnahmen sind in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren. Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig zu überprüfen und auf aktuellem Stand zu halten.

⁹ siehe z. B. TRGS 460 „Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik“

Die Wirksamkeit der festgelegten Schutzmaßnahmen ist regelmäßig zu prüfen.

Persönliche Schutzmaßnahmen sind nachrangig gegenüber technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen.

Weitere Informationen enthält die [↓ DGUV Information 213-080 „Arbeitschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“](#) (Merkblatt M 053 der BG RCI).

4.1 Beschäftigungsbeschränkungen

4.1.1 Jugendliche

Jugendliche dürfen nur dann Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen ausüben, wenn es zur Erreichung ihres Ausbildungszieles erforderlich ist, die Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet ist und die Luftgrenzwerte unterschritten werden.

4.1.2 Mutterschutz

Dem besonderen Schutzbedarf einer schwangeren oder stillenden Frau und ihres Kindes ist durch die Festlegung von Schutzmaßnahmen in der Gefährdungsbeurteilung Rechnung zu tragen. Mit dem Zeitpunkt, an dem eine Beschäftigte ihren Arbeitgeber darüber informiert, dass sie schwanger ist oder stillt, sind diese Schutzmaßnahmen umzusetzen. Gleichzeitig fällt sie unter den Geltungsbereich des Mutterschutzgesetzes (MuSchG).

Ziel des Mutterschutzgesetzes ist es, eine Schwangere oder Stillende sowie ihr Kind vor einer unverantwortbaren Gefährdung aufgrund der

Arbeitsbedingungen zu schützen. In Bezug auf Expositionen gegenüber Gefahrstoffen darf der Unternehmer oder die Unternehmerin eine schwangere oder stillende Frau keine Tätigkeiten ausüben lassen und sie keinen Arbeitsbedingungen aussetzen, bei denen sie in einem Maß Gefahrstoffen ausgesetzt ist oder sein kann, dass dies für sie oder für ihr Kind eine unverantwortbare Gefährdung darstellt. Dies gilt nur dann nicht, wenn eine Fruchtschädigung durch die Einhaltung von Grenzwerten, die vor Fruchtschädigung schützen, ausgeschlossen werden kann oder wenn ein Stoff nicht in der Lage ist, die Plazentaschranke zu überwinden.

Generell sind Tätigkeiten oder Arbeitsbedingungen für Schwangere unzulässig, wenn sie Gefahrstoffen ausgesetzt werden (können), die mit mindestens einem der H-Sätze H300, H301, H310, H311, H330, H331, H340, H350, H360, H361, H362 oder H370 gekennzeichnet sind oder die ausgewiesen sind, auch bei Einhaltung der arbeitsplatzbezogenen Vorgaben möglicherweise zu einer Fruchtschädigung führen zu können (z. B. Bemerkung Z nach TRGS 900¹⁰).

Für Stillende werden im Mutterschutzgesetz explizit nur Expositionen von Stoffen, die als reproduktionstoxisch in Zusammenhang mit der Laktation zu bewerten sind (H362), (sowie von Blei und Bleiverbindungen) als unzulässig bewertet. Jedoch sollte auch für Expositionen gegenüber krebserzeugenden und keimzellmutagen Gefahrstoffen der Kategorien 1A und 1B eine unverantwortbare Gefährdung angenommen werden, da Restrisiken für diese Stoffe nicht ausgeschlossen sind.

Unterstützung bei der Umsetzung des Mutterschutzgesetzes geben die AfMu-Regel (MuSchR) „Gefährdungsbeurteilung“, Schriften der Unfallversicherungsträger und der Länder, z. B. die Merkblätter [↓ A 027 „Mutterschutz](#)

¹⁰ Stoffe, die bezüglich der entwicklungstoxischen Wirkung bewertet werden können und für die ein Risiko der Fruchtschädigung auch bei Einhaltung des AGW (siehe TRGS 900) und des BGW (siehe TRGS 903) nicht ausgeschlossen werden kann.

im Betrieb“ und [M 039](#) „Fruchtschädigende Stoffe – Informationen für Mitarbeiterinnen und betriebliche Führungskräfte“ der BG RCI.

4.2 Gefahrstoffmessungen und Beurteilungsmaßstäbe

Epoxidharzsysteme können eine Vielzahl an unterschiedlichen und teilweise komplexen Inhaltsstoffe enthalten. Messwerte können nur für wenige Gefahrstoffe erhoben werden, wenn im Messsystem Gefährdungsermittlung der UV-Träger (MGU) Messverfahren für diese Stoffe und verbindliche Beurteilungsmaßstäbe existieren. Aufgrund der weiten Verbreitung der Kondensationsprodukte, werden deshalb häufig Bisphenol A, Epichlorhydrin und je nach Zusammensetzung der Epoxidharzsysteme Amine, Glycidylether und Hydrophthalsäureanhydride gemessen.

Die TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ nennt für Bisphenol A einen Arbeitsplatzgrenzwert von 2 mg/m^3 , bezogen auf die einatembare Staubfraktion. Der Arbeitsplatzgrenzwert von Phenol ist 8 mg/m^3 . Für Epichlorhydrin wurden nach TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen“ eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) abgeleitet. Die Akzeptanzkonzentration (AK) beträgt $1,9 \text{ mg/m}^3$, die Toleranzkonzentration (TK) 8 mg/m^3 .

An Arbeitsplätzen, an denen Stäube entstehen, ist der Allgemeine Staubgrenzwert für die einatembare Staubfraktion (E-Fraktion) und für die alveolengängige Staubfraktion (A-Fraktion) einzuhalten¹¹; siehe TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

¹¹ Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die A-Staubfraktion in Höhe von $1,25 \text{ mg/m}^3$ basiert auf einer mittleren Dichte von $2,5 \text{ g/cm}^3$. Wenn an einem Arbeitsplatz Materialien besonders niedriger Dichte (z. B. Kunststoffe, Papier) oder besonders hoher Dichte (z. B. Metalle) verwendet werden, kann mit der Materialdichte umgerechnet werden. Der AGW der E-Staubfraktion ist als Schichtmittelwert mit 10 mg/m^3 festgelegt.

Tätigkeiten mit Quarz, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stäuben aus kristallinem Siliciumdioxid in Form von Quarz und Cristobalit ausgesetzt sind, sind nach TRGS 906 krebserzeugende Tätigkeiten. Quarz kann als Füllstoff in Epoxidharzsystemen beigefügt sein.

Messungen im MGU konnten sowohl für Bisphenol A als auch für Phenol als Leitkomponente von Bisphenol A zeigen, dass keine Exposition in der Luft am Arbeitsplatz nachgewiesen wurde und die Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenzen von 0,009 mg/m³ für Bisphenol A und von 0,5 mg/m³ für Phenol lagen. Epichlorhydrin konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Die Messwerte lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 mg/m³. Demzufolge wurden in allen Fällen die Beurteilungsmaßstäbe eingehalten. Ausnahmen sind jedoch, z. B. beim Spritzen/Sprühen oder bei heißen Anwendungen, nicht ausgeschlossen.

Die Anlage der TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“ nennt Stoffe, die besonders häufig oder besonders schnell an den Atemwegen zu Sensibilisierung und allergischen Erkrankungen führen. In der Elektronik und Elektrotechnik kommen als auslösende Stoffe häufig unterschiedliche Hydrophthalsäureanhydride vor. Sowohl für unangehärtete Epoxidharze als auch für die Hydrophthalsäureanhydride gibt es keine verbindlichen Beurteilungsmaßstäbe und es existieren auch keine standardisierten Messverfahren.

Bei der Beurteilung der Gefährdung einer Atemwegssensibilisierung ist nicht die Einhaltung von Beurteilungsmaßstäben ausschlaggebend. Vielmehr können bereits bei geringen Konzentrationen erhebliche gesundheitliche Beeinträchtigungen, wie z. B. asthmatische Beschwerden, auftreten. Demnach schützt die Einhaltung der Beurteilungsmaßstäbe nicht vor einer Sensibilisierung oder Allergie.

Gemäß der TRGS 402 sind, wenn keine verbindlichen Beurteilungsmaßstäbe vorliegen, weitere Beurteilungsmaßstäbe heranzuziehen. Hierzu zählen u. a. die MAK¹²-Werte der DFG, internationale Grenzwerte (siehe „GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen“ im Literaturverzeichnis) sowie DNELs der Hersteller (siehe „GESTIS-DNEL-Liste“).

Beispielsweise gibt es für Hydrophthalsäureanhydride momentan nur internationale Grenzwerte und einen DNEL-Wert (Derived No-Effect Level). Der Industrieverband AJIT (Anhydrides Joint Industry Taskforce) veröffentlicht unter <https://anhydrides.eu/best-practice-vorschlaege>, wie diese kritischen Stoffe gemessen und bewertet werden können sowie welche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Weitere Informationen zur Verbindlichkeit und Rangfolge der verschiedenen Beurteilungsmaßstäbe finden sich in der [DGUV Information 213-080 „Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“](#) (Merkblatt M 053 der BG RCI).

¹² Maximale Arbeitsplatz-Konzentration

Tabelle 1 internationale Grenzwerte und DNEL verschiedener Härter

Härter	CAS-Nummer	internationale Grenzwerte [mg/m ³]	DNEL [mg/m ³]
1,2,3,6-Tetrahydrophthalsäureanhydrid (THPA)	85-43-8	–	5,9
Hexahydrophthalsäureanhydrid, alle Isomere (HHPA)	85-42-7 13149-00-3 14166-21-3	0,01 (Finnland)	–
4-Methyltetrahydrophthalsäureanhydrid, Isomerengemisch (MTHPA)	11070-44-3	0,05 (Japan)	–
1,2,3,6-Tetrahydromethylphthalsäureanhydrid, Isomerengemisch (MTHPA)	26590-20-5	0,025 (Finnland)	–
Methylhexahydrophthalsäureanhydrid, alle Isomere (MHHPA)	25550-51-0	0,01 (Finnland)	–

5 Ersatzstoffe und Ersatzverfahren (Substitution)

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat Gefährdungen der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen. Ist dies nicht möglich, sind diese auf ein Minimum zu reduzieren. Insbesondere sind Stoffe, Gemische oder Verfahren durch solche zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht oder weniger gefährlich sind.

Es gibt die Möglichkeit, durch eine Verfahrensänderung in der Formengießerei (beispielsweise Porzellan oder Sanitärkeramik) den Einsatz von Epoxidharzsystemen zu vermeiden. Immer mehr Firmen kreieren ihre Modellformen am Computer über CAD und realisieren sie dann mittels 3D-Druck (abgesaugtes System).

Statt Epoxidharzverklebungen kann in manchen Fällen auch mechanisch verbunden, z. B. verschraubt, werden.

Epoxidharzsysteme sollten in einer möglichst emissionsarmen Form verwendet werden: Anstatt manuell anzusetzender Mischungen können Vakuuminjektionsverfahren, Infusionsverfahren (RTM), Kartuschensysteme, vorgefertigte Arbeitspackungen, vorkonfektionierte Gebinde oder Doppelkammerbeutel verwendet werden. Statt staubförmiger Stoffe sollten Lösungen, Suspensionen, Pasten oder staubarme Granulate eingesetzt werden.

Für die Ermittlung weniger gefährlicher Epoxidharzsysteme im Rahmen der Substitutionsprüfung und als Hilfestellung für die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung kann der Epoxidharz-Inhaltsstoffe-Rechner – kurz: EIS-Rechner (www.eis-epoximixrechner.de, Anleitung unter www.dguv.de, Webcode: d1183594) – genutzt werden. Mithilfe dieses Online-Tools können gezielt Inhaltsstoffe (Harz, Härter, Reaktivverdünner) von Epoxidharzsystemen auf ihre sensibilisierende Wirkstärke hin bewertet werden.

Eingestuft sind diese im EIS-Rechner entweder als „stark“ (HS) oder „gering bis mäßig“ (GMS). Der Rechner beruht auf einer Übersicht über mögliche sensibilisierende Inhaltsstoffe (EIS-Liste). Diese Bewertung beruht auf dermatologischen und toxikologischen Studien.

Der Verzicht auf eine mögliche Substitution ist in der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zu begründen.

6 Technische Schutzmaßnahmen

6.1 Gestaltung von Anlagen und Arbeitsverfahren

Die Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, dass Hautkontakt mit Gefahrstoffen, welche bei der Herstellung oder Verwendung von Epoxidharzsysteme zum Einsatz kommen, vermieden wird. Die Konzentration von Epoxidharzbestandteilen in der Luft ist auf ein Minimum zu verringern.

Soweit möglich sollten Arbeiten im geschlossenen System durchgeführt werden, wie beispielsweise Glove-Boxen.

Emissionsarme Verfahren (siehe auch entsprechende Abschnitte in [Kapitel 9](#)) sind z. B.

- Vakuuminfusions-/Vakuuminjektionsverfahren oder Prepreg¹³-Verfahren statt Handlaminierarbeiten,
- Verwendung automatischer Misch- und Dosiersysteme,
- Kartuschensysteme, in denen die Mischung der Komponenten unmittelbar vor der Applikation in der Spitze der Klebepistole erfolgt,
- Doppelkammerbeutel,
- vorgefertigte Arbeitspackungen,
- halboffene Systeme, wie abgesaugte 3D-Drucker oder Arbeiten unter dem Abzug.

Für Probenahmen sollten geeignete technische Einrichtungen vorhanden sein, z. B. Schleusen, geschlossene Probenahmegefäße, Probenahmeventile ohne Toträume und ohne Nachlauf. Beispielhafte Lösungen sind in den [Merkblättern T 026 „Probenahme – Flüssigkeiten“](#) und [T 040 „Probenahme – Feststoffe“](#) der BG RCI beschrieben.

¹³ Prepreg ist die Abkürzung für *preimpregnated fibres* (vorimprägnierte Fasern)

Ist das Arbeiten im geschlossenen System nicht möglich, sind Gefahrstoffe an der Austritts- oder Entstehungsstelle vollständig zu erfassen und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt abzuführen. Hier kommen neben abgesaugten Arbeitstischen oder Schleiftischen sowie abgesaugten Reinigungsplätzen vor allem nachführbare Absaugvorrichtungen zum Einsatz. Es sind Maschinen oder Geräte mit direkter Absaugung zu verwenden.

In Frage kommen z. B. Erfassungseinrichtungen und Absaugungen nach der [↓ DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“](#). Ist eine vollständige Erfassung nicht möglich, sind geeignete Lüftungsmaßnahmen zu treffen – d. h. ist eine vollständige Erfassung an der Entstehungsstelle nicht möglich, ist ein Fortleiten und Verdünnen sowie eine wirksame Filterung durch eine raumluftechnische Anlage anzustreben.

Anlagenteile, Apparaturen, Einrichtungen und Werkzeuge, die bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen zum Einsatz kommen, sind so zu gestalten, dass sie leicht zu reinigen sind. Auch die Umgebung der Anlagenteile und Apparaturen sollte leicht und gefahrlos zu reinigen sein.

Beim Anmischen der Reaktionslösung von Epoxidharzsystemen ist auf gute Durchmischung, auch im Randbereich, zu achten, da ansonsten Bereiche mit ungeeigneten Mischungsverhältnissen auftreten. In diesen Bereichen härtet die Mischung dann nicht aus.

Erklärung zur Polymerisierung und Wärmeentstehung siehe [↓ DGUV Information 213-097 „Polyreaktionen und polymerisationsfähige Systeme“](#) (Merkblatt R 008 der BG RCI).

Wird das Epoxidharzsystem nach dem Anmischen nicht rechtzeitig verarbeitet – siehe „Topfzeit“ in technischen Merkblättern der Hersteller –, kann es zu einer heftigen Reaktion mit deutlicher Wärmeentwicklung und starkem Druckanstieg kommen. Dies ist in der Gefährdungsbeurteilung ebenfalls zu betrachten und erforderliche Notfallmaßnahmen sind vorzusehen.

In geschlossenen Anlagen kann durch die Wärmeeinwirkung der zulässige Betriebsüberdruck eines Anlagenteils überschritten werden. Dies kann zum Bersten des Anlagenteils führen, wenn keine geeignete Sicherheitseinrichtung, wie ein Überdruckventil, in der Apparatur oder Anlage installiert sind. Geeignet sind z. B. Sicherheitsventile, Berstscheiben, Überströmventile, Ausdehnungsbehälter.

An Arbeitsplätzen dürfen Gefahrstoffe nur in Mengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeit erforderlich sind. Gefäße oder Behälter sind geschlossen zu halten, um das Austreten von Flüssigkeiten und Dämpfen zu verhindern.

Durch die Verwendung von Einweg-Werkzeugen erübrigt sich die Notwendigkeit einer späteren Reinigung. Geeignete Einweg-Werkzeuge sind z. B. Holzspatel, Einwegspachtel, -becher (auf Kennzeichnung achten) und -unterlagen.

Verschüttete und ausgelaufene Stoffe sind unverzüglich gefahrlos zu beseitigen. Die Ausbreitung von flüssigen Stoffen ist durch die Verwendung von geeigneten Barrieren zu verhindern. Verschüttete und ausgelaufene Flüssigkeiten können mit geeigneten Bindemitteln, z. B. Blähglimmer, Kieselgur, Sand, unter Vermeidung von Hautkontakt aufgenommen werden.

Zu hygienischen Anforderungen siehe [↗ Abschnitt 8.5.](#)

6.2 Brand- und Explosionsschutz

6.2.1 Maßnahmen zum Schutz gegen Explosionen

Bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen sowie mit Roh- und Hilfsstoffen ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob Maßnahmen des Explosionsschutzes erforderlich sind.

Dies ist dann der Fall, wenn Tätigkeiten mit brennbaren Gefahrstoffen durchgeführt werden und die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre nicht allein durch passive technische Maßnahmen, wie z. B. die Dichtheit von Behältern oder Anlagen, organisatorische Maßnahmen, wie z. B. die Beseitigung von Staubablagerungen, oder aufgrund der natürlichen Lüftung verhindert werden kann.

Explosionsgefahren sind insbesondere zu erwarten, wenn entzündbare Lösemittel bei der Herstellung, Verwendung oder Reinigung zum Einsatz kommen oder bei der Pulverbeschichtung. Stäube entstehen z. B. beim mechanischen Bearbeiten ausgehärteter Epoxidharze, wie beim Schleifen.

Dann genügt die Dokumentation in der Gefährdungsbeurteilung allein nicht mehr. Es ist ein separates Explosionsschutzdokument erforderlich, das auf aktuellem Stand zu halten ist. Die [↓ DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“](#) enthält zu dem Thema weitere Informationen und Mustervorlagen. Zudem unterliegen alle weiteren Maßnahmen der Prüfverpflichtung für Prüfungen von Arbeitsmitteln und für Prüfungen der Maßnahmen in explosionsgefährdeten Bereichen nach [↓ Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung](#), siehe hierzu auch [↗ TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen“](#).

Die wesentlichen Anforderungen an den Explosionsschutz finden sich in

- der Gefahrstoffverordnung,
- der Betriebssicherheitsverordnung,
- den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 720ff,
- der [DGVV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln \(EX-RL\)“](#).

Die Vermeidung von Explosionsgefährdungen erfolgt gemäß der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines“ nach folgender Rangfolge:

1. Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken, z. B. Ersatz des brennbaren Stoffes durch einen nichtbrennbaren Stoff, Absaugung von Staub an der Entstehungsstelle, Lüftungsmaßnahmen, sichere Unterschreitung des Flammpunkts¹⁴, Konzentrationsbegrenzung, Inertisierung,
2. Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern, z. B. Vermeiden wirksamer Zündquellen, wie durch Verbot und Fernhalten offener Flammen, Verwendung explosionsgeschützter Geräte, Erden aller Anlagenteile, Tragen von ableitfähigem Schuhwerk,
3. konstruktive Maßnahmen, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken oder die Ausbreitung vermeiden, z. B. explosionsfeste Bauweise, Explosionsdruckentlastung, explosionstechnische Entkoppelung.

Eine wichtige Vorgabe im Zusammenhang mit der Vermeidung oder Einschränkung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre ist, dass freiwerdende Gefahrstoffe, die zu Explosionsgefahren führen können, an der Austritts- oder Entstehungsstelle gefahrlos zu beseitigen sind. Dies

¹⁴ Der Flammpunkt gilt bei Reinstoffen als sicher unterschritten, wenn die Temperatur der Flüssigkeit dauerhaft um 5 K unter diesem liegt. Bei Gemischen muss ein Sicherheitsabstand von 15 K eingehalten werden. Diese Regel gilt nicht für Halogenkohlenwasserstoffe, wie z. B. Dichlormethan.

hat bei Stäuben besondere Relevanz, da abgelagerte Stäube bei Aufwirbelung spontan zur Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre führen können. Bereits Staub-Ablagerungen von weniger als 1 mm Höhe können bei Aufwirbelung einen gesamten Raum mit gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre füllen. Zu beachten ist, dass das Kehren ohne staubbindende Maßnahmen oder das Abblasen von Stäuben nicht zulässig ist, anderenfalls ist die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre anzunehmen.

Beim Freiwerden von Epoxidharzstäuben sind Explosionsschutzmaßnahmen zu treffen. Bei Epoxidharzstäuben hängt die Explosionsfähigkeit sehr stark von der Korngrößenverteilung und dem Trocknungsgrad ab. Besonders kritisch sind sehr feine Stäube, die z. B. beim Schleifen ausgehärteter Bauteile oder als Rückstände in Filtern von Absauganlagen anfallen können. Bei zahlreichen Untersuchungen haben sich Stäube mit einer Korngrößen $< 500 \mu\text{m}$ als staubexplosionsfähig herausgestellt. Es sind sowohl Stäube der Staubexplosionsklasse 1 als auch der Staubexplosionsklasse 2 beschrieben¹⁵.

Für das Aufsaugen von abgelagerten brennbaren Stäuben in Arbeitsbereichen, die in Zone 22 eingeteilt worden sind, müssen mindestens Sauger in zündquellenfreier Bauweise Typ 22 beziehungsweise mit EPL Dc verwendet werden (DIN EN 62784¹⁶), die als Geräte der Kategorie 3 D beziehungsweise mit EPL Dc in den Verkehr gebracht worden sind. Wenn am Einsatzort und in der Einsatzzeit das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen werden kann, ist das Aufsaugen von brennbaren Stäuben auch mit Staubsaugern/Entstaubern zulässig, deren staubbelasteter Bereich frei von inneren Zündquellen ist.¹⁷

¹⁵ siehe hierfür GESTIS-STAU-EX-Datenbank des IFA (Link siehe Literaturverzeichnis)

¹⁶ DIN EN 62784:2019-12: Besondere Anforderungen für Staubsauger und Entstauber mit dem Geräteschutzniveau Dc für die Aufnahme von brennbaren Stäuben

¹⁷ [↓](#) DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“

Beim Einsatz technischer Lüftungsmaßnahmen zur Verhinderung oder Eingrenzung der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre muss die Wirksamkeit der Lüftung überwacht werden. Beispielsweise kann durch Gaswarngeräte das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre oder durch Strömungswächter der Luftstrom überwacht werden. Zur Gestaltung und Prüfung von Arbeitsplatzlüftungen siehe auch [↓ DGVU Regel 109-002](#).

Kann durch Substitution, technische Lüftung oder andere Maßnahmen zur Verhinderung und Einschränkung explosionsfähiger Atmosphäre die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre nicht sicher verhindert werden, sind Maßnahmen zum Vermeiden von Zündquellen gegebenenfalls in Kombination mit konstruktiven Explosionschutzmaßnahmen anzuwenden.

Von den 13 in der TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“ beschriebenen Zündquellenarten haben in der betrieblichen Praxis folgende Zündquellen die größte Bedeutung:

- heiße Oberflächen
- Flammen und heiße Gase
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrische Anlagen
- statische Elektrizität.

Für die Reduzierung oder Vermeidung der Zündquellen an der Arbeitsstätte hat es sich bewährt, das Konzept der Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit und der Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre anzuwenden. Beispiele für die erforderlichen Zonen sowie für deren Ausdehnung finden sich in der EX-RL-Beispielsammlung (Anhang 4 der [↓ DGVU Regel 113-001](#)).

Für die jeweilige Zone sind geeignete Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten zu treffen. In den Zonen dürfen nur Geräte und Schutzsysteme verwendet werden, die für die entsprechende Zone geeignet sind. Beispielsweise ermöglicht der Einsatz von Absaugungen der Dämpfe und Stäube eine Reduzierung der Explosionsschutzmaßnahmen, weil die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre reduziert wird. Soweit erforderlich sind ausreichende Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen zu treffen. Dies kann z. B. bei Tätigkeiten mit Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Gemischen aber auch beim Absaugen von Feinstäuben, z. B. Schleifstäuben, notwendig sein; siehe hierzu [↓ DGVU Information 213-060 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“](#) (Merkblatt T 033 der BG RCI, wortgleich mit TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“). Weitere Anforderungen an die Zündquellenvermeidung finden sich in TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“.

Explosionsgefährdete Bereiche in denen Maßnahmen der Zündquellenvermeidung erforderlich sind, sind mit dem Warnzeichen D-W021 „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre“ („Ex-Dreieck“) zu kennzeichnen. Zusätzlich sind in solchen Arbeitsbereichen das Rauchen und das Verwenden von offenem Feuer und offenem Licht zu verbieten. Unbefugten ist das Betreten von Bereichen mit Brand- oder Explosionsgefährdungen zu verbieten; siehe hierzu auch die Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“.



Abb. 1
D-W021 „Warnung vor explosionsfähiger
Atmosphäre“



Abb. 2
D-P006 „Zutritt für Unbefugte verboten“



Abb.3
P003 „Keine offene Flamme; Feuer, offene Zündquelle und Rauchen verboten“

6.2.2 Maßnahmen zum Schutz gegen Brände

Bei der Herstellung, Verarbeitung und Lagerung von Epoxidharzsystemen sowie von Roh- und Hilfsstoffen hat die Unternehmerin oder der Unternehmer Gefahren durch Brände und Schutzmaßnahmen gegen Brände im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen. Mit Brandgefahr ist insbesondere zu rechnen, wenn bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen am Arbeitsplatz entzündbare Lösemittel verwendet werden. Generell sollte die Brandlast am Arbeitsplatz und der Arbeitsumgebung so niedrig wie möglich gehalten werden. Einzelheiten zur Praxis des baulichen Brandschutzes sowie der betrieblichen Brandschutzpraxis enthalten die Landesbauordnungen/Bauordnungen der Bundesländer sowie die [DGUV Information 205-001](#) „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“.

Epoxidharz-Stäube können eine Brandgefahr darstellen. Bei Untersuchungen sind einige dieser Feinstäube mit der Brennzahl 5 bewertet worden, d. h. sie ermöglichen – einmal entzündet – die Ausbreitung eines offenen Brandes.

Brennzahlen¹⁸

- BZ 1 kein Anbrennen, kein Entzünden
- BZ 2 kurzes Anbrennen, rasches Auslöschten
- BZ 3 örtliches Brennen oder Glimmen (keine oder sehr geringe Ausbreitung)
- BZ 4 Ausbreiten eines Glimmbrandes oder langsames flammenloses Zersetzen
- BZ 5 Ausbreiten eines offenen Brandes (Brennen unter Flammenerscheinung)
- BZ 6 sehr rasches Durchbrennen unter Flammenerscheinung

Für den Brandfall ist ein Alarmplan aufzustellen (siehe auch DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“). Im Alarmplan ist der Ablauf der zu treffenden Maßnahmen sowie der Einsatz von Personen und Mitteln zu regeln. Zu berücksichtigen sind auch mögliche zusätzliche Gefahren und erschwerende Umstände, die von den Löschmannschaften bei der Brandbekämpfung beachtet werden müssen. Diese Pläne sind bei festen Arbeitsplätzen mit der Feuerwehr abzustimmen und an sie weiterzugeben.

Zum Löschen von Bränden sind Feuerlöscheinrichtungen entsprechend der Art und Größe des Betriebes bereitzustellen und gebrauchsfertig zu erhalten. Geeignete Löschmittel sind Pulver, Schaum oder Kohlendioxid – letzterer nicht bei tiefergelegenen Arbeitsplätzen ohne ausreichende Fluchtmöglichkeiten, wie Arbeiten in Mulden, Schächten und Tunneln. Weitere Hinweise sind in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ und der Technischen Regel für Gefahrstoffen TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“ zu finden.

¹⁸  Merkblatt T 054 „Brennbare Stäube – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ der BG RCI; online unter www.bgrci.de/exinfode/ex-schutz-wissen/antworten-auf-haeufig-gestellte-fragen/brennbare-staeube/312-was-versteht-man-unter-dem-brennverhalten-eines-abgelagerten-staubes

Von Hand zu betätigende Feuerlöscheinrichtungen müssen jederzeit schnell und leicht zu erreichen sein. Die Stellen, an denen sich Feuerlösch-einrichtungen befinden, sind abhängig von der Arbeitsumgebung deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen, soweit die Feuerlöscheinrichtungen nicht automatisch oder zentral von Hand betätigt werden. Anforderungen an die Kennzeichnung konkretisiert die ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“. Selbsttätige ortsfeste Feuerlöscheinrichtungen, bei deren Einsatz Gefahren für die Beschäftigten auftreten können, müssen mit selbsttätig wirkenden Warneinrichtungen ausgerüstet sein. Beim Einsatz von Löschanlagen ist die [↓ DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“](#) zu beachten.

Eine ausreichende Zahl von Beschäftigten entsprechend der Gefährdungsbeurteilung ist mit der Handhabung der Feuerlöscheinrichtungen vertraut zu machen. Die Handhabung der Feuerlöscheinrichtungen ist regelmäßig zu üben (siehe DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“).

6.3 Abluft

Sind die Räume mit Raumlufttechnischen Anlagen (RLT) oder Absaugungen ausgestattet, dürfen die Abblase-, Entlüftungs- und Entspannungsleitungen weder in Räume noch an Stellen münden, an denen Personen durch austretende Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube oder Flüssigkeiten gefährdet werden können.

Die Abluft aus Sicherheitseinrichtungen, wie Überdruckventilen oder Berstscheiben von Anlagen ist gefahrlos für Mensch und Umwelt abzuleiten. Sie darf nicht in Arbeitsbereiche geführt werden. Die Absaug- und Abscheideeinrichtungen sind in regelmäßigen Intervallen nach Betriebssicherheitsverordnung zu warten und die Funktionsfähigkeit dieser Einrichtungen regelmäßig zu prüfen. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren.

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A und 1B gilt nach Gefahrstoffverordnung ein Luftrückführungsverbot, d. h. die abgesaugte Luft darf nicht in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden. Ausnahmen bestehen bei ausreichender Reinigung unter Anwendung behördlich oder von den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung anerkannter Verfahren, siehe TRGS 560 „Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“. Anerkannte Geräte und Verfahren stehen zurzeit nur für partikelförmige Gefahrstoffe (z. B. Stäube, Rauche oder Fasern) zur Verfügung.

Zu Abluft/Emissionen gibt es weitere Vorgaben im Immissions- und Umweltrecht.

7 Organisatorische Schutzmaßnahmen

7.1 Gefahrstoffverzeichnis

Nach Gefahrstoffverordnung ist ein Verzeichnis der im Betrieb verwendeten Gefahrstoffe zu führen und auf aktuellem Stand zu halten. Vorgeschriebene Angaben im Gefahrstoffverzeichnis sind z. B.:

- 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 entsprechende Sicherheitsdatenblatt.

Weitere, für den Betrieb sinnvolle Angaben dürfen ergänzt werden, z. B. die Wassergefährdungsklasse¹⁹.

Auch die bei der Tätigkeit entstehenden Gefahrstoffe müssen aufgeführt werden.

Das Gefahrstoffverzeichnis ist beim Einsatz anderer Arbeitsstoffe oder bei neuer Einstufung von Stoffen oder Gemischen zu aktualisieren. Das Gefahrstoffverzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten; siehe auch Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.

Die Gefahrstoffverzeichnisse können auch online in den Gefahrstoffinformationssystemen GisChem der BG RCI und BGHM unter www.gischem.de und WINGIS der BG BAU unter www.wingisonline.de geführt werden.

¹⁹ siehe auch den Eintrag zum Internetportal Rigoletto im Literaturverzeichnis bzw. in den Sicherheitsdatenblättern

7.2 Expositionsverzeichnis

Bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen kann, je nach Zusammensetzung der Komponenten, eine Freisetzung von krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B nicht ausgeschlossen werden. Wenn auch solche Stoffe eher selten in Epoxidharzsystemen zu finden sind, können sie durchaus noch vorkommen. Einige Beispiele sind Formaldehyd (CAS-Nr. 50-00-0), Phenylglycidylether (CAS-Nr. 122-60-1), Quarz ($\varnothing < 10 \mu\text{m}$, CAS-Nr. 14808-60-7). Daraus kann sich eine Gefährdung der Gesundheit der Beschäftigten ergeben. Deshalb haben Unternehmerinnen und Unternehmer bei einer Gefährdung für die Beschäftigten, z. B. bei Überschreitung der Grenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe oder Hautkontakt im Havariefall, die Verpflichtung zur Führung eines Verzeichnisses exponierter Beschäftigter. Dieses Verzeichnis muss die personenbezogenen Tätigkeiten sowie Angaben zur Höhe und Dauer der Exposition gegenüber krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B enthalten (siehe Gefahrstoffverordnung und TRGS 410). Das Verzeichnis ist stets aktuell zu halten.

Das Expositionsverzeichnis ist bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B für 40 Jahre und bei Tätigkeiten mit reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B 5 Jahre nach Ende der Exposition aufzubewahren. Werden Beschäftigungsverhältnisse beendet, ist den Beschäftigten ein Auszug mit den sie betreffenden Angaben auszuhändigen.

Die Aufbewahrungs- und Aushändigungspflicht bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B kann nach Einwilligung der betroffenen Beschäftigten auch von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) übernommen werden. Dafür wurde die Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – Zentrale Expositionsdatenbank

(ZED)²⁰ beim Institut für Arbeitsschutz der DGUV eingerichtet. Auf Anforderung können die Beschäftigten ihre in der ZED hinterlegten Daten erhalten.

7.3 Information der Beschäftigten (Betriebsanweisungen und Unterweisungen)

Für Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen ist eine tätigkeitsbezogene Betriebsanweisung zu erstellen, die der Gefährdungsbeurteilung Rechnung trägt. Die Betriebsanweisung muss mindestens Folgendes enthalten:

1. Informationen über die am Arbeitsplatz auftretenden Gefahrstoffe, z. B. Bezeichnung der Gefahrstoffe, ihre Kennzeichnung sowie Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit.
2. Informationen über Maßnahmen, die die Beschäftigten zu ihrem eigenen Schutz und zum Schutz der anderen Beschäftigten am Arbeitsplatz durchzuführen haben.
Dazu gehören insbesondere
 - a. Hygienevorschriften,
 - b. Informationen über Maßnahmen, die zur Verhütung einer Exposition zu ergreifen sind,
 - c. Informationen zum Tragen und Verwenden von persönlichen Schutzausrüstungen und Schutzkleidung,
3. Informationen über Maßnahmen, die von den Beschäftigten, insbesondere von Rettungsmannschaften, bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen und zur Verhütung von diesen durchzuführen sind.

Insbesondere im Hinblick auf das Sensibilisierungspotenzial der Komponenten (Harze, Härter) und die zwingend nötige Vermeidung des Hautkontakts sowie die Benutzung von Chemikalienschutzhandschuhen ist auf den Hand- und Hautschutzplan hinzuweisen.

²⁰ Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV, <https://zed.dguv.de>

Die Betriebsanweisung ist den Beschäftigten in verständlicher Form und Sprache zugänglich zu machen. Sie muss bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen aktualisiert werden. Beispiele für Betriebsanweisungen können unter www.wingisonline.de (in 17 Sprachen) oder www.gischem.de abgefragt werden. Weitere Hinweise zur Gestaltung von Betriebsanweisungen geben die [DGUV Information 213-051 „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“](#) (Merkblatt A 010 der BG RCI) und die Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“.

Die Beschäftigten werden anhand der Betriebsanweisung über auftretende Gefährdungen und entsprechende Schutzmaßnahmen mündlich unterwiesen. Hierzu gehört auch, dass alle Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen und ihren Bestandteilen durchführen, eine allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung erhalten. Dies bedeutet nicht unbedingt die Hinzuziehung eines Betriebsarztes oder einer Betriebsärztin, wenn die oder der Unterweisende selbst über die notwendigen Kenntnisse verfügt. Die Unterweisung muss vor Aufnahme der Beschäftigung und danach mindestens einmal jährlich arbeitsplatzbezogen durchgeführt werden. Sie muss in für die Beschäftigten verständlicher Form und Sprache erfolgen. Der Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind zu dokumentieren und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen. Der Nachweis der Unterweisung ist mindestens zwei Jahre aufzubewahren.

Beim Einsatz von Chemikalienschutzhandschuhen hat die Unternehmerin oder der Unternehmer die nach der PSA-Benutzungsverordnung bereitzuhaltende Benutzungsinformation den Beschäftigten im Rahmen von Unterweisungen mit Übungen zu vermitteln. Unterweisungen mit Übungen sind vor der ersten Benutzung und anschließend nach Bedarf, mindestens jedoch einmal jährlich, durchzuführen.

Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten Zugang zu allen Sicherheitsdatenblättern über die Stoffe und Gemische haben, mit denen sie Tätigkeiten durchführen.

7.4 Arbeiten in Behältern und engen Räumen

Für das Arbeiten in Tanks, Behältern, Silos und engen Räumen sind insbesondere bei Epoxidharzsystemen vor Beginn der Arbeiten geeignete technische Maßnahmen, wie Luftmessungen auch auf erstickend wirkende Gase („Freimessung“) und Belüftung, zu ergreifen.

In der Praxis hat sich bewährt, eine Rohrleitung ins Innere von Bauteilen zu legen und darüber Frischluft in den Bereich einzublasen, sodass die durch Gefahrstoffe kontaminierte Luft herausgedrückt wird. Ist eine solche technische Maßnahme nicht möglich oder nicht ausreichend wirksam, sind die Beschäftigten mit persönlichen Schutzausrüstungen (Atemschutz, siehe → Abschnitt 8.4) auszustatten.

Das Arbeiten in Behältern, Tanks, Silos oder in anderen engen Räumen darf nur mit schriftlicher Erlaubnis, die die entsprechenden Schutzmaßnahmen anordnet, und nach mündlicher Unterweisung der Beschäftigten ausgeführt werden. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem die oder der Aufsichtführende festgestellt hat, dass die schriftlich festgelegten Maßnahmen getroffen sind. Einzelheiten sind in der [↓ DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“](#) festgelegt.

Bei sich ständig wiederholenden Arbeiten an den gleichen oder gleichartigen Arbeitsplätzen ist an Stelle der schriftlichen Erlaubnis eine entsprechende Betriebsanweisung mit regelmäßig wiederholten Unterweisungen der DGUV Regel 113-004 ausreichend.



Abb. 4 Absaugschlauch vom Axialventilator zum Rotorblatt zur Absaugung der Luft

7.5 Arbeits- und Lagerräume

Arbeits- und Lagerräume müssen gut durchlüftet sein. Reicht die freie (natürliche) Lüftung nicht aus, ist eine technische Lüftung erforderlich. Raumluftechnische (RLT-) Anlagen müssen dem Stand der Technik entsprechen und sind bestimmungsgemäß zu betreiben. Eine Störung oder ein Ausfall der RLT-Anlage muss für die Beschäftigten erkennbar sein, wenn sie zur Minimierung der Exposition der Beschäftigten beiträgt, z. B. durch optische oder akustische Signale²¹.

²¹ siehe Kapitel 6 der ASR A3.6 „Lüftung“

Die Oberflächen von Fußböden, Wänden, Decken im Arbeitsbereich sowie von verwendeten Arbeitsmitteln müssen je nach Gefährdungsbeurteilung leicht zu reinigen sein. Fußböden müssen gegen die verwendeten Epoxidharzsysteme beständig, dicht, fugenlos und nicht saugfähig sein.

Sichtbar verlegte Rohrleitungen mit Gefahrstoffen sind nach der TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ in ausreichender Häufigkeit und gut sichtbar in unmittelbarer Nähe der gefährträchtigen Stellen, z. B. Schieber, Anschlussstellen, Probenahmestellen, zu kennzeichnen. Die Behälter sind eindeutig, deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen.

Für Epoxidharzkomponenten, die sich im Produktionsgang befinden und verwendet werden, gilt eine reduzierte Kennzeichnungspflicht. Informationen dazu siehe [↓ DGVU Information 213-082 „Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun?“ \(Merkblatt M 060 der BG RCI\)](#).

In explosionsgefährdeten Bereichen der Zone 0, 1, 20 sowie in Zone 21 bei Stoffen mit einer Mindestzündenergie < 3 mJ darf der Ableitwiderstand von Fußböden einschließlich des Fußbodenbelages den Wert von 10^8 Ohm nicht überschreiten; siehe auch [↔ Abschnitt 6.2.1](#).

Die Räume sind entsprechend der Gefährdungsbeurteilung mit Gebotszeichen (siehe [↔ Kapitel 8](#)), Warnzeichen, Verbotzeichen (siehe auch [↔ Abschnitt 6.2.1](#)), Rettungszeichen (siehe Abbildung 5) und Brandschutzzeichen nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ zu kennzeichnen. Diese Sicherheitszeichen können als Schilder, Aufkleber oder als aufgemalte Kennzeichnung ausgeführt werden. Sicherheitszeichen sind deutlich erkennbar und dauerhaft anzubringen.

Das schnelle und sichere Verlassen der Räume muss durch Anzahl, Lage, Bauart und Zustand von Flucht- und Rettungswegen und Ausgängen



E001 Notausgang (links)



E002 Notausgang (rechts)



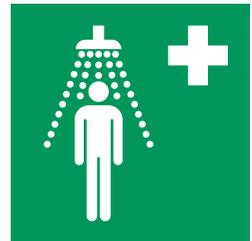
Zusätzlich zu E001/E002 ist ein Richtungspfeil anzuwenden (die Pfeile dürfen in 45°-Schritten gedreht werden).



E003 „Erste Hilfe“



E011 „Augenspüleinrichtung“



E012 „Notdusche“

Abb. 5 Rettungszeichen für Fluchtwege sowie für Mittel und Einrichtungen zur Ersten Hilfe

gewährleistet sein. Für die Räume ist ein Flucht- und Rettungsplan und ein Brandschutzkonzept zu erstellen.

Unbefugte und nicht-unterwiesene Personen dürfen die Arbeits- und Lager Räume nicht betreten. An den Zugängen sind entsprechende Verbotsschilder anzubringen (siehe Verbotsschilder D-P006 in Abbildung 2).

Bei der baulichen Ausführung von Lagerräumen sind die Technischen Regeln für Gefahrstoffe zu beachten, insbesondere

- TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“ und
- TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.

Bei der baulichen Ausführung von Arbeits- und Lagerräumen sind zudem Vorgaben aus weiteren Rechtsbereichen, z. B. dem Umweltrecht, zu beachten.

Die Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern wird in der TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ geregelt; siehe auch [↗ Abschnitt 7.7](#). Weitere Informationen dazu siehe [↓ DGVU Informationen 213-084](#) und [↓ -085](#) „Lagerung von Gefahrstoffen“ (Merkblätter M 062 und M 063 der BG RCI).

7.6 Laboratorien

Bei Tätigkeiten in Laboratorien sind die Vorgaben der TRGS 526 „Laboratorien“ umzusetzen. Eine Anleitung dazu gibt die [↓ DGVU Information 213-850](#) „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“.

Arbeiten, bei denen Dämpfe, Stäube oder Aerosole von Gefahrstoffen in gefährlicher Konzentration oder Menge auftreten können, dürfen grundsätzlich nur in Abzügen durchgeführt werden. Die Frontschieber sind bei solchen Arbeiten geschlossen zu halten.

Außerhalb der Abzüge dürfen solche Arbeiten nur durchgeführt werden, wenn durch geeignete Maßnahmen oder durch die Art der Arbeit sichergestellt ist, dass Beschäftigte nicht gefährdet werden. Dies ist z. B. der Fall bei Arbeiten geringen Umfangs, bei der Verwendung von geschlossenen Apparaturen oder wirksamen Objektabsaugungen. Z. B. ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzustellen, ob die Absaugung der Laboröfen ausreicht.

7.7 Organisation der Lagerung

Die Komponenten der Epoxidharzsysteme sind unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und Technischen Regeln, wie TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in beweglichen Behältern“ so aufzubewahren und zu lagern, dass Mensch und Umwelt nicht gefährdet werden.

Epoxidharzsysteme sind möglichst im Originalbehälter dicht geschlossen in einem belüfteten, gegebenenfalls abgesaugten Raum aufzubewahren. Die Behälter – auch Ersatzgebinde – sind eindeutig und dauerhaft zu kennzeichnen.

Akut toxische Stoffe (Kat. 1, 2 oder 3), zielorgantoxische Stoffe (Kat. 1), krebserzeugende Stoffe (Kat. 1 A und 1B) sowie keimzellmutagene Stoffe (Kat. 1 A und 1B) dürfen nur unter Verschluss oder nur für fachkundige und zuverlässige Personen zugänglich aufbewahrt werden.

Bei einer erforderlichen Warmlagerung von Harzlösungen sind die Lager-temperaturen zu regulieren und kontinuierlich zu überwachen.

Zum Schutz der Beschäftigten sind Zusammenlagerungsverbote zu beachten.

Geringe Mengen Epoxidharzsysteme können unter erleichterten Bedingungen gelagert werden. Dabei ist eine Lagerung in Rückhalteeinrichtungen, z. B. Wannens aus geeignetem Material erforderlich.

Für Details und Hilfestellungen zur Lagerung ortsbeweglicher Behälter siehe neben der TRGS 510 auch die [↓ DGVU Information 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“](#) (Merkblatt M 062 der BG RCI) und die [↓ DGVU Information 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“](#) (Merkblatt M 063 der BG RCI).

Zu ortsbeweglichen Tanks, z. B. Tankfahrzeugen, sind die Anschlüsse auf der Flüssigkeits- und Gasseite durch Flanschverbindungen herzustellen. Auf der Fahrzeug- und Betriebsseite sind Absperrorgane in unmittelbarer Nähe der Verbindungsstelle anzubringen, sodass die Leitungen bis auf geringste Restmengen entleert werden können. Weitere Informationen hierzu gibt das [☞ Merkblatt T 015 der BG RCI](#) „Befüllen und Entleeren von Transporttanks für Flüssigkeiten – Eisenbahnkesselwagen, Tankfahrzeuge, Tankcontainer und Aufsetztanks“.

7.8 Transport

Für den Transport von Gefahrstoffen auf öffentlichen Verkehrswegen sind die nationalen und gegebenenfalls internationalen verkehrsrechtlichen Vorschriften zu beachten. Für den Straßenverkehr und im Eisenbahnverkehr gilt in Deutschland die Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB). Je nach Klassifizierung von Gefahrgütern können bei bestimmten Kleinmengen Freistellungen von den Transportbestimmungen wahrgenommen werden. Weitere Hinweise hierzu enthalten die [☑ DGUV Information 213-052](#) „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013 der BG RCI), die [☑ DGUV Information 213-012](#) „Gefahrgutbeförderung in PKW und in Kleintransportern“ (Merkblatt A 014 der BG RCI) und die [☑ Schrift](#) „Transport von Gefahrgütern – Die Kleinmengenregelung in der Bauwirtschaft“ der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU).

Der innerbetriebliche Transport von Gefahrstoffen muss in geeigneten geschlossenen Behältnissen erfolgen. Dadurch werden Verunreinigungen der Arbeitsplätze durch Verschütten beim Transport vermieden. Zum Beispiel sind getränkte Halbzeuge in geeigneten Transportmitteln, wie Wannen oder Wagen, zu transportieren.

7.9 Instandhaltung

Verschiedene Wartungs-, Inspektions-, Instandsetzungs- und Abbrucharbeiten in oder an Anlagenteilen, Apparaturen oder Einrichtungen, in denen nicht ausgehärtete Epoxidharzsysteme vorkommen können, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis der Verantwortlichen durchgeführt werden. Beim Einsatz von Fremdfirmen ist der Unternehmer oder die Unternehmerin als Auftraggeberin oder Auftraggeber dafür verantwortlich, dass für die erforderlichen Tätigkeiten nur Firmen herangezogen werden, die über die für die Tätigkeiten erforderliche besondere Fachkenntnis und Erfahrung verfügen. Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat dafür zu sorgen, dass die Fremdfirma über die Gefahren, die zu treffenden Schutzmaßnahmen und die spezifischen Verhaltensregeln informiert wird. Zu diesen Wartungs-, Inspektions-, Instandsetzungs- und Abbrucharbeiten gehören z. B.:

- Arbeiten in Behältern und engen Räumen
- Thermische Verfahren, z. B. Schweißen, Schneiden, Löten, Anwärmen, wenn Feuer- und Explosionsgefahren nicht sicher auszuschließen sind.

In der Erlaubnis sind die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen, z. B. vollständige Entleerung der Apparatur, Prüfung auf mögliche Produktreste, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, Reinigen und Spülen mit geeigneten Mitteln, Konzentrationsmessungen. Instandhaltungsarbeiten dürfen nur nach Durchführung einer speziellen Unterweisung durchgeführt werden. Hinsichtlich des Einsatzes von Fremdfirmen siehe auch Gefahrstoffverordnung und DGUV Vorschrift 1.

7.10 Prüfung von Arbeitsmitteln

Sicherheitseinrichtungen sowie lufttechnische Anlagen sind regelmäßig zu warten und auf Funktionsfähigkeit zu prüfen. Die Funktionsfähigkeit ist mindestens jedes dritte Jahr zu überprüfen. Bei Absauganlagen zur Erfassung von Stäuben ist eine Wirksamkeitsprüfung vor der ersten Inbetriebnahme und eine jährliche Funktionskontrolle vorgesehen.

Art, Umfang und Ergebnis der Prüfung von Arbeitsmitteln sind nach Betriebsicherheitsverordnung von der Unternehmerin oder vom Unternehmer zu ermitteln und festzulegen. Die Fristen für die Prüfung von Arbeitsmitteln sind nach Betriebsicherheitsverordnung einzuhalten.

Für Arbeitsmittel und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen gelten die speziellen Prüfanforderungen und -fristen gemäß [↓ Anhang 2 Abschnitt 3](#) der Betriebsicherheitsverordnung. Lüftungsanlagen sind beispielsweise jährlich zu prüfen.

Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren.

7.11 Entsorgen von Abfällen und Rückständen

Alle anfallenden Abfälle sind den abfall- und gefahrstoffrechtlichen Vorschriften entsprechend zu sammeln, zu kennzeichnen und für die Entsorgung bereitzustellen. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass während der Bereitstellung keine Gefahrstoffe freigesetzt werden können. Dies wird gewährleistet, wenn dichtschießende Abfallbehälter verwendet werden. Die Einstufung und Kennzeichnung von Abfällen ist in der TRGS 201 geregelt. Die Abfälle sind entsprechend dem sechsstelligen Abfallschlüssel, nach dem System des Europäischen Abfallkatalogs (EAK), zuzuordnen. Im Zweifelsfall können der Entsorger, das örtliche Umwelt- und Entsorgungsamtsamt oder die Landesumweltämter Hilfestellung geben.

Auf die Angaben der Hersteller zur Entsorgung ist zu achten, da es Epoxidharzsysteme mit besonderen Inhaltsstoffen gibt (z. B. mit Tetrabrombisphenol-A), die auch im ausgehärteten Zustand als gefährlicher Abfall zu entsorgen sind. Ansonsten sind ausgehärtete Epoxidharz-Produkte keine gefährlichen Abfälle und können wie hausmüllähnlicher Gewerbeabfall entsorgt werden.

Die benutzten Arbeitsmittel mit nicht abreagierten, ausgehärteten, anhaftenden Resten, z. B. verunreinigte Tücher, sind als Abfall in separaten verschließbaren Behältnissen zu sammeln. Für verschmutzte Geräte sind geeignete Ablageflächen vorzuhalten.

Restmengen müssen unter Beachtung der abfallrechtlichen Vorgaben entsorgt werden.

Ungereinigte restentleerte Metall- und Kunststoffgebinde sind gemäß Gefahrgutvorschriften zu transportieren. Restentleerte Metall- oder Kunststoffgebinde müssen gemäß der Verpackungsverordnung entsorgt werden, d. h. Wertstoffe müssen einem Recyclingverfahren zugeführt werden. Gebinde sind restentleert, wenn sie tropffrei, spachtelrein oder rieselfrei sind.

Hinweise zur Handhabung entleerter Gebinde, die für Lösemittel verwendet wurden, enthält z. B. das [☞](#) Merkblatt T 005 der BG RCI „Fassmerkblatt – Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden“.

Auch in dem entsprechenden Abschnitt in der Betriebsanweisung ist auf die genannten Anforderungen einzugehen.

8 Persönliche Schutzmaßnahmen

Kann eine Gesundheitsgefährdung durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden, hat die Unternehmerin oder der Unternehmer persönliche Schutzausrüstungen in ausreichender Anzahl zur persönlichen Verwendung bereit zu stellen und in funktionsfähigem und hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten. Persönliche Schutzausrüstungen sind als ständige Maßnahme nicht zulässig.

Von besonderer Bedeutung ist auch hier die Vermeidung des Hautkontaktes mit dem Epoxidharzsystem sowie mit verschmutzten oder kontaminierten Oberflächen und Werkzeuggriffen.

Bereiche, in denen Tätigkeiten mit Epoxidharzen erfolgen sind entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung mit den Gebotszeichen²² M009 „Handschutz benutzen“, M010 „Schutzkleidung benutzen“, M008 „Fußschutz benutzen“ und M004 „Augenschutz benutzen“ oder alternativ zu M004 mit M013 „Gesichtsschutz benutzen“ zu kennzeichnen; gegebenenfalls je nach Gefährdungsbeurteilung auch mit M017 „Atemschutz benutzen“.

²² nach ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“



Abb. 6 Gebotszeichen

8.1 Hand- und Hautschutz

Der Hautkontakt mit nicht ausgehärteten Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen ist unbedingt zu vermeiden. Deshalb sind zum Schutz der Haut geeignete Chemikalienschutzhandschuhe und andere persönliche Schutzausrüstungen erforderlich. Hautschutzmittel bieten keinen Schutz vor Epoxidharzen und sind als Schutzmaßnahme nicht geeignet.

Um die Systematik der ausgewählten Schutzhandschuhe, Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel für die Beschäftigten sichtbar zu machen wird ein Hand- und Hautschutzplan erstellt. Ein interaktiv ausfüllbarer Hand- und Hautschutzplan kann unter [🔗 downloadcenter.bgrci.de](https://downloadcenter.bgrci.de) heruntergeladen werden.

8.1.1 Chemikalienschutzhandschuhe

Hände und Arme müssen gegen den Kontakt mit den Komponenten der Epoxidharzsysteme geschützt werden, z. B. durch Chemikalienschutzhandschuhe und Ärmel aus beständigem Material (Stulpen).

Bei der Auswahl des geeigneten Handschuhmaterials sind alle eingesetzten Einzelstoffe zu berücksichtigen.

Zum Schutz der Haut vor der Einwirkung sensibilisierender Inhaltsstoffe bei Tätigkeiten mit nicht-lösemittelhaltigen Epoxidharzprodukten sind Butylkautschuk-Chemikalienschutzhandschuhe mit einer Schichtdicke von mindestens 0,5 mm oder einige Nitrilkautschuk-Handschuhe geeignet. Als Schutz gegen Spritzer können bei kurzzeitigen (< 15 Min) Arbeiten mit geringen Mengen auch dünne Chemikalienschutzhandschuhe (als Einmalhandschuhe) genutzt werden. Da die Barrierewirkung von Nitrilkautschuk-Handschuhen stark von der Qualität des verwendeten Nitrilkautschuks und dem Fertigungsverfahren der Handschuhe abhängt, sind nicht alle Nitrilkautschuk-Handschuhe zum Schutz vor Epoxidharzsystemen geeignet.

Informationen über Chemikalienschutzhandschuhe, die bei einer Prüfung eine ausreichende Schutzwirkung gegenüber lösemittelfreien Epoxidharzprodukten aufgewiesen haben, können z. B. unter www.wingisonline.de (Suchwort „Epoxid“) oder www.dguv.de/ifa (Webcode: d1183594) abgerufen werden.

Bei Tätigkeiten mit lösemittelhaltigen Epoxidharzprodukten oder bei Reinigungsarbeiten mit lösemittelhaltigen Reinigern sind Handschuhmaterial und Schichtdicke entsprechend ihrer Schutzwirkung gegenüber den im Produkt enthaltenen Lösemitteln oder nach den Herstellerangaben im Sicherheitsdatenblatt auszuwählen. Chemikalienschutzhandschuhe, die vor der

Einwirkung von Epoxidharzsystemen schützen, bieten nicht immer einen ausreichenden Schutz gegen Lösemittel. Die Auswahl der geeigneten Chemikalienschutzhandschuhe erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung.



Achtung

Lederhandschuhe oder nitrilgetränkte Baumwollhandschuhe bieten keinen Schutz gegenüber Epoxidharzbestandteilen.

Geeignete Chemikalienschutzhandschuhe sind in ausreichender Zahl und in allen erforderlichen Größen zur Verfügung zu stellen. Die Chemikalienschutzhandschuhe sind vor Gebrauch durch Inaugenscheinnahme auf Unversehrtheit zu prüfen.

Die Notwendigkeit zum Wechsel von Chemikalienschutzhandschuhen hängt ab von der Intensität der Verschmutzung und der vom Handschuh-Hersteller angegebenen Durchbruchzeit des Handschuhmaterials. Wenn die Durchbruchzeit normgerecht bei 23 °C ermittelt worden ist, so sollte die maximale Tragedauer unter Praxisbedingungen (bei 33 °C Handtemperatur) auf ein Drittel gekürzt werden.

Beschädigte oder an Berührungsstellen mit der Haut kontaminierte Chemikalienschutzhandschuhe sind sofort auszutauschen. Benutzte Einmal-schutzhandschuhe und kontaminierte Schutzhandschuhe dürfen nicht wiederverwendet werden – auch nicht in einer folgenden Schicht.

Beim Ausziehen verschmutzter Chemikalienschutzhandschuhe kommen erfahrungsgemäß oft die Hände mit Epoxidharzsystemen in Berührung. Daher sind Übungen zur Demonstration des richtigen Wechselns von Chemikalienschutzhandschuhen erforderlich.



Abb. 7 Richtiges Ausziehen von gebrauchten Chemikalienschutzhandschuhen, um einen Hautkontakt mit den ggf. verunreinigten Chemikalienschutzhandschuhen zu vermeiden.

Das Kontaminieren der Hände wird vermieden, indem der erste Chemikalienschutzhandschuh von der Außenseite angefasst, die Finger abgelöst und der Handschuh von der Hand abgezogen wird. Der zweite Chemikalienschutzhandschuh wird dann mit der sauberen Hand von der Innenseite her angefasst und abgezogen.²³

²³ Visualisierungen dazu siehe DGUV Information 212-007 „Chemikalienschutzhandschuhe“ sowie Merkblatt A 023 „Hand- und Hautschutz“ und Sicherheitskurzgespräch SKG 033 „Handschutz“ der BG RCI – siehe Literaturverzeichnis.



Abb. 8 Baumwollunterziehhandschuhe für das Tragen unter flüssigkeitsdichten Chemikalienschutzhandschuhen

Chemikalienschutzhandschuhe, die nach Hand- und Hautschutzplan für den mehrfachen Einsatz geeignet sind und nicht kontaminiert sind, können anschließend gut getrocknet und wiederverwendet werden. Andernfalls werden die Chemikalienschutzhandschuhe entsorgt.

Zur Reduzierung des Feuchtigkeitsstaus beim Tragen von flüssigkeitsdichten Chemikalienschutzhandschuhen hat sich in der Praxis das zusätzliche Tragen von Baumwollunterziehhandschuhen bewährt. Sie müssen regelmäßig bei Durchfeuchtung gewechselt werden.

Ein Verbot Schutzhandschuhe zu tragen, gibt es bei Tätigkeiten an Einzugsstellen (z. B. rotierende Werkzeuge).

8.1.2 Hautreinigung

Vor Pausen und bei Arbeitsende ist eine gründliche, jedoch schonende Hautreinigung erforderlich. Die Intensität der Reinigung und die Auswahl des Reinigungsmittels sind dem Grad der Verschmutzung anzupassen. Hautreinigungsmittel sollen die Haut weder zu stark austrocknen noch mechanisch beschädigen. Daher sind möglichst Hautreinigungsmittel ohne Reibekörper und ohne organische Lösemittel zu verwenden. Auf den Einsatz von Lösemitteln oder Reinigungsbürsten zur Händereinigung sollte verzichtet werden. Nach dem Tragen von flüssigkeitsdichten Chemikalienschutzhandschuhen sollten die Hände nur abgetrocknet und nicht gewaschen werden, um eine Austrocknung durch Wasser und Reinigungsmittel zu vermeiden. Die gereinigte Haut sollte hierbei möglichst mit einem Einmalhandtuch oder einem Stoffhandtuch aus einem Retraktivspender abgetrocknet werden.

Bereiche für die Hautreinigung werden mit dem Gebotszeichen M011 „Hände waschen“ gekennzeichnet.



Abb. 9
Gebotszeichen M011
„Hände waschen“

8.1.3 Hautpflege

Hautschutz- und Hautpflegemittel immer auf die gereinigte und gut abgetrocknete Haut auftragen.

Durch die Anwendung von Hautpflegemitteln nach Beendigung der Tätigkeit kann die Regeneration der Haut unterstützt werden. Hautpflegemittel dürfen jedoch nicht als Hautschutzmittel vor hautbelastender Tätigkeit benutzt werden, da sie Stoffe enthalten können, z. B. Harnstoff, die das Eindringen von Stoffen in die Haut fördern (Carrier-Effekt). Sie sollten auch nicht vor dem Tragen von Handschuhen aufgetragen werden, da ihre Bestandteile die Beständigkeit der Handschuhe negativ beeinflussen können.



Abb. 10 Eincremen der Hände

Das Gebotszeichen M022 „Hautschutzmittel benutzen“ weist auf das Gebot der Nutzung von Hautpflegemitteln hin.



Abb. 11
Gebotszeichen M022
„Hautschutzmittel benutzen“

8.1.4 Individuelle Hautschutzberatungen und -schulungen

Individuelle Hautschutzberatungen und -schulungen durch den Betriebsarzt oder die Betriebsärztin haben entscheidenden Einfluss auf den Erfolg eines betrieblichen Hautschutzkonzeptes. Bereits bei ersten Anzeichen von Hauterscheinungen sollte die Betriebsärztin, der Betriebsarzt, ein Hautarzt oder eine Hautärztin aufgesucht werden.

Frühzeitiges Erkennen und Behandeln von beruflich verursachten Hauterscheinungen sowie die Auswahl individueller Schutzmaßnahmen können das Entstehen einer Berufskrankheit verhindern.

8.2 Arbeits- und Schutzkleidung

Bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen ist langärmelige Arbeitskleidung zu tragen. Je nach Art der Tätigkeit und dem Ausmaß der zu erwartenden Kontamination oder Gefährdung sind (gemäß Gefährdungsbeurteilung) zusätzlich zur Arbeitskleidung Schutzkleidung, wie Overall, Ärmelschoner, Überzieher, Schürzen, Stulpen, Gamaschen, Einwegüberschuhe, Stiefel oder Schutzanzüge zu tragen.



Abb. 12
langärmeliger Schutzanzug

Bei Überkopfarbeiten mit hoher Kontaminationsgefahr hat es sich als vorteilhaft erwiesen, spezielle kunststoffbeschichtete Schürzen oder Einmalanzüge mit Kapuze mit eng am Handgelenk abschließenden Ärmeln zu verwenden. Die hinten verschließbaren Schürzen werden über dem Schutzanzug getragen.

Gegen das Herabrinnen von Schweiß auf die Stirn haben sich Stirnbänder bewährt.

Es ist außerdem darauf zu achten, dass keine Gefahrstoffe von oben in Stiefel gelangen können. Hosenbeine müssen daher über den Stiefeln getragen werden.

Die Schutzkleidung ist vor jeder Verwendung zu prüfen; besonderes Augenmerk ist dabei auf Beschädigung, Materialversprödung und Kontamination zu richten. Beschädigte oder stark verunreinigte Schutzkleidung ist sofort zu wechseln.

Für die Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Epoxidharzen ausüben, ist saubere Arbeitskleidung für den täglichen Wechsel und für gegebenenfalls weitere Wechsel wegen starker Verschmutzung bereitzustellen. Arbeitskleidung sowie Schutzkleidung sind getrennt von persönlicher Kleidung aufzubewahren. Der Unternehmer oder die Unternehmerin hat die Reinigung der Arbeitskleidung durch geeignete Reinigungsbetriebe sicherzustellen. Benutzte ungereinigte Arbeitskleidung darf nicht mit nach Hause genommen werden.

8.3 Augen- und Gesichtsschutz

Falls bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die Möglichkeit des Verspritzens besteht, muss ausreichender Augenschutz getragen werden. Geeignet sind z. B. Gestellbrillen mit Seitenschutz (bei Überwachungstätigkeiten in Betrieb und Labor), Korbbrillen, Gesichtsschutzschild (wenn mit verspritzenden Flüssigkeiten zu rechnen ist, z. B. beim Beseitigen von Störungen) oder Vollmasken (wenn augenschädigende Gase, Dämpfe oder Aerosole auftreten können, z. B. beim Beseitigen von Störungen). Gesichtsschutzschirme sollten nur zusammen mit Gestellbrillen mit Seitenschutz oder Korbbrillen (vor allem bei Arbeiten über Kopf) getragen werden.

8.4 Atemschutz

Falls Arbeitsplatzgrenzwerte, z. B. für Lösemittel, Schleifstäube (Allgemeiner Staubgrenzwert) oder andere Inhaltsstoffe von Epoxidharzprodukten, nicht eingehalten werden können (auch bei Ausschöpfung der technischen Schutzmaßnahmen, z. B. Absaugung) und die Gefahr des Einatmens der

Gefahrstoffen besteht, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzustellen und zu verwenden.

Bei der Verarbeitung von Epoxidharzsystemen im Spritzverfahren und bei Staub freisetzenden Nachbearbeitungsschritten an gehärteten Werkstücken aus Epoxidharz muss geeigneter Atemschutz verwendet werden.

Als Atemschutzfilter für gas- oder dampfförmig auftretende Gefahrstoffe, z. B. Lösemittel, Carbonsäureanhydride oder Ähnliches, sind Gasfilter vom Typ A (Kennfarbe braun) geeignet. Beim Auftreten von Aerosolen, z. B. bei Spritzapplikation, sind Kombinationsfilter mindestens vom Typ A1P2 erforderlich. Hinsichtlich der Auswahl geeigneter Atemschutzgeräte und Filter sowie der Tragzeitbegrenzung und der erforderlichen arbeitsmedizinischen Vorsorge ist die [↓ DGVU Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“](#) zu beachten.

Auch bei Stoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert, wie z. B. bei Polymeren mit komplexer Zusammensetzung, kann eine inhalative Gefährdung bestehen, die den Einsatz von Atemschutz notwendig machen.

Bei Staub freisetzenden Nachbearbeitungsschritten wird die Verwendung von partikelfiltrierenden Atemschutzgeräten (Halbmasken mit Partikelfilter Filterklasse P2 oder partikelfiltrierende Halbmasken FFP2) empfohlen.

Wenn möglich sollten gebläseunterstützte Atemschutzgeräte mit einer Haube verwendet werden, insbesondere bei lösemittelhaltigen Epoxidharzsystemen. Diese Atemschutzgeräte sind, sofern sie weniger als 3 kg wiegen, als nicht belastend eingestuft und bedingen somit keine arbeitsmedizinische Vorsorge.

Enthalten die Lösemittelgemische Niedrigsieder oder überschreitet die Konzentration die Einsatzgrenzen von Filtergeräten (z. B. 5000 ppm bei A2 Filter) kann nur mit umgebungsluftunabhängigem Atemschutz gearbeitet werden.

8.5 Hygiene

Hygienemaßnahmen am Arbeitsplatz sind immer durchzuführende, grundlegende Maßnahmen und leisten einen wichtigen Beitrag zur Gesunderhaltung der Beschäftigten.

Bei der Arbeit ist darauf zu achten, dass unbeabsichtigter Hautkontakt, z. B. durch Kratzen im Gesicht oder Abwischen von Schweiß mit verschmutzten Chemikalienschutzhandschuhen, Ärmeln oder Händen, vermieden wird. Vor allem der Hautkontakt mit Harzen und Härtern ist in jedem Fall zu vermeiden.

Auf Sauberkeit am Arbeitsplatz ist zu achten – Arbeitsplätze sind täglich zu reinigen.

Bereiche, in denen mit Harzen und Härtern gearbeitet wird, sind von anderen Arbeitsbereichen zu trennen.

Essen, Trinken und Rauchen ist in Arbeitsbereichen zu untersagen. Auf das Verbot ist deutlich erkennbar hinzuweisen. Nahrungs- und Genussmittel dürfen nur so aufbewahrt werden, dass sie nicht mit Gefahrstoffen in Berührung kommen.

Arbeitskleidung, Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstungen, die durch die Epoxidharzkomponenten verunreinigt sind, müssen umgehend gewechselt und gründlich gereinigt oder erforderlichenfalls entsorgt werden.

Um ein Verschleppen von Epoxidharzen zu vermeiden, müssen in Arbeitspausen – auch in Kurzpausen – die Überkleidung, z. B. Overall oder Schürzen, ausgezogen und die Hände gewaschen werden. Um eine Verschmutzung von Türklinken mit Epoxidharzen zu vermeiden, empfiehlt sich der Einbau selbst öffnender und schließender Türen in Bereichen, die die Beschäftigten häufiger passieren müssen.

An stationären Arbeitsplätzen müssen Einrichtungen vorhanden sein, die es ermöglichen, bei Hautkontakt die benetzten Stellen sofort mit reichlich Wasser zu spülen. Zusätzlich sind fest installierte Augenduschen mit Trinkwasseranschluss in ausreichender Zahl, leicht erreichbar und gekennzeichnet zu installieren. Falls fest installierte Augenduschen nicht eingerichtet oder nicht zügig erreicht werden können, sind, z. B. auf Baustellen, Augenspülflaschen bereitzuhalten.

Bei Tätigkeiten mit Kleinmengen (wenige kg) können Waschplätze ausreichend sein, bei größeren Mengen müssen Notduschen installiert sein. Notduschen und Augenduschen müssen regelmäßig auf ihre Funktion überprüft werden; siehe [↓ DGVU Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“](#) und [Arbeitsstättenverordnung](#). Augenspülflaschen sind aufgrund des geringen Inhalts nur als Notbehelf anzusehen und daher nur in Ausnahmefällen zu verwenden. Hinweise der Hersteller zu Haltbarkeit und Lagerbedingungen für die Augenspülflaschen sind zu beachten.



Abb. 13
Waschplatz

Wenn Epoxidharzsysteme auf den Boden tropfen, besteht Rutsch- und Stolpergefahr. Nach dem Aushärten ist es schwierig die Reste wieder vom Boden zu entfernen. Im Einzelfall ist zu beurteilen, ob Matten zur Desorption untergelegt werden können, die sich leicht austauschen lassen. Dabei ist zu beachten, dass verunreinigte Matten auch zu einer Gefährdung durch Ausrutschen und Stolpern führen können. Eine Alternative wäre es, ein Gitter auf den Boden und darunter Papier zu legen. Das Gitter reduziert die Rutschgefahr und kann durch Reinigungsmittel gereinigt werden, wenn das Epoxidharzsystem auf das Gitter tropft. Das Papier kann nach der Tätigkeit leicht ausgetauscht werden. Statt der Matten und des Gitters kann auch die Verwendung eines Bindemittels zur Aufnahme des ausgelaufenen Epoxidharzsystems sinnvoll sein.

Um die Verunreinigung von Tischen mit Epoxidharzen zu verhindern, können diese mit Packpapier oder Ähnlichem beklebt werden, das sich leicht austauschen lässt. Auch Bauplanen oder Spezialprodukte können verwendet werden.

9 Tätigkeitsspezifische Schutzmaßnahmen

Ist damit zu rechnen, dass Gefahrstoffe frei werden, die bei der Verarbeitung von Epoxidharzen zum Einsatz kommen, ist das Ausmaß der Exposition zu ermitteln und die entstehende Gefährdung zu beurteilen.

Eine Ermittlung kann erfolgen z. B. unter Berücksichtigung von

- Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten,
- Arbeitsplatzmessungen in der Luft in Arbeitsbereichen nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ – siehe [Abschnitt 4.2](#),
- TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen“ für die Ermittlung der dermalen Belastung.

9.1 Umfüllen

Umfüllvorgänge sind so zu gestalten, dass das Freiwerden von Gefahrstoffen, welche bei der Herstellung oder Verwendung von Epoxidharzsystemen zum Einsatz kommen, möglichst vermieden wird. Dazu gehört auch die Vermeidung von

- Spritzern,
- Verschüttungen und
- Verschmutzungen der Außenflächen der Umfüllbehälter.

Beispiele für sicheres Umfüllen von Flüssigkeiten sind auch in dem [Merkblatt T 025 der BG RCI „Umfüllen von Flüssigkeiten vom Kleingebinde bis zum Container“](#) zusammengestellt. Eine Gefährdung der Beschäftigten wird z. B. durch Umpumpen im geschlossenen System unter Anwendung des Gaspindelverfahrens oder Einbindung in ein Abgassystem vermieden. Gebräuchlich ist bei offenen Systemen auch die Verwendung eines Aktivkohlefilters an der Gasaustrittsöffnung.

Zur Vermeidung falscher Tankbefüllungen sowie dem Überfüllen von Tanks oder anderen Behältern sind entsprechende Maßnahmen zu treffen. Arbeitsplätze, an denen ständig Abfüll- und Umfüllarbeiten ausgeführt werden, sind mit einer wirksamen Absaugeinrichtung auszurüsten.

Als Maßnahmen kommen in Frage:

- Technische Maßnahmen, wie
 - spezifische Anschlusssysteme,
 - Freischaltung von Ventilen in der Befüllleitung über Barcode-Leser,
 - räumliche Trennung kritischer Befüllstutzen,
 - Füllstandsanzeige,
- Organisatorische Maßnahmen, wie
 - Erstellen einer Arbeitsanweisung zum Befüllvorgang,
 - Analytik vor Befüllung,
 - eindeutige Kennzeichnung der Befüllstutzen,
 - Überwachung durch geeignete Aufsichtsperson.

Für das Ab- und Umfüllen von flüchtigen Epoxidharzsystembestandteilen sind möglichst dicht schließende Anlagen mit Absaugung zu verwenden. Ein Verspritzen von Epoxidharzsystemen ist zu vermeiden. Beim Umfüllen kleiner Mengen sind keine Absaugung und keine zusätzlichen technischen Schutzmaßnahmen erforderlich. Als Umfüllen kleiner Mengen gilt, wenn gelegentlich bis zu 0,5 L Epoxidharzsystem verarbeitet werden. Beim Umfüllen von kleinen Mengen kann ein (anderer) Trichter oder ein auf die Gebinde aufschraubbarer Stutzen das Verspritzen von Epoxidharzsystemen verhindern. Verspritzte Epoxidharzreste sind umgehend zu beseitigen (siehe [↔ Abschnitt 11.2](#)).

Zu Haut- und Augenkontakt kann es auch durch Verunreinigung der Arbeitskleidung und der verwendeten Werkzeuge kommen (siehe [↔ Abschnitt 8.5](#)).

Die befüllten Behälter sind nach TRGS 201 zu kennzeichnen und dürfen nicht mit Behältern für Lebens-, Futter- oder Genussmitteln verwechselbar sein.

9.2 Abwiegen, Mischen und Dosieren

Beim Dosieren, Abwiegen und Mischen von Epoxidharzsystemen kann es zu Haut- und Augenkontakt durch Verspritzen und/oder Überschwappen einzelner Komponenten oder des zu mischenden Produkts kommen. Arbeitsplätze (Tisch, Boden) sind mit Folie auszulegen, um Verschmutzungen leichter zu beseitigen. Verspritzte Epoxidharzreste sind umgehend zu beseitigen (siehe [Abschnitt 11.2](#)). Pulverförmige Stoffe können stauben, z. B. beim Abwiegen und Mischen (siehe [Abschnitt 9.10](#)). Es kann zu Haut- und Augenkontakt und zu Verunreinigung der Arbeitskleidung sowie der verwendeten Werkzeuge kommen (siehe [Abschnitt 8.5](#)). Automatisierte Verfahren sind deshalb manuellen Verfahren vorzuziehen.



Abb. 14
Abwiegen von
Epoxidharzsystemen

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat zu prüfen, ob statt manuell anzusetzender Mischungen emissionsarme Verfahren, wie Kartuschensysteme, vorgefertigte Arbeitspackungen, vorkonfektionierte Gebinde oder Doppelkammerbeutel (siehe [Abschnitt 9.3.1](#)), verwendet werden können.



Abb. 15 Dosieren von Epoxidharzsystemen



Abb. 16 Mischen von Epoxidharzsystemen

An Arbeitsplätzen, an denen offene Misch-, Abwieg- und Dosierarbeiten, v. a. mit lösemittel-, carbonsäureanhydrid- oder quarzhaltigen oder geruchsintensiven Produkten, ausgeführt werden, ist gefahrungsabhängig eine Absaugung erforderlich (siehe Abbildungen 17 und 18).



Abb. 17 Abgesaugter Arbeitstisch



Abb. 18 Nachführbare Absaugung

Sollte die Verwendung einer Mischstation nicht möglich sein, sollte für manuelle Arbeiten ein fest eingerichteter Mischplatz mit Doppelrührer, drehzahlgesteuertem Antrieb der Mischer und Spritzschutzabdeckung der Behälter sowie örtlicher Absaugung vorhanden sein. Erforderlichenfalls sind Schutzbrille mit Seitenschutz und/oder Gesichtsschutz, Chemikalienschutzhandschuhe und Schürze zu tragen (siehe [Abschnitt 8](#)). Es ist für eine gute Be- und Entlüftung zu sorgen.

Beim Mischen in größeren Gebinden kann ein Deckel das Verspritzen von Epoxidharzsystemen verhindern. Eine einfache Scheibe aus Pappe kann schon ausreichend sein.

Es sollte nur die benötigte Menge gemischt werden.

Wird das Epoxidharzsystem nach dem Anmischen nicht rechtzeitig verarbeitet – siehe „Topfzeit“ in technischen Merkblättern der Hersteller –, kann es zu einer heftigen Reaktion mit deutlicher Wärmeentwicklung und starkem Druckanstieg sowie zur Freisetzung gesundheitsschädlicher Gase kommen.

Erklärung zur Polymerisierung und Wärmeentstehung siehe [↓ DGUV Information 213-097 „Polyreaktionen und polymerisationsfähige Systeme“](#) (Merkblatt R 008 der BG RCI).

9.3 Vergießen und Tränken

Epoxidharzsysteme werden als Gießharze für elektronische Baugruppen, wie z. B. Elektroden, Transformatoren, Generatoren, Sensoren, Chips, Spulen, Gehäuse, Schalter, Stecker, LED-Module, Wechselrichter, Leiterplatten, Kondensatoren, Batteriepacks und Kabelmuffen eingesetzt.

Gießharze finden auch bei der Herstellung von Teilen für Fahrzeuge Anwendung. Hier kommen häufig geschlossene Vergussanlagen mit Absaugung zum Einsatz.

Auch bei der Herstellung von Orthopädiehilfsmitteln und bei der Verwendung von Faserverbundwerkstoffen, werden Epoxidharzsysteme als Gießharze verwendet.

Bei kleineren Stückzahlen werden für die Gießharze die Komponenten Harz und Härter von Hand abgewogen und gemischt. Der Verguss erfolgt dann entweder von Hand oder bei größeren Stückzahlen automatisch in einer Vergussanlage (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20).



Abb. 19 Für den Verguss vorbereitete Baugruppen



Abb. 20 Baugruppen nach dem Verguss mit Epoxidharzen

Eine Gefährdung durch Haut- und Augenkontakt mit Epoxidharzsystemen besteht bei Tätigkeiten von Hand, wie beim Abwiegen und Mischen der Komponenten, beim Vergießen, Befüllen, Überwachen oder Reinigen der automatischen Anlage (siehe [Abschnitt 8.5](#)) und beim Beladen des Ofens.

Um Hautkontakt z. B. mit Spritzern von Gießharzen zu vermeiden, sind bei den Tätigkeiten geeignete Chemikalienschutzhandschuhe zu tragen (siehe [Abschnitt 8.1.1](#)).

Werden heiß härtende Epoxidharzsysteme mit Carbonsäureanhydriden als Härter eingesetzt, sind die beim Erwärmen entstehenden Gefahrstoffe durch wirksame Lüftungstechnische Maßnahmen aus dem Arbeitsbereich zu entfernen. Dies geschieht in der Regel durch Absaugung an der Vergussstelle sowie durch Absaugung der Trockenöfen. Dies kann z. B. durch das Einrichten



Abb. 21 Abgesaugter Hordenwagen

eines Abdunstplatzes mit Absaugung oder durch abgesaugte Gestell- oder Hordenwagen (siehe Abbildung 21) erreicht werden. Für den Aushärteprozess können die vergossenen Bauteile in räumlich von anderen Arbeitsbereichen getrennten Arbeitsbereichen oder in Öfen vollständig ausgehärtet werden.

Tränkarze finden z. B. bei der Generatorfertigung für Windenergieanlagen oder für Elektromotoren Anwendung. Dabei werden Wicklungen mit Lacken oder Harzen getränkt. Wickelgüter wie Spulen, Transformatoren, Drosseln oder Relais kommen in vielen Branchen wie beispielweise der Elektro- und Elektronikindustrie, der Automobilindustrie, der Herstellung von Hausgeräten, in medizinischen Geräten und Anlagen der Energietechnik oder im Bereich der Luft- und Raumfahrt vor. Es werden verschiedene Verfahren wie Träufeln, Tauchen und Tränken unter Vakuum unterschieden. Nach Möglichkeit sollten geschlossene Tränkanlagen eingesetzt werden.

Das Tränken von Elektromotoren kann beispielsweise aus einem Dosiersystem von Hand oder maschinell (Tränk- und Tauchanlage) erfolgen. Das Tränkeharz wird auf 30 °C erwärmt und über eine Pumpleitung zugeführt. Die Statoren wurden zuvor auf ca. 60 °C vorgewärmt. Häufig wird eine Absaugwand eingesetzt und die abgesaugte Luft als Fortluft nach außen geleitet. Unmittelbar an das Tränken schließt sich eine Abtropfphase (wenige Minuten) an. Hierbei wird der größte Anteil der flüchtigen Bestandteile aus den Tränkmitteln freigesetzt. Dieser Vorgang muss unter Absaugung durchgeführt werden. Nach dem Abtropfen werden die Lacke/Harze im Trockenofen ausgehärtet. Dabei entstehen Dämpfe mit Epoxidharzkomponenten, Lack und Lösemittel.



Abb. 22 Anwendung des Träufelverfahrens

Zu Haut- und Augenkontakt kann es auch durch Verunreinigung der Arbeitskleidung und der verwendeten Werkzeuge kommen (siehe [↔ Abschnitt 8.5](#)).

9.3.1 Verguss auf Baustellen

Mithilfe eines Doppelkammerbeutels kann beim Vergießen einer Kabelmuffe im Netzbau der Kontakt mit den Händen zu dem Epoxidharz vermieden werden. Die zu mischenden Komponenten befinden sich in zwei getrennten Kammern in einem Doppelkammerbeutel. Nach Aufreißen der Trennnaht und Kneten des Beutels führt dies zu einer Vermischung der beiden Komponenten (siehe Abbildung 23). Ein Farbindikator zeigt an, wenn der Mischvorgang abgeschlossen ist. Nach dem Öffnen des Beutels kann die Vergussmasse in die Kabelmuffe gegossen werden (siehe Abbildung 24). Kabelmuffen werden zum Verbinden von Kabeln eingesetzt, z. B. beim Verlegen von Stromkabeln für Niederspannungs- und Industrieanwendungen.



Abb. 23 Mischen des Epoxidharzsystems durch Kneten des Beutels von Hand



Abb. 24 Gießen der Vergussmasse in die Kabelmuffe

9.4 Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten im Modell- und Formenbau

Im Modell- und Formenbau werden Epoxidharze vor allem bei Lamiertätigkeiten verwendet, zum Beispiel beim Handlaminierten oder beim Vakuuminfusionsverfahren. In geringerem Umfang kommen sie auch beim Vergießen zum Einsatz. Üblicherweise werden kalthärtende Systeme verarbeitet.

Weitere Informationen zu Gefährdungen und Schutzmaßnahmen; siehe [↓ DGUV Information 209-082 „Gefahrstoffe im Modell- und Formenbau – Handhabung und sicheres Arbeiten“](#).

9.5 3D-Druck

3D-Drucker mit Epoxidharzsystemen werden z. B. im Formenbau oder in Kunstwerkstätten eingesetzt.

Epoxidharzsysteme werden u. a. als Ausgangsmaterial bei den 3D-Druckverfahren Stereolithografie und „Digital Light Processing“ (DLP) (siehe Abbildung 25) genutzt. Diese Verfahren gehören zu der Prozesskategorie der Bad-basierten Photopolymerisation (engl.: vat photopolymerization (VPP)) und werden insbesondere im Dentalbereich eingesetzt. Gemeinsames Merkmal dieser beiden additiven Fertigungsverfahren ist der schichtweise Aufbau dreidimensionaler Strukturen. Bei der Stereolithografie wird das flüssige bis pastöse UV-empfindliche Harz mittels eines UV-Lasers punktgenau ausgehärtet. Nachdem der Laser eine Schicht komplett abgefahren und somit das Harz an diesen Stellen verfestigt hat, senkt sich die Bauplattform um eine Schichtdicke nach unten in den Harzbehälter. Daraufhin wird eine weitere Schicht mit dem Laser verfestigt.

Beim DLP-Verfahren wird das UV-empfindliche Harz mit einem UV-Projektor verfestigt. Der Projektor erzeugt eine UV-Lichtmaske, die der jeweiligen Schicht des zu druckenden Objektes entspricht. Das Harz wird somit gleichzeitig auf der gesamten Schicht verfestigt. Dabei hängen die verfestigten Schichten kopfüber an der Bauplattform und nur die zuletzt verfestigte Schicht taucht in das Harz ein. Der Vorteil dieses Prozesses ist, der geringere Einsatz von Harz in der Maschine. Die Arbeitsschritte der Nachbereitung sind weitestgehend mit denen der Stereolithografie identisch.

Bei den genannten Verfahren kann der Haut- und Augenkontakt mit un- ausgehärtetem Harz nicht ausgeschlossen werden. Insbesondere beim manuellen Nachfüllen des Harzes in den 3D-Drucker muss auf die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstungen geachtet werden (siehe [Abschnitt 8](#)).

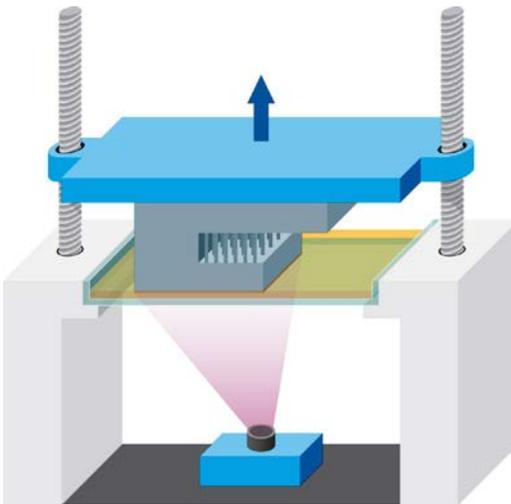


Abb. 25 Digital Light Processing (DLP)

Ein weiteres 3D-Druckverfahren, bei dem u. a. Epoxidharzsysteme als Ausgangsmaterial verwendet werden, ist das sogenannte Poly-Jet-Modelling (siehe Abbildung 26), das zur Prozesskategorie Freistrah-Materialauftrag (engl.: material jetting (MJT)) zählt. Bei diesem Verfahren wird UV-empfindliches Harz über mehrere am Druckkopf befindliche Druckdüsen verdruckt und unmittelbar mittels am Druckkopf befindlicher UV-Strahler polymerisiert. Das flüssige Ausgangsmaterial befindet sich in der Regel in Kartuschen, sodass ein Haut- und Augenkontakt mit dem unausgehärteten Druckmaterial vermieden wird.

Nach dem Abschluss des Druckprozesses sind in der Regel weitere Arbeitsschritte notwendig. Dazu können u. a. das Reinigen mit Isopropanol, das mechanische Entfernen der Stützkonstruktionen und das vollständige Aushärten in einer UV-Kammer gehören.

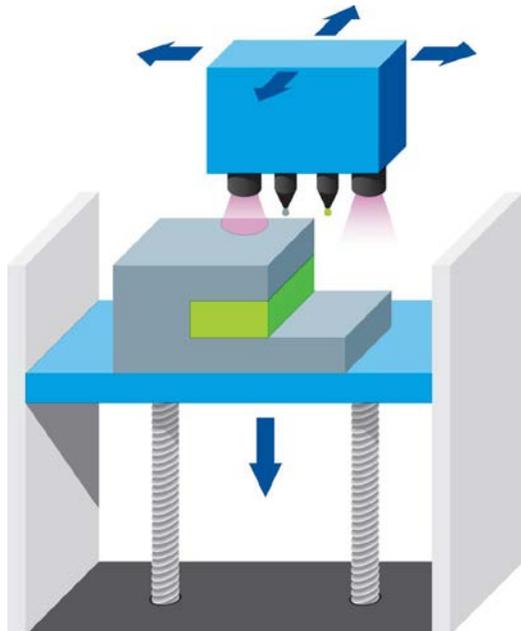


Abb. 26
Poly Jet Modelling

9.6 Laminieren

Mit Epoxidharzsystemen hergestellte Lamine zeichnen sich durch eine besonders hohe Beständigkeit auch bei dynamischer Belastung aus. Dazu werden textile Halbzeuge, beispielsweise aus Glas- oder Kohlenstofffasern, mit Epoxidharzsystemen getränkt, um nach Aushärtung einen festen Faserverbundkunststoff zu erhalten. Die mit Epoxidharzsystemen getränkten Glasfaserhalbzeuge werden mithilfe einer halbautomatischen Tränk- anlage hergestellt.

Haut- und Augenkontakt zu nicht ausgehärteten Epoxidharzsystemen kann durch manuelle Tätigkeiten wie Abwiegen und Mischen der Komponenten, Laminieren von Hand durch Rollen des Epoxidharzes auf Textilien und im Zuge der Handhabung von Prepregs erfolgen (siehe [Abschnitt 8.5](#)). Die Gefahr des direkten Hautkontaktes besteht außerdem beim Anschließen und Abklemmen von Infusions- und Injektionsanlagen. Glasfasern können zu Reizungen der Haut auf den Händen und zu Reizungen der Atemwege führen. Deshalb sind je nach Aufgabe geeignete Schutzausrüstungen wie beispielsweise geeigneter Atemschutz, Chemikalienschutzhandschuhe oder faserundurchlässige Chemikalienschutzhandschuhe zu tragen sowie Schutzkleidung (siehe [Abschnitt 8](#)).

9.6.1 Laminieren kleiner Formteile

Für die Herstellung kleiner Formteile, z. B. für Orthopädiehilfsmitteln, Sportartikeln oder im Modell- und Formenbau, werden Faserverbundkunststoffe durch klassisches Handlaminat hergestellt (siehe Abbildung 27). Der Harzauftrag erfolgt durch Verwendung von Rakel und Roller. Das Auftragen der Trennmittel auf die Formgebungswerkzeuge, das Einbringen von Gelcoat und Kupplungsschicht mit Pinsel und Roller, das Einbringen der Bahnen in die Form, das Ausrichten und Andrücken von Hand, der Harzauftrag sowie das Komprimieren und Entlüften sollten mit Einweg-Werkzeugen erfolgen, um gefährdende Reinigungsarbeiten zu vermeiden. Geeignete Einweg-Werkzeuge sind z. B. Holzspatel, Spachtel, Roller oder Ähnliches. Arbeitsplätze für manuelle Laminierarbeiten sollten mit Einwegpapierunterlagen ausgelegt werden.

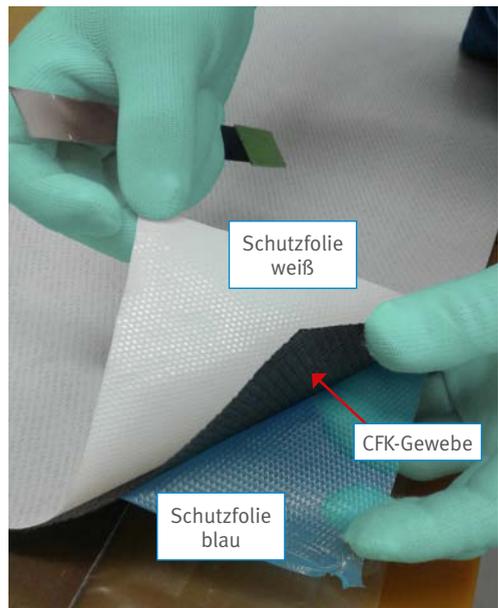


Abb. 27
Epoxidharzsystem-getränktes
CFK-Gewebe

Im Bootsbau werden Fasern schichtweise entsprechend zugeschnitten und die Gelege oder Gewebe mit Epoxidharz getränkt (siehe Abbildung 28 a–c). Dadurch entsteht ein Laminat als Faserverbundstoff.



Abb. 28 a–c Laminieren im Bootsbau

Laminiertätigkeiten finden sich auch bei der Herstellung von Formteilen für die Innenausstattung von Kraftfahrzeugen.



Abb. 29 Das mit Epoxidharz vorimprägnierte und zurechtgeschnittene Prepreg wird in einer Form unter Wärme und Druck ausgehärtet.

Werden Prepregs verarbeitet (siehe Abbildung 29), die vorreagierte Epoxidharzsysteme enthalten, dann ist die Härtung noch nicht vollständig abgeschlossen, sodass durchaus eine dermale Gefährdung bestehen kann. In der Regel werden aufgrund der notwendigen Fingerfertigkeit geeignete dünne Nitril-Chemikalienschutzhandschuhe getragen. Diese sind regelmäßig und nach Kontamination umgehend zu wechseln.

Ob eine inhalative Gefährdung durch die Freisetzung flüchtiger Stoffe aus der Folie bei der Aushärtung besteht, hängt davon ab, ob es sich um ein geschlossenes oder offenes System handelt.

Im **Hochdrucklaminierverfahren** (engl. „High Pressure Lamination“, kurz HPL) werden Verstärkungsmaterialien, wie z. B. Glasfaser-, Kunstfaser- oder Carbongewebe, mit Epoxidharz imprägniert und anschließend unter Hitze und Druck ausgehärtet. Zum Imprägnieren wird das Verstärkungsmaterial zunächst durch ein Tauchbad geführt und dort mit Harz getränkt. Das getränkte Material wird dann in der Regel in einem Durchlaufofens vorgehärtet und zur weiteren Verarbeitung zu sogenannten Prepregs aufgerollt. Aus den Prepregs werden Platten in den gewünschten Abmessungen geschnitten. Der finale Aushärtungsprozess findet in einer beheizten Presse bei einer Temperatur von bis zu 180 °C und einem Druck von bis zu 90 bar statt. Das Produkt ist danach vollständig ausgehärtet und kann nach Zuschnitt und gegebenenfalls Entgratung in Form von Laminatbögen („Sheets“) verwendet werden.

In diesem Herstellungsverfahren sind geschlossene Systeme Stand der Technik. Entstehende Dämpfe werden durch geeignete Absaugeinrichtungen abgeführt.

9.6.2 Laminieren großer Bauteile

Für die Herstellung von großen Bauteilen/Baugruppen für Strukturkomponenten von Flugzeugen oder auch im Bootsbau werden unterschiedliche Verfahren mit verschiedenen Halbzeugen verwendet. Einige können voll- oder teilautomatisiert werden. Bei vollautomatischen Verfahren wie dem sogenannten Tapelegeverfahren werden Carbon- oder Glasfaserhalbzeuge eingesetzt.

Im Flugzeugbau und im Bootsbau werden vor allem das Vakuuminfusions-, Vakuuminjektions- und das Autoklavverfahren genutzt. Beim **Autoklavverfahren** werden Prepregs (*preimpregnated fibres*, vorimprägnierte Fasern – siehe Abbildung 27) für die Bauteilerstellung eingesetzt. Dabei wird das werkseitig mit Epoxidharzsystem vorimprägnierte Fasermaterial zunächst zugeschnitten und danach in die Form gelegt. Das fertige Lagenpaket wird an der Außenseite mit Trennfolie, Saugvlies und Luftverteilergewebe versehen und (mit dem Werkzeug) in einem Vakuumsack verpackt. Danach wird es unter Vakuum gesetzt, um eventuell vorhandene Luftbläschen zwischen den einzelnen Lagen herauszusaugen. Unter Überdruck und Temperatur erfolgt die Aushärtung im Autoklaven (Autoklavfertigung). Die vorimprägnierten Fasermaterialien lassen sich vergleichsweise einfach verarbeiten und die Faser-Harz-Verteilung kann exakt vordefiniert werden. Mit Hilfe eines sogenannten Tapelegers kann dieser Prozess weiter automatisiert werden.

Alternativ dazu finden das Vakuum-Infusionsverfahren und Injektionsverfahren Anwendung. Beim **Vakuum-Infusionsverfahren** erfolgt als erster Arbeitsschritt das Auflegen der ungetränkten Verstärkungsfasern auf ein vorbereitetes Formgebungswerkzeug. Im Anschluss daran wird das ungetränkte Laminat durch eine Vakuumfolie abgedeckt, versiegelt und unter Vakuum gesetzt. Über eine Pumpe und ein Schlauchsystem wird das Epoxidharzsystem infundiert. Durch Ausnutzung der Druckdifferenz zur Umgebung kann der Tränkungsprozess der ausgelegten Faserhalbzeuge initiiert werden. Die Aushärtung erfolgt bei Temperaturen, die gemäß dem verwendeten Harzsystem vorgegeben werden.



Abb. 31 Vakuuminfusionsverfahren: Das Harz wird mittels Unterdruck über einen Kunststoffschlauch aus der Mischvorlage in die Form befördert.

Weiterhin können Faserverbundstrukturen durch das **Injektionsverfahren** – Resin Transfer Moulding (RTM), hergestellt werden. Dieses Herstellungsverfahren ist durch mehrere Prozessschritte gekennzeichnet. Zu Beginn werden trockene Faserhalbzeuge in die Kavität des Werkzeugs eingelegt. Nach Schließung der Werkzeughälften wird das Harz-Härter-Gemisch (Matrix) unter Druck injiziert. Die Verstärkungsfasern werden benetzt und getränkt und somit die Grundlage für den Verbundwerkstoff gelegt. Nach vollständigem Füllprozess erfolgt das Aushärten. Dies kann teilweise durch beheizte Werkzeuge beschleunigt werden. Nach Beendigung des Aushärteprozesses wird die Form geöffnet und das fertige Bauteil entnommen (siehe Abbildung 32).



Abb. 32 Im RTM-Verfahren wird das Bauteil in einer Form unter Druck und Wärme ausgehärtet.

Die RTM-Technologie ist eine weitverbreitete Verarbeitungsmethode für faserverstärkte Kunststoffe (FVK-Strukturen). Neben dem identischen Grundprinzip existieren variantenreiche Anpassungen. In Abhängigkeit der Anwendungen werden vorrangig Schließ- und Zuhaltemechanismen, Fließwege, Druckeinstellungen aber auch Temperaturführungen angepasst. Zum Teil erfolgt die Unterstützung mittels Vakuumtechnologie, dem sogenannten Vacuum Assisted Resin Transfer Moulding (VA-RTM).

Charakteristisch für mittels Injektionsverfahren gefertigte Bauteile sind neben den beidseitigen hochwertigen Formteilerflächen, die definierten Wandstärken, hoher Fasergehalt, geringer Anteil an Porosität, relativ kurze Zykluszeiten und eine genaue Positionierung der Verstärkungsfasern.

Auch andere Bauteile wie z. B. Verkleidungen von Maschinenhäusern werden aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) beispielsweise im Vakuuminjektionsverfahren hergestellt.

Tätigkeiten im Flugzeugbau, bei denen mit Epoxidharzsystemen hergestellte Lamine verwendet werden, umfassen nicht nur die Herstellung von Bauteilen für den Außen- und Innenbereich, sondern auch die manuelle Nachbearbeitung/Reparatur oder Ausbesserung von Fehlstellen/Einschlüssen oder Beschädigungen.

Bei **Wickelverfahren** wird entweder das Bauteil gedreht und die Faser kontinuierlich auf dieses abgewickelt oder die Faserrollen werden (von Hand) um das stehende Bauteil gewickelt.

Für die Fertigung von Sonnensegeln für Satelliten wird in der Raumfahrtindustrie das Laminat auf eine rotierende Trommel aufgebracht. Die anfangs trockene Faser wird durch eine Wanne mit erwärmtem Epoxidharz gezogen. Die derart getränkte Faser wird an einer Anlage (modifizierte Drehmaschine) auf eine sehr langsam rotierende quer liegende Trommel aufgewickelt. Auf der Trommel wird zuvor eine Trägerfolie aufgebracht. Das Wickeln erfolgt in zwei Schritten, im Winkel von 0° und 90° , sodass ein netzförmiges Laminat entsteht.

In der Elektrotechnik und Feinmechanik werden Induktionsspulen (Wirkspulen) mit lösemittelfreien epoxidharzgetränkten glasfaserverstärktem Gewebband manuell umwickelt, um sie zu isolieren. Die Induktionsspulen werden zuerst mit epoxidharzhaltigem Klebstoff (siehe [↔ Abschnitt 9.7](#)) vorangestrichen. Dem Klebstoff wird pulverförmiger Quarzsand zugemischt, um die Isoliereigenschaften zu verbessern (siehe [↔ Abschnitt 9.2](#)). Das glasfaserverstärkte Gewebband (siehe [Abbildung 33](#)) wird abgerollt und mit Klebstoff getränkt (siehe [↔ Abschnitt 9.3](#)). Danach wird das Band wieder aufgerollt und die Beschäftigten wickeln das Glasseidenband von Hand um die Windungen der Spule (siehe [Abbildung 34](#)). Während des Vorganges

wird der Klebstoff immer wieder vollflächig auf das Gewebeband aufgetragen. Die Spule hat eine konstante Temperatur von 35 °C. Überschüssiger oder herabtropfender Klebstoff wird manuell verteilt. Anschließend erfolgt die Trocknung oder Härtung in einem kalthärtenden Verfahren sowie die manuelle Nachbearbeitung durch Schleifen, um überschüssiges Epoxidharz (Nasenbildung) zu entfernen (siehe [Abschnitt 9.9](#)). Während dieses Vorgangs besteht intensiver Kontakt zum Epoxidharz. Zur Vermeidung der inhalativen und dermalen Exposition siehe Abschnitte 6, 7 und 8.

Die hier beschriebenen Tätigkeiten kommen auch in Bereichen der Rotorblattfertigung (Windkraftanlagen), beim Laminieren von Kunststoffteilen, dem Kesselbau und Behälterbau, im Tragflächenbau und Flugzeugbau sowie im Elektromaschinenbau vor.



Abb. 33 glasfaserverstärktes Gewebeband



Abb. 34 a, b Umwickeln der Spulen mit epoxidharzgetränktem Gewebband

Bei den in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahren ist in den Fertigungshallen eine gute Belüftung der Arbeitsbereiche sicherzustellen. Es hat sich bewährt, bei umfangreichen Arbeiten lufttechnische Maßnahmen vorzusehen (siehe Abbildungen 35 und 36). Zur Gestaltung von Arbeitsplatzlüftungen siehe [↓](#) DGUV Regel 109-002.

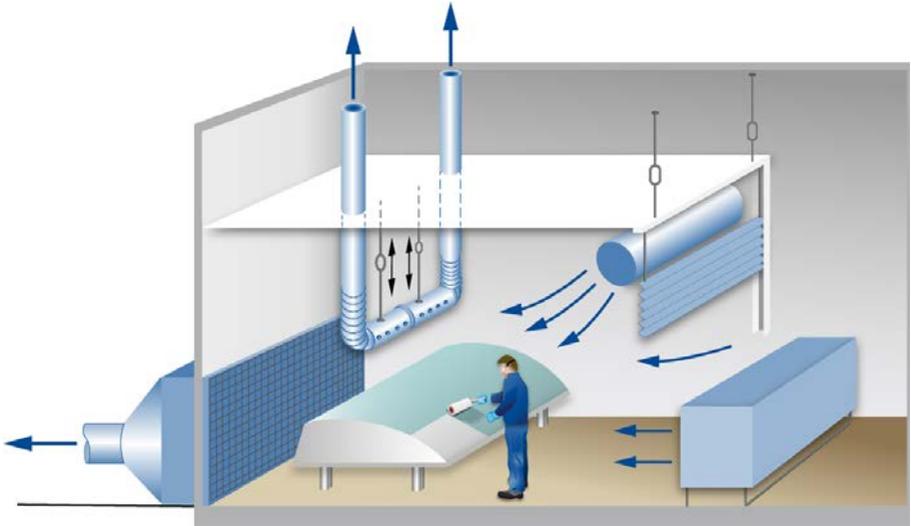


Abb. 35 Technische Lüftung an Handlaminierarbeitsplätzen: Abgesaugte Laminierkabine

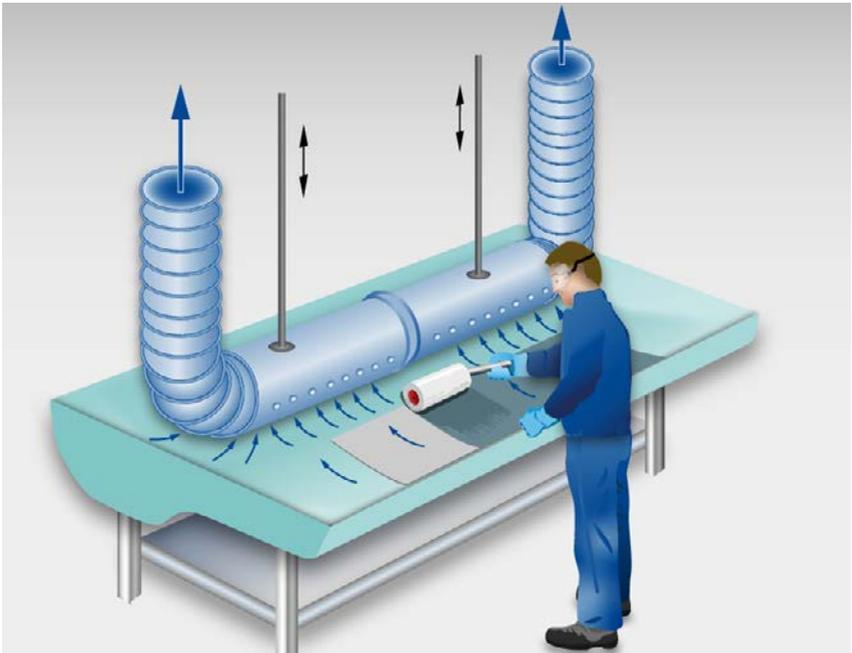


Abb. 36 Technische Lüftung an Handlaminierarbeitsplätzen: höhenverstellbare Absaugung für wannenförmige Werkstücke

9.7 Kleben

Epoxidharzsysteme werden auch als Bestandteil von Klebstoffen für elektronische Baugruppen, im Flugzeugbau, für die Innenausstattung von Kraftfahrzeugen, bei Reparaturarbeiten an Rotorblättern von Windenergieanlagen, im Bootsbau für Ausbesserungsarbeiten oder beim Schäften von Laminaten in der Orthopädietechnik eingesetzt.

Bei Verwendung epoxidhaltiger Klebstoffe ist Haut- und Augenkontakt zu vermeiden. Geeignet sind z. B. automatisierte Misch- und Auftragsprozesse oder der Einsatz von Kartuschensystemen, in denen die Mischung der Komponenten unmittelbar vor der Applikation im (Statik-)Mischrohr der Auftragspistole erfolgt (siehe Abbildung 37). Das Epoxidharzsystem wird direkt vor dem Auftragen in einer Kartusche gemischt und kann direkt auf die Klebeflächen aufgetragen werden (siehe Abbildung 38).



Abb. 37 Mischung von Epoxidharzsystemen in einem Mischrohr einer Doppelkartusche für die Herstellung von Transpondern als Schlüsselanhänger



Abb. 38 a, b Auftragung von Epoxidharzsystemen auf die Gehäuseunterschale mithilfe einer Doppelkartusche

Für filigrane Arbeiten in Restaurierungswerkstätten werden zum kontaktfreien Auftrag Einwegspritzen verwendet.

Zu Haut- und Augenkontakt kann es auch durch Verunreinigung der Arbeitskleidung und der verwendeten Werkzeuge kommen (siehe [Abschnitt 8.5](#)).

Um Kontakt mit den Epoxidharzklebstoffen im Prozess zu vermeiden, sind nach Möglichkeit Einweg-Werkzeuge, z. B. Holzspatel oder Spachtel, zu verwenden, beispielsweise zum Auftrag des Klebstoffs, zur Entfernung von Klebstoffresten oder Fixierhilfen für Kleinteile.

Zur Vermeidung von Restgefährdungen sind gegebenenfalls persönliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Dies können gefährdungsabhängig geeignete Chemikalienschutzhandschuhe, Schutzkleidung und Schutzbrille mit Seitenschutz oder Gesichtsschutz sein (siehe [Abschnitt 8](#)).

Die filigranen Arbeiten in Restaurierungswerkstätten an historischen Fundstücken erfolgen zum Teil unter Mikroskopen auf abgesaugten Werkbänken.

9.8 Beschichten von Oberflächen

9.8.1 Oberflächenbeschichtung – Nasslackierung

Epoxidharzhaltige Beschichtungen werden zum Lackieren und Grundieren verwendet u. a. im Flugzeugbau oder im Bootsbau. Die Beschichtungen schützen Bauteile vor Korrosion.

Beschichtungsvorgänge können durch Tauchen (siehe [Abschnitt 9.3](#)), durch Spritzlackieren oder Auftragen mit Pinsel oder Rolle erfolgen. Im Bootsbau können epoxidharzhaltige Grundierungen auf den Bootsrumf aufgetragen werden, um Unebenheiten zu schließen, eine glatte Oberfläche zu erhalten und danach ein Laminat aufzubauen (siehe [Abschnitt 9.6.2](#)). Die Grundierung kann mit einer Laminierwalze oder einem Pinsel aufgetragen werden.

Kleine Bauteile (Blechformteile, Verschlüsse, Schraubenköpfe, Spulen, Leisten oder Hülsen) und größere Bauteile (Schaltschränke, Gehäuse, Türen, Motoren, Getriebe, Flugzeugrumpf-Innenraum) werden je nach Größe auf dem Tisch, in einer Lackierkabine, am Spritzstand oder an einer Spritzwand (Wasserwand) lackiert. Nach dem Antrocknen der Beschichtung kann die Lackierung bei Bedarf bis zum Erreichen der Überlackierbarkeit wiederholt werden.



Abb. 39 Lackieren von Bauteilen auf einem Tisch

Die Ausgangsmaterialien für die Beschichtung werden von Hand oder in automatischen Anlagen dosiert, gemischt und aufgetragen. An automatisierten Anlagen müssen auch Lacknachfüll-, Rüst- und Kontrollarbeiten durchgeführt werden.

Eine Gefährdung durch Hautkontakt mit Epoxidharzsystemen besteht bei Tätigkeiten von Hand wie beim Abwiegen und Mischen der Komponenten, beim Auftragen der Beschichtung, beim Befüllen, Überwachen oder Reinigen der automatischen Anlage und beim Beladen des Ofens zum Aushärten (siehe [Abschnitt 8.5](#)). Beim Aushärten im Ofen können Dämpfe mit Epoxidharzkomponenten entstehen.

Beim Spritzlackieren kann es zu Hautkontakt durch Spritzer oder Rückprallnebel mit Verunreinigung der Arbeitskleidung kommen und eine Gefährdung durch Lösemitteldämpfe entsteht. Daher müssen diese Arbeiten in einer Lackierkabine oder einem Spritzstand mit Absaugung durchgeführt werden.

Beim Auftrag im Spritzverfahren muss zusätzlich die Gefahr des Einatmens von Aerosolen betrachtet werden. Als persönliche Schutzausrüstungen sind ein Chemikalienschutzanzug mit Kapuze, der für die verwendeten Stoffe geeignet ist, eine Atemschutzmaske oder ein gebläseunterstütztes Filtergerät mit Kombinationsfilter, z. B. Typ A1P2, sowie Chemikalienschutzhandschuhe aus Butylkautschuk oder Nitrilkautschuk zu tragen (siehe [↔ Abschnitt 8](#)).

Für das Beschichten von (Fuß-)Böden siehe [↓ DGVU Information 201-062 „Epoxidharze in der Bauwirtschaft“](#).

9.8.2 Oberflächenbeschichtung – Pulverbeschichtung

Unter anderem in der Generatorfertigung für Windenergieanlagen wird die Oberfläche der Generatoren pulverbeschichtet, um vor Korrosion zu schützen.

Hautkontakt mit nicht ausgehärtetem Beschichtungspulver ist zu vermeiden. Zu Hautkontakt mit Beschichtungspulver kann es unter anderem beim Handbeschichten und an Nachbearbeitungsplätzen (Handpulvern) sowie bei Reinigungsarbeiten in der Beschichtungskabine kommen (siehe [↔ Abschnitt 8.5](#)).

Als persönliche Schutzausrüstungen müssen Chemikalienschutzhandschuhe aus Nitrilkautschuk, Chemikalienschutzanzug und Atemschutz getragen werden. Beim manuellen Befüllen der Vorratsbehälter mit Beschichtungspulver sind inhalative Staubeinwirkungen durch geeignete Absaugvorrichtungen zu verhindern. Entleerte Beschichtungspulversäcke sind so zusammenzurollen, dass keine Reste austreten können, und in einem dicht verschließbaren Entsorgungsgefäß zwischenzulagern. Zur Eignung von Chemikalienschutzhandschuhen aus Nitrilkautschuk siehe Erläuterungen in [↔ Abschnitt 8.1.1](#).

Erforderlichenfalls sind partikelfiltrierende Atemschutzgeräte (Halbmasken mit Partikelfilter Filterklasse P2, partikelfiltrierende Halbmasken FFP2

oder gebläseunterstützte Filtergeräte) zur Vermeidung der Inhalation von Beschichtungspulver anzulegen.

9.9 Nachbearbeitung

Beim Entfernen von überschüssigem Klebharz durch mechanisches Entfernen mit einem Spachtel oder bei Restlaminierarbeiten kann es zu Splintern, scharfen Kanten oder Stäuben bei eventuellen Schleifarbeiten kommen. Durch genau dosiertes Verkleben der Bauteile kann das Entfernen von überschüssigem Klebharz verringert werden.



Abb. 40 Bearbeitung der Oberfläche eines Rotorblattbauteils einer Windenergieanlage mittels Flächenschleifer

Werden aus Epoxidharz gefertigte Bauteile oder Werkstücke durch manuelle Tätigkeiten wie Fräsen, Bohren, Entgraten, Schleifen usw. (spanende Bearbeitung) nachbearbeitet, können die hierbei entstehenden Schleif- und Frässtäube zu Hauterkrankungen, trockener Haut und Atemwegsbeschwerden führen. Schleifstäube²⁴ können beispielsweise in der Spulenfertigung, bei Reparaturarbeiten an demontierten Rotorblättern, aber auch an und in montierten Rotorblättern oder beim Schleifen an Prothesen und Orthesen in der Orthopädietechnik, beim Bootsbau sowie bei der Herstellung von Landeklappen und Tragflächen im Flugzeugbau entstehen. Zum Schleifen müssen Schleifmaschinen mit Absaugung verwendet werden. Durch den Einsatz von Robotern können Gefährdungen vermieden werden (siehe Abbildung 41).



Abb. 41 robotergestützte Schleif- und Fräsarbeiten

²⁴ zu Stäuben siehe das Staubportal www.dguv.de/staub-info/index.jsp

Wenn Faserverbundwerkstoffe verwendet werden, können die beim Schleifen freigesetzten Stäube Fasern enthalten, für die zu prüfen ist, ob die Kriterien für WHO-Fasern (Länge > 5 µm, Durchmesser < 3 µm, Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis > 3:1) erfüllt sind. Fasern dieser Größe können in die Alveolen gelangen und stellen somit eine inhalative Gefährdung dar (zu Atemschutz siehe [→ Abschnitt 8.4](#)). Informationen darüber enthält das Sicherheitsdatenblatt, aber auch der Hersteller/Lieferant kann dazu Auskunft geben, siehe dazu auch die Fachbereich-AKTUELL-Schrift FBHM-074 „Bearbeitung von CFK-Materialien – Orientierungshilfe für Schutzmaßnahmen“.

Bei Nacharbeiten müssen die Beschäftigten persönliche Schutzausrüstungen entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung tragen (siehe [→ Abschnitt 8](#)).

9.10 Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten

Bei Instandsetzungs- und Reparaturarbeiten oder Restarbeiten wie Kontrollarbeiten im Inneren von Bauteilen (z. B. an montierten Rotorblättern sowie am Turm von Windenergieanlagen oder im Flugzeugbau) oder in anderen Großformen, wie Behältern oder Rohrleitungen, können Epoxidharzsysteme zum Einsatz kommen.

An fertig für Windenergieanlagen montierten Rotorblättern ist das Laminieren von Hand, für Ausbesserungsarbeiten oder für spezielle Tätigkeiten wie das Anlaminieren von Klebwinkeln (Außen- und Innenklebwinkel), wenn sich diese gelöst haben, die klassische Reparaturmethode (siehe [Abschnitt 9.6.1](#)). Eine Vielzahl von Schäden (Risse, Delaminationen etc.) kann so repariert werden. Die Fläche der Reparaturstellen kann von wenigen Quadratzentimetern bis zu mehreren Quadratmetern reichen.



Abb. 42 Ausbesserungsarbeiten mit lösemittelhaltigen Epoxidharzsystemen an der Innenoberfläche eines Rotorblattes einer Windenergieanlage

Reparaturen an strukturell relevanten Bereichen werden zudem auch im Vakuuminfusionsverfahren oder mittels Prepregmatten durchgeführt. Dazu werden mobile Pumpen und Tempermatten am Arbeitsplatz per Hebebühne oder Rotorblattbefahranlage eingesetzt (siehe [Abschnitt 9.6.2](#)).

Zur Ausbesserung von Fehlstellen, z. B. nach Schäden durch Blitzschläge, werden Tätigkeiten wie Mischen, Spachteln, Lackieren von Beschichtungen, Laminieren, Kleben und Schleifen durchgeführt. Zu Haut- und Augenkontakt kann es durch Spritzer oder durch Verunreinigung der Arbeitskleidung und an den verwendeten Werkzeugen kommen (siehe [Abschnitt 8.5](#)).

Im Bootsbau werden durch epoxidharzhaltige Spachtelmasse Unebenheiten, Löcher oder Poren durch Glätten der Oberfläche geschlossen. Das angemischte Epoxidharz kann mit Füllstoffen versehen werden, um die Festigkeit und Beständigkeit zu verbessern. Zusätzlich können durch Gewebe oder Gelege größere Schadstellen ausgebessert werden.

Hinweis zum Einsatz von Epoxidharzsystemen in Werkstätten beschreibt die [↓ DGUV Information 213-033 „Gefahrstoffe in Werkstätten“](#).

Für Maßnahmen bei räumlicher Enge, wie z. B. im Innern von Rotorblättern, siehe [↔ Abschnitt 7.4](#). Werden lösemittelhaltige Systeme verwendet, muss Atemschutz (siehe [↔ Abschnitt 8.4](#)) getragen werden, sonst kann es im Innern des Rotorblattes zu Übelkeit durch Lösemitteldämpfe kommen.

Außenarbeiten am montierten Rotorblatt oder Turm dürfen nur von speziell geschulten und hierfür ausgerüsteten Spezialfirmen durchgeführt werden. Aus Gründen der Arbeitssicherheit dürfen diese Tätigkeiten nicht allein, sondern nur von so genannten Reparaturteams, die mindestens zwei Personen umfassen, ausgeführt werden. Weitere Informationen zu Tätigkeiten bei Windenergieanlagen können der [↓ DGUV Information 203-007 „Windenergieanlagen“](#) entnommen werden.



Abb. 43 Reparaturteam am Rotorblatt

9.11 **Besondere Schutzmaßnahmen bei der Demontage/ beim Zerlegen und Recycling von Bauteilen**

Bauteile aus Epoxidharzsystemen sind in aller Regel sehr langlebig. Dennoch ist auch das Ende des Nutzungszyklus der Bauteile zu betrachten wie die Demontage bzw. das Zerlegen und das Recycling der Bauteile.

Kleinvolumige Formteile werden in aller Regel in Schreddern bzw. in Mühlen zerkleinert und gegebenenfalls weiteren Recyclingprozessen wie der Pyrolyse zugeführt.

Großvolumige Teile z. B. Türme und Rotorblätter von Windkraftanlagen, Flugzeuelemente, Rohrleitungen oder Behälter müssen zunächst vorzerkleinert werden. Dabei werden besonders hohe Bauteile gesprengt, andere Großbauteile werden mit Sägen etc. manuell zerkleinert.

Bei diesen Tätigkeiten kann eine erhebliche Exposition der Beschäftigten gegenüber Stäuben und Fasern bestehen. Besonders durch den Zerkleinerungsprozess können einatembare und alveolengängige Stäube in der Atemluft vorhanden sein. Die Stäube können lungengängige Faserbruchstücke enthalten.

Weiterhin können durch die Hitze der mechanischen Bearbeitung Zersetzungsprodukte aus den Epoxidharzsystemen entstehen. Dies gilt auch für Arbeiten, die im Freien durchgeführt werden, da die Beschäftigten sehr nah an der Entstehungsstelle der gefährlichen Stoffe tätig sind.

Aus diesem Grunde ist die Exposition der Beschäftigten gegenüber A- und E-Staub, Fasern und Zersetzungsprodukten zu ermitteln. Je nach Exposition sind die Beschäftigten mit filtrierendem Atemschutz auszustatten (siehe dazu Abschnitt 8.4). Dies gilt gegebenenfalls auch für Arbeiten im Freien.

9.12 Besondere Schutzmaßnahmen auf Baustellen und in anderen nicht stationären Arbeitsbereichen

Werden Epoxidharzprodukte auf Baustellen verarbeitet, ist eine Handhabung in geschlossenen Systemen oder unter vollständiger Erfassung der Gefahrstoffe an der Austritts- oder Entstehungsstelle entsprechend Kapitel 6 nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Trotzdem können auch bei der Verarbeitung in nicht stationären Arbeitsbereichen Arbeitsverfahren, Werkzeuge und Geräte, Hilfsmittel und persönliche Schutzausrüstungen ausgewählt werden, durch die eine Exposition der Beschäftigten, d. h. insbesondere ein Hautkontakt zu den Materialien, möglichst verhindert oder deutlich reduziert werden kann (siehe [Abschnitt 8.5](#)).

Epoxidharzsysteme werden auf Baustellen unter anderem verwendet bei/beim:

- Ausbesserung von Rissen und Löchern für Wasser und Abwasserrohre,
- Schlauchliner-Verfahren zur Sanierung von Kanälen,
- Fensterbau,
- Bodenbelägen, Versiegelungen, Abdichtungen, Parkhaus- und Industriebodenbeschichtungen, Kunstharzestriche,
- Fugenmörtel für Fliesen und Pflasterbeläge,
- Farben etc.

Eine Zusammenstellung praxisgerechter Schutzmaßnahmen für alle, bei Tätigkeiten mit Epoxidharzsystemen auf Baustellen anfallenden Arbeitsschritte findet sich in der [DGUV Information 201-062](#) „Epoxidharze in der Bauwirtschaft“. Informationen bietet auch die Broschüre „Epoxidharze in der Bauwirtschaft und Umwelt“ des Verbandes Deutsche Bauchemie e.V.

Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Epoxidharzsystem auf Baustellen können über www.wingisonline.de abgerufen werden.

10 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Trotz technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen kann die Gefahr möglicher Gesundheitsschäden oder Erkrankungen bei bestimmten Tätigkeiten oder Arbeitsbedingungen nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden.

Nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) gibt es folgende Unternehmerpflichten:

→ **Pflichtvorsorge veranlassen,**

Diese ist durch die Unternehmerin oder den Unternehmer nach Maßgabe des Anhangs Teil 1 Absatz 1 der ArbMedVV bei bestimmten besonders gefährdenden Tätigkeiten für die Beschäftigten zu veranlassen.

Pflichtvorsorge muss vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen veranlasst werden. Der Unternehmer oder die Unternehmerin darf die Tätigkeiten nur ausüben lassen, wenn zuvor eine Pflichtvorsorge durchgeführt worden ist, an der die betreffenden Beschäftigten teilgenommen haben.

→ **Angebotsvorsorge anbieten,**

Die Unternehmerin oder der Unternehmer hat nach Maßgabe des Anhangs Teil 1 Absatz 2 der ArbMedVV Angebotsvorsorge bei bestimmten gefährdenden Tätigkeiten für die Beschäftigten anzubieten.

Die Angebotsvorsorge muss vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen angeboten werden. Wird das Angebot von der oder dem Beschäftigten nicht wahrgenommen, entbindet das nicht von der Verpflichtung, weiterhin regelmäßig Angebotsvorsorge anzubieten.

Eine besondere Form der Angebotsvorsorge ist die nachgehende Vorsorge: Nach Beendigung bestimmter Tätigkeiten, bei denen nach längerer Latenzzeit Gesundheitsstörungen auftreten können, muss der

Unternehmer oder die Unternehmerin den Beschäftigten und ehemals Beschäftigten nachgehende Vorsorge anbieten.

➔ **Wunschvorsorge ermöglichen.**

Über die Vorsorgeanlässe des Anhangs der ArbMedVV hinaus hat die Unternehmerin oder der Unternehmer den Beschäftigten auf ihren Wunsch hin regelmäßig 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.

Die Organisation liegt in der Verantwortung der Unternehmerin oder des Unternehmers. Die arbeitsmedizinische Vorsorge soll während der Arbeitszeit der Beschäftigten stattfinden.

Die Grundlage einer angemessenen arbeitsmedizinischen Vorsorge ist die betriebliche Gefährdungsbeurteilung.

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. Sollen klinische Untersuchungen stattfinden, kann der Arzt oder die Ärztin hierzu die Empfehlungen aus den [↓](#) „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ heranziehen.

Mit der Durchführung der arbeitsmedizinischen Vorsorge ist entweder eine Fachärztin oder ein Facharzt für Arbeitsmedizin oder ein Arzt oder eine Ärztin mit der Zusatzbezeichnung „Betriebsmedizin“ zu beauftragen. Diese haben die Beratungen und Untersuchungen unter Beachtung der dem Stand der Arbeitsmedizin entsprechenden Regeln und Erkenntnisse durchzuführen.

Der Unternehmer oder die Unternehmerin ist verpflichtet, eine Vorsorgekartei zu führen. Dies ist auch elektronisch möglich. Sie enthält die Angaben, wann und aus welchen Anlässen arbeitsmedizinische Vorsorge stattgefunden hat. Sie enthält keine Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge, da diese der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen. Die Vorsorgekartei ist bis zur Beendigung des Beschäftigungsverhältnisses aufzubewahren und anschließend zu löschen, sofern keine Rechtsvorschriften oder arbeitsmedizinischen Regeln etwas anderes bestimmen. Die zuständige Behörde kann die Unternehmerin oder den Unternehmer auffordern, eine Kopie der Vorsorgeakte zu übermitteln. Eine Kopie der entsprechenden Akte steht auch den Beschäftigten am Ende des Beschäftigungsverhältnisses zu.

Weitere Hinweise finden sich in den arbeitsmedizinischen Regeln und der TRGS 401. Weitere Fragen beantwortet die Schrift aus der kurz & bündig-Reihe der BG RCI [☞ KB 011-1 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“](#) der BG RCI. Für die Festlegung, ob eine Pflichtvorsorge, Angebotsvorsorge oder nachgehende Vorsorge notwendig ist, kann das [☞ KB 011-2 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“](#) der BG RCI verwendet werden.

Tabelle Vorsorgeanlässe²⁵

Vorsorgeanlass	Pflichtvorsorge	Angebotsvorsorge
unausgehärtete Epoxidharze, insbesondere durch Versprühen	dermale Gefährdung oder inhalative Exposition mit Gesundheitsgefährdung	–
Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten	mehr als 4 h/Tag	mehr als 2 h/Tag
Hautkontakt mit Wasser oder wässrigen Flüssigkeiten und im häufigen Wechsel Tragen von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen	> 20 Mal/Arbeitstag	> 10 Mal/Arbeitstag
Waschen der Hände	≥ 25 Mal/Arbeitstag	≥ 15 Mal/Arbeitstag
Tragen von flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen und im häufigen Wechsel mit Waschen der Hände	> 10 Mal/Arbeitstag	> 5 Mal/Arbeitstag
Tätigkeiten mit <ul style="list-style-type: none"> • Methanol • Tetrachlorethen • Toluol • Xylol 	Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten oder Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt (da Gefahrstoff hautresorptiv) nicht ausgeschlossen	Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten
Tätigkeiten mit Styrol	Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten	Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten
* Tätigkeiten mit silikogenem Staub (z. B. Quarz)	> 0,05 mg/m ³	≤ 0,05 mg/m ³

²⁵ bearbeiteter Auszug aus [KB 011-2](#) der BG RCI

Vorsorgeanlass	Pflichtvorsorge	Angebotsvorsorge
* Tätigkeiten mit Benzol	wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen oder Gesundheitsgefährdung durch Hautkontakt (da Gefahrstoff hautresorptiv) nicht ausgeschlossen	Exposition nicht ausgeschlossen
sonstige atemwegssensibilisierend (H334) oder hautsensibilisierend (H317) wirkende Stoffe z. B. 1-Methyl-5-norbornen-2,3-dicarbonsäureanhydrid, 1,2,3,6-Tetrahydro-3,6-methanophthalsäureanhydrid, 4,4'-Methylen-bis(N,N-diglycidylanilin), Chinolin-8-ol, 1,6-Hexandioldiglycidylether	–	Exposition
n-Hexan, n-Heptan, 2-Butanon, 2-Hexanon, Methanol, Ethanol, 2-Methoxyethanol, Benzol, Toluol, Xylol, Styrol, Dichlormethan, 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen	–	Tätigkeit mit diesen Stoffen oder deren Gemischen
* sonstige krebserzeugende oder keimzellmutagene Stoffe, Gemische, Tätigkeiten oder Verfahren (H340, H350) z. B. Formaldehyd, Phenylglycidylether	–	wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen
Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppen 2 und 3	... Gruppe 1
Lärm (z. B. bei Nachbearbeitung)	$L_{ex,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}$ beziehungsweise $L_{pC,peak} \geq 137 \text{ dB(C)}$	$L_{ex,8h} \geq 80 \text{ dB(A)}$ beziehungsweise $L_{pC,peak} \geq 135 \text{ dB(C)}$

* in diesen Fällen ist auch „nachgehende Vorsorge“ notwendig

11 Erste Hilfe

11.1 Allgemeine Maßnahmen

Bei Verletzungen und Unfällen sind in Absprache mit der Betriebsärztin oder dem Betriebsarzt folgende allgemeinen Erste-Hilfe-Maßnahmen durchzuführen:

- Verletzte unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich an die frische Luft bringen
- Notruf absetzen
- Verletzte vor Wärmeverlust schützen
- stabile Seitenlagerung bei Bewusstlosigkeit
- bei Atem- oder Herzstillstand: künstliche Beatmung und Herzdruckmassage
- Chemischen Stoff identifizieren (Verpackung oder Verpackungsaufschrift oder Sicherheitsdatenblatt)
- Erbrochenes entfernen und gegebenenfalls für eine möglicherweise später erforderliche Analyse aufbewahren
- Ärztliche Behandlung, dabei Sicherheitsdatenblatt oder Unfallleitblatt²⁶ mitgeben.

11.2 Hautkontakt

Bei Hautkontakt mit Epoxidharzsystemen sind folgende Maßnahmen durchzuführen und zu beachten:

- kontaminierte Kleidung unter Verwendung von Chemikalienschutzhandschuhen entfernen
- flüssiges Harz oder flüssigen Härter mit saugfähigem Material (Papierhandtuch, Zellstofftaschentuch) lokal aufnehmen, nicht verreiben, anschließend mindestens fünf Minuten intensiv mit fließendem Wasser spülen und mit Wasser und Seife oder soweit vorhanden mit Polyethylenglykol (PEG 400) nachwaschen
- keine Lösemittel verwenden.

²⁶ Ein Muster kann z. B. unter [↓ downloadcenter.bgrci.de](https://downloadcenter.bgrci.de) heruntergeladen werden.

11.3 Augenkontakt

Bei Augenkontakt sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Augenlider öffnen und mindestens 10 Minuten mit fließendem Wasser spülen; Spülflüssigkeit darf nicht in das unverletzte Auge gelangen
- Augenärztliche Behandlung.

11.4 Einatmen von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen

Beim Einatmen von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Frischluftzufuhr sichern
- bei Bewusstlosigkeit Atemwege freihalten, z. B. lockeren, nicht festsitzenden Zahnersatz und Erbrochenes entfernen.

11.5 Verschlucken von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen

Beim Verschlucken von Epoxidharzsystemen oder ihren Bestandteilen sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- kein Erbrechen auslösen
- Mund mit Wasser ausspülen
- bei erhaltenem Bewusstsein Wasser (ca. ein Glas) in kleinen Schlucken verabreichen
- bei eingeschränktem Bewusstsein nichts zu trinken verabreichen
- falls Erbrechen eintritt, Kopf nach unten halten, damit Erbrochenes nicht in die Atemwege gelangt.

Anhang

Literaturverzeichnis

1. Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften

Bezugsquelle:

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

- 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
- Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

2. Gesetze, Verordnungen

Bezugsquelle: Buchhandel

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

- Sozialgesetzbuch (SGB) VII
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) mit zugehörigen Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR), insbesondere
 - ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“
 - ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“
 - ASR A3.6 „Lüftung“
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS), insbesondere
 - TRBS 1201 „Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und Überwachungsbedürftigen Anlagen“

- TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen“
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
 - TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
 - TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
 - TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen“
 - TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
 - TRBA/TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“
 - TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“
 - TRGS 460 „Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik“
 - TRSG 500 „Schutzmaßnahmen“
 - TRGS 509 „Lagern von flüssigen und festen Gefahrstoffen in ortsfesten Behältern sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“
 - TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
 - TRGS 526 „Laboratorien“
 - TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“
 - TRGS 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“
 - TRGS 720 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines“
 - TRGS 721 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung“
 - TRGS 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“
 - TRGS 723 „Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische“

- TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“
 - TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“
 - TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
 - TRGS 903 „Biologische Grenzwerte (BGW)“
 - TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“
 - TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“
 - TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
-
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) mit zugehörigen Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR) und Arbeitsmedizinischen Empfehlungen (AME)
 - Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz – MuSchG) mit zugehörigen Regeln, insbesondere
 - AfMu-Regel (MuSchR) „Gefährdungsbeurteilung“
 - Gesetz zum Schutze der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz – JArbSchG)
 - Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz – VerpackG)
 - Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt (GGVSEB)
 - Chemikaliengesetz (ChemG)
 - Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
 - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)
 - Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV)
 - Landesbauordnungen (BauO)

3. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung – Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

Unfallverhütungsvorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

DGUV Regeln

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 112-189 bzw. 112-989 „Benutzung von Schutzkleidung“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Regel 112-192 „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“
- DGUV Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)“
- DGUV Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume; Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“

DGUV Informationen

- DGUV Information 201-062 „Epoxidharze in der Bauwirtschaft“
- DGUV Information 203-007 „Windenergieanlagen“
- DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“
- DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“
- DGUV Information 209-082 „Gefahrstoffe im Modell- und Formenbau – Handhabung und sicheres Arbeiten“
- DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“
- DGUV Information 209-088 „Reinigen von Werkstücken mit Reinigungsflüssigkeiten“
- DGUV Information 212-007 „Chemikalienschutzhandschuhe“

- DGUV Information 213-012 „Gefahrgutbeförderung in PKW und in Kleintransportern“ (Merkblatt A 014 der BG RCI)
- DGUV Information 213-033 „Gefahrstoffe in Werkstätten“
- DGUV Information 213-051 „Betriebsanweisungen für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt A 010 der BG RCI)
- DGUV Information 213-052 „Beförderung gefährlicher Güter“ (Merkblatt A 013 der BG RCI)
- DGUV Information 213-060 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ (Merkblatt T 033 der BG RCI)
- DGUV Information 213-072 „Lösemittel“ (Merkblatt M 017 der BG RCI)
- DGUV Information 213-079 „Tätigkeiten mit Gefahrstoffen – Informationen für Beschäftigte“ (Merkblatt M 050 der BG RCI)
- DGUV Information 213-080 „Arbeitsschutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 053 der BG RCI)
- DGUV Information 213-082 „Gefahrstoffe mit GHS-Kennzeichnung – Was ist zu tun?“ (Merkblatt M 060 der BG RCI)
- DGUV Information 213-084 „Lagerung von Gefahrstoffen“ (Merkblatt M 062 der BG RCI)
- DGUV Information 213-085 „Lagerung von Gefahrstoffen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ (Merkblatt M 063 der BG RCI)
- DGUV Information 213-097 „Polyreaktionen und polymerisationsfähige Systeme“ (Merkblatt R 008 der BG RCI)
- DGUV Information 213-106 „Explosionsschutzdokument“
- DGUV Information 213-850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“

DGUV Grundsätze

- DGUV Grundsatz 313-003 „Grundanforderungen an spezifische Fortbildungsmaßnahmen als Bestandteil der Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“

Bezugsquelle:

www.dguv.de/fb-holzundmetall/publikationen/dguv_infos/index.jsp

- FBHM-074 „Bearbeitung von CFK-Materialien“
- FBHM-092 „Herstellung von CFK-Bauteilen“

4. Sonstige Schriften der Unfallversicherungsträger

Bezugsquelle:

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU),

www.bgbau.de/service/angebote/medien-center-suche/

- Broschüre „Transport von Gefahrgütern – Die Kleinmengenregelung in der Bauwirtschaft“ der BG BAU, (Abruf-Nr. 659.1)

Bezugsquelle:

Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)

medien.bgetem.de/

- BG ETEM Broschüre (S016) „Gefahrstoffe im Elektromaschinenbau – Handlungshilfe zur Gefährdungsermittlung und -beurteilung“
- BG ETEM Broschüre (MB033) „Sicherheit und Gesundheit beim Arbeiten mit 3D-Druckern“

Bezugsquelle:

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI)

medienshop.bgrci.de

- Merkblatt A 023 „Hand- und Hautschutz“
- Merkblatt A 027 „Mutterschutz im Betrieb“
- Merkblatt M 039 „Fruchtschädigende Stoffe – Informationen für Mitarbeiterinnen und betriebliche Führungskräfte“

- Merkblatt T 005 „Fassmerkblatt – Umgang mit entleerten gebrauchten Gebinden“
- Merkblatt T 015 „Befüllen und Entleeren von Transporttanks für Flüssigkeiten – Eisenbahnkesselwagen, Tankfahrzeuge, Tankcontainer und Aufsetztanks“
- Merkblatt T 025 „Umfüllen von Flüssigkeiten vom Kleingebinde bis zum Container“
- Merkblatt T 026 „Probenahme Flüssigkeiten“
- Merkblatt T 040 „Probenahme – Feststoffe, mit Gefährdungskatalog“²⁷
- Merkblatt T 054 „Brennbare Stäube – Antworten auf häufig gestellte Fragen“
- Kurz & Bündig KB 002 „Hand- und Hautschutz“
- Kurz & Bündig KB 008 „Gefahrgut im Pkw und Kleintransporter – Kleinmengen“
- Kurz & Bündig KB 011-1 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 1: Grundlagen und Hinweise zur Durchführung“
- Kurz & Bündig KB 011-2 „Arbeitsmedizinische Vorsorge nach ArbMedVV – Teil 2: Ermittlung der Vorsorgeanlässe“
- Kurz & Bündig KB 024-1 „Krebserzeugende, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Stoffe – Grundlagen“
- Kurz & Bündig KB 024-2 „Expositionsverzeichnis Beschäftigter bei gefährdenden Tätigkeiten mit krebserzeugenden und keimzellmutagenen Stoffen“
- Sicherheitskurzgespräch SKG 023 „Hautschutz“
- Sicherheitskurzgespräch SKG 033 „Handschutz“

²⁷ Die beiden Merkblätter T 026 und T 040 sollen bei der nächsten Überarbeitung zusammengelegt werden.

5. Bücher

Bezugsquelle: Buchhandel

- IFA-Arbeitsmappe: Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag, ISBN 978-3-503-13089-4, www.ifa-arbeitsmappedigital.de
- DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen, 2022, 1. Auflage, Gentner Verlag, Stuttgart

6. Normen

- DIN EN 62784:2019-12: Besondere Anforderungen für Staubsauger und Entstauber mit dem Geräteschutzniveau Dc für die Aufnahme von brennbaren Stäuben
- DIN EN 15154-1:2006-12: Sicherheitsnotduschen – Teil 1: Körperduschen mit Wasseranschluss für Laboratorien
- DIN EN 15154-2:2006-12: Sicherheitsnotduschen – Teil 2: Augenduschen mit Wasseranschluss
- DIN EN ISO/ASTM 52900:2022-03: Additive Fertigung – Grundlagen – Terminologie
- VDI 3405:2014-12: Additive Fertigungsverfahren – Grundlagen, Begriffe, Verfahrensbeschreibungen

7. Veröffentlichungen und Artikel

- A. Fössel, K. Kersting, Gefunden: Geeignete Schutzhandschuhe für den Umgang mit Epoxidharzen in der Bauwirtschaft, Sicher ist sicher – Arbeitsschutz aktuell 2004, 9, 404-407
- C. Pedersen: Exposure to Epoxy- Monomers from hardened Epoxy in Working; in: Conference on Epoxies (Hrsg. J.Terwoert), London, April 11th, 2003 (ISBN 90-77286-15-2)

- T. Auth, M. Böckler, D. Fendler, M. Hennig, Expositionen gegenüber Hydrophthalsäureanhydriden bei Tätigkeiten mit Epoxidharzen in der Elektrotechnik, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 2010, 70, 13-16
- H. Drexler, T. Göen, Der Beitrag des biologischen Monitorings zur Risikofassung beim Umgang mit sensibilisierenden Arbeitsstoffen am Beispiel der Dicarbonsäureanhydride, Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 2000, 35, 4, 146-150
- T. Göen, A. Müller-Lux, M. Böckler, W. Zschiesche, T. Kraus, Biologisches Belastungsmonitoring und Effektmonitoring von Dicarbonsäureanhydrid-Expositionen bei der Großspulenfertigung, Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 2004, 39, 4, 182-183
- K. Heine, F. Kalberlah, M. Hassauer, J. Geier, H. Lessmann, Ranking von Stoffen in Epoxidharzsystemen aufgrund ihrer sensibilisierenden Wirkstärke (FP 0324). Hrsg. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin (2012). <https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pro/pro1/ff-fp0324/gesamtbericht.pdf>
- K. Kersting, J. Geier, A. Hansen, K. Heine, M. Steinhausen, A. Wilke, Der Arbeitskreis Epoxidharze – eine branchenübergreifende Initiative. Gefahrstoffe 2021, 81, 01-02, 61-68
- SW. Weiler, A. van Mark, G. Perger, I. Uhtenwoldt-Delank, I. Wiederhold, Arbeitsbedingungen und Gesundheitsrisiken beim Umgang mit Epoxidharzen – Erhebung im Rahmen eines norddeutschen Kooperationsprojektes. ErgoMed 2007, 5, 142-149
- H. Welinder, C. Gustavsson, Methyltetrahydrophthalic acid in air sampling and analysis. Ann. Occup. Hyg. 1992, 36, 2, 189-197.
- M. Düllmann, Prüfungsarbeit zur Aufsichtsperson der BG ETEM „Maßnahmen der Prävention beim Einsatz von Epoxidharz-haltigen Isoliermassen in der Elektrospulenfertigung“, 2017
- G. A. Westphal, L. Tölle, C. Monsé, N. Rosenkranz, M. Hopp, D. Walter, T. Brüning, E. Moritzer, J. Büniger, Recycling von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK), IPA-Journal 02/2024, https://www.dguv.de/medien/ipa/publikationen/ipa-journale/ipa-journale2024/dokumente/ipa_journal_2_2024_04-04_cfk-recycling.pdf

8. Informationen im Internet

- Informationsseite des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV zu Epoxidharzen: www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-gefahrstoffe/epoxidharze/index.jsp
- Ratgeber zum Thema Mutterschutz des Landes Niedersachsen, www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/startseite/arbeitschutz/mutterschutz/downloads/ratgeber-zum-thema-mutterschutz-52138.html
- Informationsseite der BG BAU zu Handschuhen für den Umgang mit lösemittelfreien Epoxidharzen www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/gefahrstoffe-beim-bauen-renovieren-und-reinigen/epoxidharze/handschuhe
- Einstufung nach dem GISCODE für Epoxidharz. www.wingisonline.de/gisbauwebservices/gisbaudbhandler.ashx?type=ADDINFO&ID=1143
- WINGIS online – Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), www.gisbau.de bzw. www.wingis-online.de
- Explosionsschutzportal der BG RCI, exinfo.de
- Gefahrstoffinformationssystem Chemikalien GisChem der BG RCI und der BGHM, www.gischem.de
- Epoxidharz-InhaltsStoffe-Rechner (kurz: EIS-Rechner), www.eis-epoximixrechner.de; Anleitung unter www.dguv.de › Webcode: d1183594
- Gefahrstoffinformationssystem GESTIS des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
 - GESTIS-Stoffdatenbank, <https://gestis.dguv.de>
 - GESTIS-STAU-EX, Datenbank Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-staub-ex/index.jsp
 - GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen, <https://limitvalue.ifa.dguv.de/>
 - GESTIS-DNEL-Liste, www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-dnel-liste/index.jsp
 - GESTIS-Biostoffdatenbank, <https://biostoffe.dguv.de/>

- Informationsseite zum Thema Staub und Staubbekämpfung des Sachgebietes „Glas und Keramik“ des Fachbereiches Rohstoffe und chemische Industrie (Staubportal): [🔗 https://dguv.de/staub-info](https://dguv.de/staub-info)
- Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 2024, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISSN 2702-2765; freier Zugang über [🔗 https://www.dfg.de/de/ueber-uns/gremien/senat/arbeitsstoffe](https://www.dfg.de/de/ueber-uns/gremien/senat/arbeitsstoffe)
- Selbstverpflichtung zu Epichlorhydrin „CEFIC’s epoxy europe voluntary guideline on residual epichlorhydrin in liquid epoxy resins, reactive diluents and mixtures thereof“ des Verbandes der Europäischen chemischen Industrie (European Chemical Industry Council): [🔗 https://www.epoxy-europe.eu/wp-content/uploads/2024/05/2024-05-Statement-on-Residual-Epichlorohydrin.pdf](https://www.epoxy-europe.eu/wp-content/uploads/2024/05/2024-05-Statement-on-Residual-Epichlorohydrin.pdf)
- Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter – Zentrale Expositionsdatenbank (ZED) der DGUV: [🔗 https://zed.dguv.de](https://zed.dguv.de)
- Industrieverband AJIT (Anhydrides Joint Industry Taskforce) [🔗 https://anhydrides.eu/](https://anhydrides.eu/), u. a. best-practice-Vorschläge
- Rigoletto; online-Datenbank des Umweltbundesamtes mit alle bisher in eine Wassergefährdungsklasse oder als nicht-wassergefährdend eingestufteten Stoffen; [🔗 webriigoletto.uba.de/rigoletto/](http://webriigoletto.uba.de/rigoletto/)
- Deutsche Bauchemie e.V., [🔗 www.deutsche-bauchemie.de](http://www.deutsche-bauchemie.de); u. a. Broschüre „Epoxidharze in der Bauwirtschaft und Umwelt“

Bildnachweis:

Titel, Abb. 8: © BG BAU;

Abb. 4, 14-16, 22, 40, 42: © Polyverse;

Abb. 7: © Nicole Cronauge für BG ETEM;

Abb. 10, 13: © Wolfgang Bellwinkel/OSTKREUZ;

Abb. 12: © Roman Milert – stock.adobe.com;

Abb. 17–18, 31, 35–36: © BGHM;

Abb. 19–20: © Weiss Elektrotechnik GmbH;

Abb. 21: © Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG;

Abb. 23-24: © 3M Deutschland GmbH;

Abb. 25-26: © Jörg Block; Abb. 27: © GKN Aerospace Deutschland GmbH;

Abb. 28a–c: © Zweckverband Erholungsgebiet Unterbacher See;

Abb. 29, 32, 41: © Munich Composites GmbH;

Abb. 33-34: © ALD Vacuum Technologies GmbH;

Abb. 37–38: © Feig Electronic GmbH;

Abb. 39: © Stefan Soell, J.Wagner GmbH;

Abb. 43: © fineart-collection – stock.adobe.com

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

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de