

Der Arbeitskreis Epoxidharze – eine branchenübergreifende Initiative

K. Kersting, J. Geier, A. Hansen, K. Heine, M. Steinhausen, A. Wilke

ZUSAMMENFASSUNG Kontaktallergien durch die Inhaltsstoffe von Epoxidharzsystemen sind seit über 20 Jahren in vielen Branchen eine der häufigsten berufsbedingten allergischen Hauterkrankungen. Der Arbeitskreis Epoxidharze hat daher seit seiner Gründung im Jahr 2007 als branchenübergreifende, europäische Initiative unterschiedliche Strategien entwickelt, um das Erkrankungsrisiko zu verringern. Sie zielen einerseits auf die Verbesserung der Ausbildung und Arbeitshygiene ab, andererseits auf die medizinische und toxikologische Forschung zur Identifizierung von allergisierenden Epoxidharzkomponenten sowie die Förderung von Alternativen mit geringerem sensibilisierendem Potenzial.

Epoxy resins working group: a cross-sector initiative

ABSTRACT Contact allergies caused by the ingredients of epoxy resin systems have been among the most common occupational allergic skin diseases in many sectors for over 20 years. Since its foundation in 2007, the Epoxy resins working group – a cross-industry initiative at European level – has developed a number of strategies for reducing the risk of such diseases. These strategies are based on the one hand on improving training and occupational hygiene, and on the other on conducting medical and toxicological research in order to identify allergenic epoxy resin components and promote alternative substances of lower sensitizing potential.

1 Einleitung

1.1 Epoxidharzsysteme

Kleben und Verstärken, Beschichten, Sanieren und Restaurieren, Abdichten und vor Korrosion schützen, Konstruieren und Modellieren: Für all diese Einsatzgebiete gibt es Lösungen unter Verwendung von Epoxidharz-Härter-Systemen, kurz auch als Epoxidharze oder Epoxidharzsysteme (ES) bezeichnet.

Für gewöhnlich bestehen ES aus zwei Komponenten, die unmittelbar vor Verwendung im richtigen Verhältnis angemischt werden: der Harz-(Epoxidverbindungen) und der Härterkomponente (reaktive Amine, Amide oder Carbonsäureanhydride). Die Harzkomponente enthält außerdem meist Reaktivverdünner (ebenfalls Epoxidverbindungen), unter anderem zur Einstellung der Viskosität. Weitere Zusätze in ES können je nach technischen Anforderungen Reaktionsbeschleuniger, Zuschlagstoffe oder Farbpigmente sein. Die Strukturen von Epoxidharzkomponenten sind in **Tabelle 1** dargestellt. Durch das Mischen der Komponenten startet eine chemische Reaktion zwischen den Molekülen des Harzes und Härter (Polymerisation), wobei sie sich zu einem makromolekularen Kunststoff vernetzen.

Die Verarbeitung der Gemische in flüssiger bis zähflüssiger Form ist unkompliziert – entsprechende Kenntnisse und Sorgfalt vorausgesetzt. Beim Aushärten schwinden sie nur geringfügig und entwickeln ein sehr starkes Haftvermögen. Im ausgehärteten Zustand schließlich zeichnen sie sich durch hohe Wasser-, Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit sowie geringes Gewicht aus. Sie sind mechanisch hoch belastbar, haltbar, fest oder elastisch formulierbar sowie elektrisch isolierend.

Tabelle 1. Strukturen von Epoxidharzkomponenten.

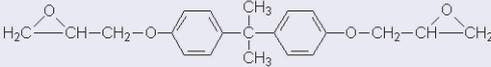
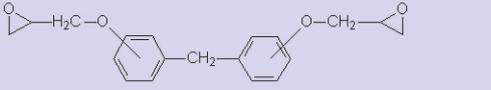
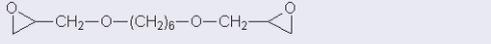
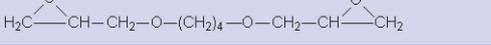
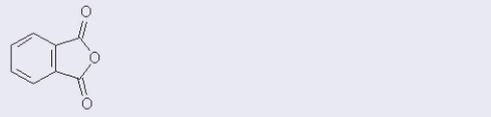
Harze	
Bisphenol-A-diglycidylether (DGEBA)	
Bisphenol-F-diglycidylether (DGEBF)	
Reaktivverdünner	
1,6-Hexandiol-diglycidylether	
1,4-Butandiol-diglycidylether	
Härter	
Isophoron-diamin	
m-Xylylendiamin	
Säureanhydride	
Phthalsäureanhydrid	



Bild 1. Kontaktekzem. Quelle: Institut für interdisziplinäre Dermatologische Prävention und Rehabilitation (iDerm)

1.2 Gründung einer branchenübergreifenden Initiative

Stark sensibilisierende Wirkungen auf der einen, häufige Verwendung in vielen Bereichen der Industrie und des Handwerks auf der anderen Seite: Es ist nicht verwunderlich, dass Tätigkeiten mit ES schon lange einer der häufigsten Auslöser berufsbedingter allergischer Hauterkrankungen darstellen [1]. Obwohl für dieses Problem schon früher viele Hinweise vorlagen, dauerte es doch bis 1999, dass Erkrankungen durch ES in der Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland (BK-DOK) mit einer eigenen Schlüsselnummer aufgenommen wurden. Bis auf wenige Ausnahmen wurden dann jährlich meist mehr als 200 Fälle bestätigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Dunkelziffer deutlich höher liegt.

Zahlreiche nationale und internationale Projekte wurden seit den späten 1990er Jahren von Seiten des Arbeitsschutzes und der Arbeitsmedizin, aber auch von der Industrie initiiert, um Hauterkrankungen durch Tätigkeiten mit ES zu verhindern. Die Zielsetzung der Aktivitäten ging dabei in verschiedene Richtungen: Zum Einen musste die Sicherheit der Beschäftigten bei der Anwendung verbessert, zum anderen sollte das Gefährdungspotenzial von Inhaltsstoffen der ES verringert werden. Darüber hinaus wurden für viele relevante Inhaltsstoffe geeignete Testsubstanzen für Epikutantests verfügbar gemacht, um Kontaktallergien durch ES zu diagnostizieren. Leider sind die rechtlichen Hürden für die Zulassung von Testsubstanzen inzwischen derart hoch, dass Allergien auf neuentwickelte ES-Komponenten meist nicht diagnostiziert werden können.

In Anbetracht der konstant hohen Erkrankungszahlen erkannten alle beteiligten Seiten die Notwendigkeit, den Austausch zu vertiefen. Daher gründete sich 2007 ein erster Arbeitskreis (AK), der zwischenzeitlich bei der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) angesiedelt war und bis heute als branchenübergreifendes internationales Gremium weitergeführt wird. Derzeit beteiligen sich Hersteller, Anwender, Gewerkschaften, Dermatologen, Ländervertreter, internationale Arbeitsschutzbehörden sowie Unfallversicherungsträger (UVT) und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) am AK Epoxidharze. Dort wurden und werden Maßnahmen und Projekte gemeinsam geplant und veranlasst.

1.3 Die Aktivitäten des AK Epoxidharze

Da es für die Substitution der einzelnen Epoxidharzkomponenten durch weniger gefährliche Stoffe zunächst keine Ansatzpunkte gab, richtete sich die Aufmerksamkeit anfänglich hauptsächlich auf die Verbesserung der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen. Im AK Epoxidharze wurde beispielsweise ein Bewertungssystem für Herstellerinformationen und die Sicherheit der Gebinde von ES entwickelt [2]. Dadurch gab es deutliche Verbesserungen in den Sicherheitsdatenblättern und konkrete Angaben zu Gefahren in den technischen Informationen. Darüber hinaus wurde die Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Feststellung der Beständigkeit von Chemikalienschutzhandschuhen gegenüber lösemittelfreien Epoxidharzen initiiert. Die Ergebnisse spiegeln sich in der Liste der Handschuhe für lösemittelfreie Epoxidharze wider [3].

Auch die toxikologischen Eigenschaften konnten als Kriterien für die Bewertung von ES in den letzten Jahren mit zunehmender Tendenz auf Basis neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse berücksichtigt werden. Hierzu gab es zwei Forschungsprojekte (FP 0324 und FP 0384), die vom AK Epoxidharze initiiert und von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) gefördert wurden [4; 5]. Es zeigte sich, dass die relevanten Kontaktallergene entgegen der allgemeinen Meinung durchaus unterschiedliche sensibilisierende Wirkstärken besitzen. Daraus ergibt sich für Anwender die Möglichkeit der Auswahl von ES, die Stoffe mit geringer sensibilisierender Wirkstärke enthalten. Fragestellungen in Bezug auf dieses Thema werden im dafür gegründeten Unterarbeitskreis Epoxidharz-Inhaltsstoffe (AK EIS) bearbeitet (www.baua.de/Epoxidharze).

Ein weiterer Aspekt bei der Vermeidung von Erkrankungen ist die Schulung der Beschäftigten. Dies sollte möglichst schon in der Schule bzw. Berufsschule erfolgen, bevor der erste Kontakt mit Epoxidharzen besteht. Im Rahmen des vom AK Epoxidharze unterstützten DGUV-Projekts EpoxSafe@School 1.0 (FF-FP 0401) sind umfangreiche Schulungsmaterialien für den sicheren Umgang mit Epoxidharzen erstellt worden [6].

Im Folgenden werden die aktuellen Erkrankungszahlen genannt sowie über kürzlich durchgeführte und aktuell in Bearbeitung befindliche Projekte aus dem AK Epoxidharze und dem AK EIS berichtet.

2 Gesundheitsgefährdungen durch Epoxidharzsysteme

2.1 Sensibilisierungen und Kontaktdermatitis

Seit der Entwicklung der ersten Epoxidharze in den 1930er Jahren wurden sie als Werkstoff im Laufe der Jahrzehnte zunehmend unverzichtbarer. Die breite Anwendung war jedoch auch verbunden mit dem gehäuftem Auftreten von akuten Hautreizungen oder Verätzungen. Eine weitere gesundheitsschädigende Eigenschaft fand dagegen bis Ende der 1990er Jahre kaum Beachtung: Zahlreiche Stoffe in den einzelnen Komponenten (Harz, Härter, Reaktivverdünner) können stark ausgeprägte Hautekzeme auslösen – meist an Händen (**Bild 1**), Unterarmen oder den Hautbereichen, die direkten Kontakt zu den nicht ausgehärteten Komponenten oder Gemischen hatten. Ausgehärtete ES sind dagegen unbedenklich.

Aus medizinischer Sicht ist die Ausbildung dieser allergischen Kontaktdermatitis bzw. -allergie ein mehrstufiger Prozess. Zunächst muss der verantwortliche Stoff, also das Kontaktallergen, die obersten Schichten der Haut durchdringen. Kann es dann di-

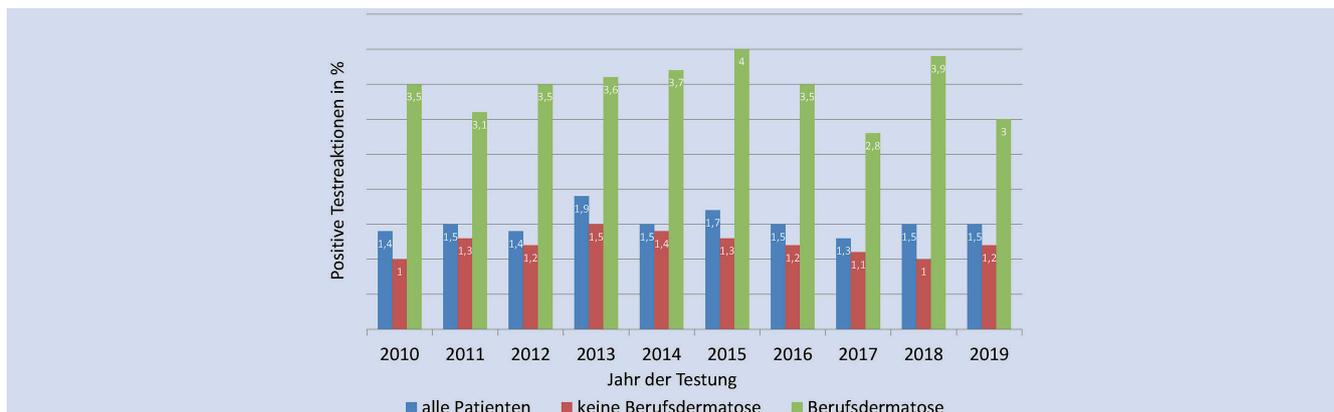


Bild 2. IVDK, 2010 bis 2019: Allergische Reaktionen auf DGEBA-Epoxyharz. Quelle: Autoren

rekt – oder nach einer chemischen Umwandlung im Körper – mit bestimmten Eiweißmolekülen reagieren, wird ein Mechanismus angestoßen, durch den das Immunsystem zunächst lernt, eine Abwehrreaktion auszulösen. Diese Phase der Erkrankung 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 entstehen, der dem Auslöser meist chemisch oder strukturell ähnlich ist. Dies wird als Kreuzallergie bezeichnet.

Das gefährliche an dieser Erkrankung: Eine einmal erworbene Sensibilisierung hält lebenslang an und ist nicht heilbar. Zwar bilden sich die Ekzeme zurück, wenn kein Kontakt mehr besteht. Bei erneuter Exposition brechen sie jedoch schnell wieder aus – in manchen Fällen reicht schon der bloße Aufenthalt in Arbeitsbereichen, in denen Epoxyharze verarbeitet werden. Für die Betroffenen ist so ein Verbleib in den entsprechenden Arbeitsbereichen meist nicht oder nur unter großem Leidensdruck möglich.

2.2 Erkrankungszahlen und klinische Daten

Die Kontaktallergie wird mit dem Epikutantest diagnostiziert, wobei neben der sogenannten Standardreihe je nach individuell vermuteten Allergien auch spezielle Allergen-Testreihen überprüft werden. Im Informationsverbund Dermatologischer Kliniken (IVDK) tragen 56 dermatologische Abteilungen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz ihre Testergebnisse und klinischen Daten zusammen und unterhalten so die weltgrößte Datenbank zum Bereich Kontaktallergie [7]. Jährlich werden die Daten von ca. 10 000 Patienten erfasst. Bei ca. 90 % dieser Patienten wird – als Teil der Standardreihe – ein Epoxyharz auf Basis von Bisphenol A-diglycidylether (DGEBA) getestet. In den letzten zehn Jahren lag dabei die Quote allergischer Reaktionen zwischen 1,3 und 1,9 %, ohne eindeutigen Trend (Bild 2). Männer sind zwei- bis dreimal so häufig betroffen wie Frauen. Bei den Patientinnen und Patienten mit beruflich bedingter Hauterkrankung liegen die Sensibilisierungsquoten deutlich höher als bei nicht berufsbedingt Erkrankten. Besonders betroffen sind nach wie vor Maurerinnen und Maurer, Fliesenlegerinnen und Fliesenleger, Malerinnen und Maler sowie Lackiererinnen und Lackierer [4].

Tabelle 2. IVDK, 2012 bis 2015: Patienten mit positiver Reaktion auf DGEBA-Epoxyharz (n = 743); Daten aus dem Forschungsbericht FP-0384.

Substanz	Anzahl Getestete	Anzahl Positive	positiv in %
Reaktivverdünner			
1,6-Hexandioldiglycidylether	273	133	48,7
1,4-Butandioldiglycidylether	272	96	35,3
Butylglycidylether	274	25	9,1
Trimethylolpropantriglycidylether	273	20	7,3
Phenylglycidylether	297	90	30,3
Cresylglycidylether	274	43	15,7
p-tert-Butylphenylglycidylether	274	73	26,6
Härter			
m-Xylylendiamin	274	56	20,4
Isophorondiamin	274	21	7,7
Trimethylhexan-1,6-diamin (Isomerenmischung)	273	17	6,2
Diethylentriamin	273	7	2,6

Im Rahmen des Forschungsvorhabens FP-0384 [4] wurden IVDK-Daten der Jahre 2012 bis 2015 ausgewertet. In diesem Zeitraum haben 743 von 42 735 Patientinnen und Patienten (1,7 %) allergisch auf Epoxyharz reagiert. Bei gut einem Drittel wurden in einer speziellen Testreihe Reaktivverdünner und Härter überprüft, die in ES enthalten sind (Tabelle 2). Am häufigsten kam es dabei zu Reaktionen auf 1,6-Hexandioldiglycidylether mit gleichzeitigen Kreuzreaktionen auf 1,4-Butandioldiglycidylether. Die häufigen Reaktionen auf Phenylglycidylether, der kaum noch eingesetzt wird, sind Ausdruck von Kreuzreaktionen bei primärer Allergie gegen DGEBA-Epoxyharz. Zum Teil gibt es auch Kreuzreaktionen zwischen den verschiedenen aromatischen Glycidylethern. Unter den Härtern erwies sich m-Xylylendiamin als das mit Abstand häufigste Allergen. Bemerkenswerterweise kommt es auch zu Sensibilisierungen gegen Härter oder Reaktivverdünner ohne gleichzeitige Kontaktallergie gegen das eigentliche Harz, wenngleich deutlich seltener als bei Betroffenen mit Epoxyharzallergie.

In einem zweiten Teil des oben genannten Forschungsvorhabens wurden Berichte über Sensibilisierungen gegen Bestandteile von ES in der wissenschaftlichen Literatur ausgewertet. Hier ergaben sich im internationalen Vergleich meist ähnliche Daten wie im IVDK [4; 8; 9]. Von größerem Interesse sind jedoch die Literaturberichte über Kontaktallergien gegen solche Härter, Reaktionsbeschleuniger oder Reaktivverdünner, die nicht mit den übli-

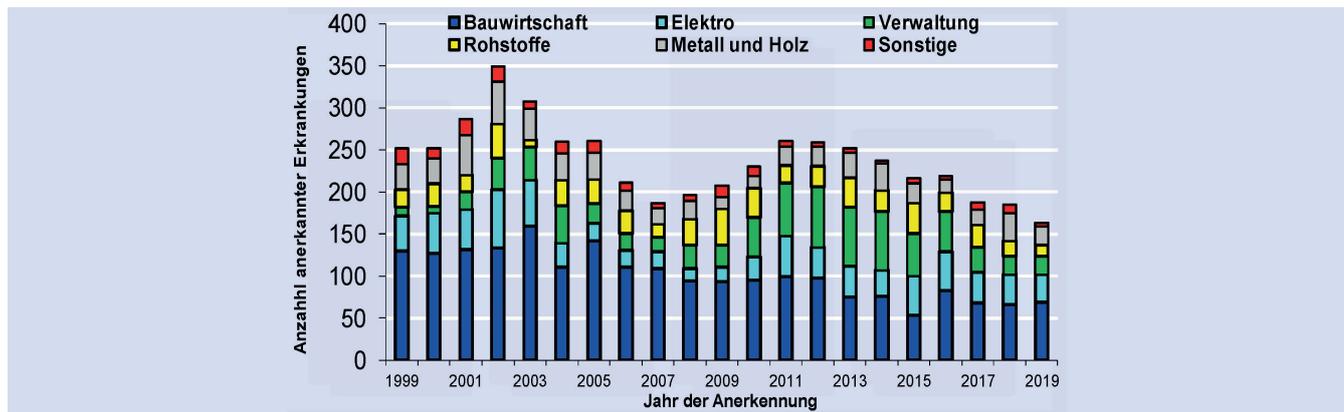


Bild 3. Bestätigte, durch Epoxidharze verursachte Berufserkrankungen von 1999 bis 2019. Quelle: DGUV

chen Allergietests erfasst werden. Hier können unter Umständen Hinweise auf unterdiagnostizierte Allergien gefunden werden. Ein Beispiel ist der Reaktionsbeschleuniger 2,4,6-Tris(dimethylaminomethyl)phenol (tris-DMP), der vor allem in ES für den Einsatz bei kälterer Umgebungstemperatur verwendet wird. In Finnland war tris-DMP bereits vor 2014 eines der häufigeren Kontaktallergene in ES, wie die Zahlen des Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) zeigen [8]. In Deutschland ist eine entsprechende Testsubstanz für den Epikutantest erst seit Herbst 2016 kommerziell verfügbar. In den Jahren 2017 bis 2019 wurden im IVDK zehn Fälle von Kontaktallergie gegen tris-DMP bei 150 Patienten mit Epoxidharzallergie (6,7 %) nachgewiesen, womit die Sensibilisierungsquote etwa so hoch wie ist wie die gegenüber Isophorondiamin oder Trimethylhexan-1,6-diamin (Tabelle 1). In Bezug auf weitere Epoxidharzkomponenten konnte die Einschätzung der Sensibilisierungshäufigkeit beim Menschen – auch ohne Testung im IVDK – anhand der wissenschaftlichen Literatur präzisiert werden [4], wozu insbesondere die Daten des FIOH beitragen [8; 9]. So kann man beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse davon ausgehen, dass Sensibilisierungen gegen einige Stoffe, die auch Gegenstand der Wirkstärkebewertung von Einzelstoffen sind (vgl. Abschnitt 3.1), eher selten sind. Dabei handelt es sich z. B. um Versätsäureglycidylester, Dipropylentriamin, Tetraethylenpentamin, Trimethylhexamethylendiamin und N-Aminoethylpiperazin.

2.3 Erkrankungsstatistik der DGUV

Seit 1998 sind in der BK-DOK Epoxidharzerkrankungen gesondert ausgewiesen (Bild 3). Nach einem anfänglichen Anstieg der Erkrankungszahlen sank in den letzten Jahren die von den UVT der BK-DOK gemeldeten Epoxidharzallergien.

Die Verteilung der Epoxidharzerkrankungen auf die verschiedenen Branchen macht deutlich, dass der Schwerpunkt der Epoxidharzallergien in der Bauwirtschaft liegt. Ein Teil der von der Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG) bestätigten Epoxidharz-Allergien sind Zeitarbeiter, die ebenfalls bei Tätigkeiten in der Bauwirtschaft ihre Allergie erlitten haben.

Erfreulich ist der Rückgang der Erkrankungszahlen in den letzten Jahren. Dieser Rückgang ergibt sich aus den stark rückläufigen Zahlen der VBG bei Zeitarbeitsfirmen. Da in den letzten Jahren bei der Produktion von Windkraftanlagen verstärkt automatisierte Verfahren statt Handlaminierten eingesetzt werden, könnte dies der Grund für die sinkenden Erkrankungszahlen sein.

2.4 Ergebnis der ARBOUW-Studie

Wichtige Hinweise für die Gründe, warum Beschäftigte an einer Epoxidharzallergie erkranken, lieferte das „Wissens- und Dienstleistungsinstitut für Arbeitsbedingungen im Bauwesen in den Niederlanden“ (ARBOUW), das im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie deutsche Verarbeiter von Epoxidharzen mit und ohne bestehender Sensibilisierung mit einem Fragebogen befragte [10]. Das Ergebnis zeigt, dass geeignete Arbeitskleidung (unter anderem langärmelig und lange Hosen auch im Sommer), sorgfältiges Arbeiten, das großflächige Freisetzung vermeidet, und das Tragen geeigneter persönlicher Schutzausrüstung (PSA) das Risiko einer Sensibilisierung deutlich verringern. Auch der Zusammenhang zwischen Schulung und einer Reduzierung des Risikos konnte in der Studie nachgewiesen werden. Die Autoren leiten daraus ab, dass Beschäftigte, denen die Gefahren von Epoxidharzen bewusst sind, gewissenhafter mit den Stoffen umgehen und die notwendigen Schutzmaßnahmen verwenden.

Auch eine aktuelle finnische Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der Hautkontakt zu Epoxidharzen wahrscheinlich durch eine Kombination aus Training, Motivation, guten Arbeitsbedingungen und der sachgerechten Nutzung PSA vermieden werden kann [11].

3 Projekte des AK Epoxidharze

3.1 Vergleich der sensibilisierenden Wirkstärke: Einzelstoffbewertung

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, wozu auch ES zählen, müssen grundsätzlich Möglichkeiten der Substitution geprüft werden, Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) § 6. Jedoch ist dies für ES bei vielen Anwendungen nicht zielführend, wenn alternative Baustoffe nicht alle erforderlichen Eigenschaften aufweisen.

So bleibt den meisten Anwendern die „kleine Lösung“: Es müssen weniger gefährliche ES gefunden werden. Voraussetzung für deren Identifizierung sind valide Informationen über die sensibilisierende Wirkstärke (Potenz) der Inhaltsstoffe. Die Basis dieser „kleinen“ Substitution bilden die DGUV geförderten Projekte [4; 5] in Zusammenarbeit mit Arbeitsmedizin und Herstellern. Anhand von experimentellen Daten zu den jeweiligen Inhaltsstoffen mit allergischem Potenzial wird deren sensibilisierende Wirkstärke eingeordnet. Hierzu werden neben den Erfahrungen beim Menschen (Daten des IVDK und Literaturdaten; vgl. Abschnitt 2.2) ebenso Informationen aus Untersuchungen am Tier (in vivo), im Reagenzglas (in vitro) sowie modellierte Kenngrößen (in silico) herangezogen. Die Bewertung erfolgt

nach einem festgelegten Schema. Liegen ausreichende Daten vor, wird dem Stoff entweder eine hohe Sensibilisierungsstärke (Kategorie HS) oder eine mäßige bis geringe Sensibilisierungsstärke (Kategorie GMS) zugeordnet. Liegen für die Bewertung keine ausreichenden Daten vor, bekommt der Stoff die Kategorie U (ungenügende Daten). Im Rahmen der Arbeiten im AK EIS wurden aus allen Branchen bislang 91 relevante sensibilisierende Inhaltsstoffe identifiziert und die experimentelle Datenlage der noch nicht final einzuordnenden Stoffe überprüft. Insgesamt konnte 37 Stoffen eine eindeutige sensibilisierende Wirkstärke zugeordnet werden. Bei weiteren 16 Stoffen können anhand der vorliegenden Daten zumindest Tendenzen für die Wirkstärke beschrieben werden. Aufgrund der unzureichenden Datenlage kann bei den restlichen Stoffen keine Aussage (Kategorie U) gemacht werden. Die Ergebnisse der Wirkstoffbewertung von möglichen Inhaltsstoffen von ES bezüglich der genannten Kategorien finden sich auf den Seiten der BAuA [12].

Aktuell werden in einem neuen, von der DGUV geförderten Projekt weitere Inhaltsstoffe von ES-Komponenten auf ihre sensibilisierende Wirkstärke hin untersucht [13]. Besonders im Fokus ist dabei die Gruppe der sogenannten Präpolymere. Dabei handelt es sich um vorreagierte Epoxidharz-Amin-Mischungen, die noch einen Anteil freies Amin enthalten. Sie haben ein höheres durchschnittliches Molekulargewicht. Damit ist der erste Schritt zur Ausbildung einer Sensibilisierung – die Durchdringung der Haut – erschwert. Derartige Amine können aber in üblicher Weise appliziert werden und werden mit zunehmender Tendenz beispielsweise in Produkten für den Bausektor eingesetzt. Die bisher vorliegenden Informationen deuteten darauf hin, dass sie als Inhaltsstoffe der Härterkomponente generell eine geringere sensibilisierende Wirkstärke besitzen. Dies soll durch die Testung im Projekt gezielt untersucht werden.

3.2 Vergleich der sensibilisierenden Wirkstärke: Gemischerechner

Im Rahmen der früheren DGUV Projekte sollte auch ein Werkzeug zur Unterscheidung von Epoxidharzen mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen entwickelt werden, mit dessen Hilfe es möglich sein sollte, zwei technisch vergleichbare Epoxidharzprodukte bezüglich ihrer sensibilisierenden Wirkstärke miteinander zu vergleichen. Der sogenannte (EIS)-Gemischerechner [14] basiert auf dem Wirkfaktorenmodell der TRGS 600 von 2008. In ihrer aktualisierten Version ist das Modell nicht mehr enthalten, eignet sich jedoch auch weiterhin als Werkzeug für die Ermittlung weniger gefährlicher Produkte [15]. Für die Berechnung musste das eigentliche Wirkfaktorenmodell modifiziert werden, da dort unterschiedliche sensibilisierende Wirkstärken nicht berücksichtigt worden sind. Dazu wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Bewertung der Wirkstärke der Einzelstoffe erfolgt über eine Zuweisung von Zahlenwerten, (z.B. GMS (schwach) = 500; HS (stark) = 1 500).
- Sensibilisierende Stoffe, denen keine Wirkstärke zugewiesen werden konnte (Kategorie U), erhalten ebenfalls den Zahlenwert 1 500.
- Die Berücksichtigung der Konzentration (Mengen-%) von sensibilisierenden Inhaltsstoffen im Gemisch erfolgt entsprechend der Angaben im Sicherheitsdatenblatt. Dabei wird aber berücksichtigt, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Sensibilisierung und das Auftreten einer Allergie von der Dosis eines Stoffes ab-

hängt, wie er auf die Haut gelangen kann. Bei hohen Dosen ist keine deutliche Zunahme des Risikos mehr zu erwarten. Daher wird ab 40 % nur noch mit dem kleinen Faktor gerechnet.

- Wenn Inhaltsstoffe die Haut besonders schädigen und z. B. zu Verätzungen führen, ist eine erleichterte bzw. verstärkte Penetration zu erwarten. Für diesen Fall wurde ein Verstärkungsfaktor eingeführt. Dabei wird das Ergebnis der Berechnung der Komponente mit einem Faktor multipliziert, der dem Gehalt der Konzentration ätzender Stoffe dividiert durch 10 (Mindestwert bei Konzentrationen unter 10 % ist 1) entspricht. Weitere Eigenschaften, die die sensibilisierende Wirkstärke beeinflussen könnten wie der Gehalt an Lösemitteln, werden nicht berücksichtigt.
- Für die Berechnung der Gefährdungszahl des Produktes werden die Gefährdungszahlen der einzelnen Komponenten errechnet und daraus anhand des Mischungsverhältnisses die Gefährdungszahl des Produktes kalkuliert.
- Weitere gefährliche Eigenschaften werden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Bei besonders gefährlichen Eigenschaften wie krebserzeugende Wirkung oder Fruchtschädigung (Kategorie 1) erfolgt ein Warnhinweis ab einer Konzentration von mehr als 1 % im Gemisch.

Nutzer des Gemischerechners können die Daten der Sicherheitsdatenblätter und das Mischungsverhältnis der Komponenten eingeben und erhalten sowohl die Gefährdungszahlen für die einzelnen Komponenten und Produkte als auch den Vergleich der Produkte. Dabei arbeitet der Rechner mit Bandmodellen und bewertet Produkte als gleich, wenn deren Ergebnisse nur gering voneinander abweichen. Sind die Ergebnisse stark unterschiedlich, weist der Rechner auch die Komponente aus, die zu dem unterschiedlichen Ergebnis geführt hat.

Durch die Modifikation des Wirkfaktorenmodells wurde es möglich, Unterschiede in der sensibilisierenden Wirkstärke von Produkten zu erkennen. Eine Einschränkung des Rechners ist, dass außer den sensibilisierenden und ätzenden Wirkungen keine weiteren gefährlichen Eigenschaften unterschieden werden können. Nutzer müssen dies beachten und sollten z. B. stark lösemittelhaltige Produkte nicht mit lösemittelfreien vergleichen. Der Gemischerechner erkennt auch nicht, ob ein Stoff mit einem hohen oder niedrigen Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) verknüpft ist, da dieser meist nicht von der Stärke der sensibilisierenden Wirkung abhängt. Entsprechend liefert er keine integrative Gesamtbewertung aller gesundheitlichen und technischen Eigenschaften der zu vergleichenden Produkte. Dies muss bei der Anwendung der erzielten Ergebnisse berücksichtigt werden [16].

3.3 Branchenlösung für den Baubereich: GISCODE für Epoxidharze

Da bei der Ersatzstoffsuche neben den sensibilisierenden Eigenschaften und deren Wirkstärke auch andere gefährliche Eigenschaften berücksichtigt werden müssen, ist für die Bauwirtschaft in der Zusammenarbeit von Herstellern und der BG BAU der Gefahrstoff-Informationssystem-Code (GISCODE) für Epoxidharze modifiziert worden. Dabei wurden für die Gruppenbildung folgende Kriterien berücksichtigt:

- Sensibilisierende Eigenschaften ohne Differenzierung der Wirkstärke,
- Lösemittelgehalt,
- Giftigkeit,
- CMR-Eigenschaften.

Tabelle 3. GISCODE für Epoxidharze.

GISCODE	Produktgruppen
RE05	Epoxidharzdispersionen (beide Komponenten ohne H317)
RE10	Epoxidharzdispersion (nicht sensibilisierend) mit sensibilisierendem Härter
RE20	Epoxidharz-Produkte, sensibilisierend, total solid, nicht sensibilisierender wässriger Härter
RE30	Epoxidharz-Produkte, sensibilisierend, total solid
RE40	Epoxidharz-Produkte, sensibilisierend, lösemittelarm, nicht sensibilisierender Härter
RE50	Epoxidharz-Produkte, sensibilisierend, lösemittelarm
RE55	Epoxidharz-Produkte, RM-Verdacht, sensibilisierend, lösemittelarm bzw. total solid
RE60	Epoxidharz-Produkte, lösemittelhaltig (ohne H317)
RE70	Epoxidharz-Produkte, sensibilisierend, lösemittelhaltig
RE75	Epoxidharz-Produkte, RM-Verdacht, sensibilisierend, lösemittelhaltig
RE80	Epoxidharz-Produkte, giftige Einzelkomponente, sensibilisierend, lösemittelfrei, lösemittelarm bzw. total solid
RE90	Epoxidharz-Produkte, RM-Eigenschaften, sensibilisierend, lösemittelarm bzw. total solid

Tabelle 4. Chemikalienschutzhandschuhe für Tätigkeiten mit lösemittelfreien Epoxidharzen.

Hersteller	Beständig über eine Schicht	Kurzzeitige Beständigkeit
Fa. AMPri Handelsgesellschaft (www.ampri.de)	081307 SolidSafety High Risk Pro 01160 Clean Expert 081003 SolidSafety Food ChemN 081301 SolidSafety ChemP	081303 SolidSafety ChemN 01192 Med Comfort Blue 01194 Med Comfort Blue Ultra 300 01198 Blue Eco Plus 01240 Med Comfort Blue Ultra 400 081307 SolidSafety High Risk Pro 081303 SolidSafety ChemN
Fa. Ansell Healthcare Europe (www.ansell.com)	Alpha Tec® Sol-vex 37-900 Alpha Tec® Sol-vex 37-675 Alpha Tec® Sol-vex 37-695 Alpha Tec® 38-560	NT 14B PF G07B+ Touch'N'Tuff
Fa. KCL GmbH (www.kcl.de)	Camatril 730 Camatril 731 Camatril 732 VeroChem 754 Tricotril 736 Butoject 898 Butoject 897	Dermatril P
Fa. MAPA PROFESSIONNEL (www.mapa-professionnel.com)	MAPA Ultranitrl 480 MAPA Ultranitrl 492 MAPA Ultranitrl 493	Semperguard Nitrile
Fa. UVEX Safety Gloves (www.uvex-safety.de)	uvex rubiflex S NB35B uvex rubiflex S uvex rubiflex S XG35B uvex rubiflex protector NK4025B uvex profastrong NF33 uvex profabutyl B05R	uvex u-fit uvex u-fit lite

Anhand der Kriterien wurden die Gruppen gebildet (Tabelle 3).

Der Begriff „lösemittelfrei“ fehlt bei der Gruppenbezeichnung. Das begründet sich in dem Stoff Benzylalkohol, der in vielen ES als Beschleuniger verwendet wird und bei der Verarbeitung nur in geringen Mengen freigesetzt wird. Dies konnte durch Arbeitsplatzmessungen nachgewiesen werden, die die Einhaltung der

Grenzwerte bei der Verarbeitung belegen [17]. Bei der Gruppenbildung wurde daher auf die Definition „Total solid“ zurückgegriffen. Dabei darf der Massenverlust des angemischten Produktes nach 24 Stunden bei 23 °C maximal 1 %, nach weiteren 24 Stunden bei 80 °C ebenfalls 1 % und insgesamt maximal 2 % betragen [18].

Die Hersteller ordnen ihre Produkte einem GISCODE zu und weisen diesen im Sicherheitsdatenblatt, Technischen Merkblatt und auf dem Gebinde aus. Für die Produktgruppen stehen im Programm WINGISonline der BG BAU (www.wingisonline.de) Betriebsanweisungsentwürfe für unterschiedliche Anwendungsverfahren in 16 Sprachen zur Verfügung.

3.4 Prävention durch geeignete Schutzausrüstung

Die sicherste Methode, eine Sensibilisierung durch ES zu vermeiden, ist nach wie vor der Einsatz von PSA – auch, wenn das sensibilisierende Potenzial der Epoxidharz-Produkte zukünftig reduziert werden kann. Für lösemittelfreie Epoxidharze sind schon seit langem die über acht Stunden beständigen Chemikalienschutzhandschuhe sowie für den kurzzeitigen Einsatz ermittelt worden [3].

Bei der Auswahl von Chemikalienschutzhandschuhen (Tabelle 4) ist immer neben der Beständigkeit gegenüber den verwendeten Chemikalien auch zu berücksichtigen, ob es zu mechanischen Belastungen kommen kann, die zu einer Schädigung der Schutzhandschuhe führen. Auch ist beim Einsatz von Schutzhandschuhe immer zu berücksichtigen, dass Hautschutzmittel die Beständigkeit erheblich reduzieren kann, insbesondere wenn dünnere Handschuhe verwendet werden. Die Hände dürfen daher vor der Verwendung von Handschuhen nicht eingecremt werden. Chemikalienschutzhandschuhe verhindern die Schweißabgabe nach außen; zudem sind die Tragezeitbegrenzungen zu beachten. Es ist generell sinnvoll, Baumwollunterziehhandschuhe darunter zu tragen.

Besteht Gefahr von Spritzern, muss ein Einwegschutzanzug getragen werden. Beim Auftragen von Fußbodenbeschichtungen sind meist nur die Beine betroffen. Hier bieten inzwischen einige Hersteller Schutzhosen an. Diese werden von den Beschäftigten eher akzeptiert, da sie angenehmer zu tragen sind.

3.5 Prävention durch Schulung:

Projekt „EpoSafe@School“

Für die erfolgreiche Prävention epoxidharzbedingter (Haut-)Erkrankungen ist der Transfer aktueller, wissenschaftlicher Erkenntnisse zu diesen Themen in die Arbeitspraxis entscheidend. Hierbei können Multiplikatoren [19; 20] eine bedeutende Rolle spielen, indem sie (wissenschaftliche) Informationen erhalten und diese zielgruppenorientiert an betroffene Personengruppen – z. B. Arbeitskräfte in „Risikoberufen“ – weiterleiten. Auf diese Weise kann eine vergleichsweise kleine primäre Zielgruppe (Multiplikatoren) eine größere sekundäre Zielgruppe erreichen und Informationen multiplizieren. Für die Primärprävention bei der Verarbeitung von Epoxidharzen sollten z. B. die STOP-Regel sowie die korrekte Anwendung von PSA wie Schutzhandschuhe bereits in der Ausbildung zu einem selbstverständlichen Teil der Berufsausübung werden. Dieser Argumentation folgend, können unter anderem Lehrkräfte an Berufsschulen eine Schlüsselfunktion in der Prävention einnehmen und als Multiplikatoren für Auszubildende in exponierten „Risikoberufen“ fungieren.

Vor diesem Hintergrund hat die DGUV das Projekt „Prävention von Berufsdermatosen bei Auszubildenden mit Kontakt zu Epoxidharzen, EpoxSafe@School 1.0“ (FF-FP 0401) gefördert, das die Universität Osnabrück in Abstimmung mit dem AK Epoxidharze durchgeführt hat [6; 21]. Ziel des Projektes war die Entwicklung gesundheitspädagogischer Unterrichtsmaterialien, die Lehrkräfte in Berufsschulen zur Primärprävention von Berufsdermatosen bei Auszubildenden mit Epoxidharzkontakt einsetzen können. Inhalte sind unter anderem die Aufarbeitung der einschlägigen, wissenschaftlichen Literatur, die Analyse der curricularen Rahmenbedingungen (z. B. geeignete Ausbildungsberufe, Rahmenlehrpläne) und die Durchführung von Fokusgruppendifkussionen mit Lehrkräften zu den Anforderungen von Unterrichtsmaterialien und zur Rolle von Epoxidharzen im Unterricht [6; 21]. Hier zeigte sich unter anderem, dass Epoxidharze im Unterricht in den Bereichen Holz- und Bautechnik bisher nur eine untergeordnete Rolle spielen. Werden Epoxidharze im Unterricht behandelt, geschehe dies in einem zeitlich geringen Umfang und vor dem Hintergrund ihrer technischen Eigenschaften. Der Fokus liege nicht beim Arbeitsschutz.

Die Lehrkräfte sehen die Verantwortung für die Umsetzung von Hautschutzmaßnahmen insbesondere bei den Betrieben, den UVT und Herstellern. Nach ihrer Einschätzung gebe es zudem vielfach eine Diskrepanz zwischen der theoretischen Prävention und dem betrieblichen Alltag. Selbst wenn Auszubildende die erforderlichen Kenntnisse im Unterricht erlernen, könne es für sie herausfordernd sein, geeignete PSA und notwendige Schutzmaßnahmen einzufordern, wenn z. B. es von Vorgesetzten anders vorgelebt werde. Für die Unterrichtsmaterialien konnte daraus abgeleitet werden, dass neben den eigentlichen Kenntnissen auch die Kommunikation und Argumentation von Hautschutzmaßnahmen im Betrieb ein zentraler Baustein sein sollte. Vor dem Hintergrund der wahrgenommenen quantitativen Zunahme von Unterrichtsinhalten wurde Exemplarität für andere Themenfelder als eine der Anforderungen an Unterrichtsmaterialien genannt [21]. Am Beispiel von Epoxidharzen kann dies z. B. in Form von Experimenten umgesetzt werden, die das Phänomen der normalerweise unsichtbaren Permeation von Chemikalien durch flüssigkeitsdichte Schutzhandschuhe oder auch den Durchtritt von Flüssigkeiten durch nicht flüssigkeitsdichten, nitrilteilbeschichteten Handschuhen (gemäß DIN EN 388) visualisieren. Entsprechende Experimente wurden im Rahmen des Projektes entwickelt, verschriftlicht und den Lehrkräften als Videos bereitgestellt, sofern die praktische Umsetzung im Unterricht nicht möglich ist. Daher kann die Anwendung von PSA auf diese Weise auf andere Themenbereiche übertragen werden.

4 Zusammenfassung und Anregung für weitere Information

Die Suche nach weniger gefährlichen Produkten ist bis heute vergleichsweise selten erfolgreich. Ein Beispiel für die Nutzung von Alternativen sind Estriche, die für das Verlegen von Bodenbelägen oder Holzfußböden eine zu hohe Feuchtigkeit aufweisen. Hier erzielen in den meisten Fällen Dispersions- und Polyurethangrundierungen die gleichen Ergebnisse wie Epoxidharzgrundierungen [6]. Ein weiteres Beispiel ist der Einsatz von Epoxidharzen zum Verharzen von Rissen in Estrichen. Hier können Produkte auf Basis von Wasserglas, Isocyanaten oder Silanen verwendet werden.

In den meisten Fällen werden ES jedoch unverzichtbar bleiben. Daher ist es von größter Wichtigkeit, dass die Informationen rund um die technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen möglichst breit zu den Anwendern kommuniziert werden. Die Aktivitäten und Ergebnisse zum Thema „Sicherer Umgang mit Epoxidharzen“ des AK Epoxidharze, AK EIS und anderer Forschungsprojekte werden auf Seiten der BAuA präsentiert (www.baua.de/epoxidharze). Dort finden sich auch Listen von Herstellern, deren Produkte die Anforderungen des AK Epoxidharze an die Sicherheit der Gebinde und mitgelieferten Informationen (Technisches Merkblatt, Sicherheitsdatenblatt, beispielhafte Betriebsanweisungen) erfüllen. Außerdem gibt es aktuelle Links zu weiterführenden Informationen (Schulungsmaterial für den Unterricht, Handschuhempfehlungen, Gemischerechner, Gefahrstoffinformationen).

Obwohl die Fallzahlen in der Berufskrankheiten-Statistik zwar rückläufig, aber weiterhin hoch sind, ist es wahrscheinlich, dass die Aktivitäten des AK Epoxidharze durchaus wirksam sind, da die Anwendung von ES stetig zunimmt. Die Fallzahlen sollten zukünftig auch weiter sinken, wenn der Anteil der gut geschulten Anwender weiter steigt, Hygienevorschriften insbesondere im Hinblick auf die Verwendung der notwendigen PSA besser beachtet werden und es gelingt, zunehmend ES mit geringerer sensibilisierender Wirkstärke zu entwickeln.

Als Randnotiz bleibt anzumerken, dass ES mittlerweile standardmäßig in Heimwerkermärkten angeboten werden. Hinweise auf die nötigen Sicherheitsmaßnahmen sind jedoch leider eher Mangelware.

WICHTIGE PRÄVENTIONS- MAßNAHMEN FÜR DEN SICHEREN UMGANG MIT ES:

- Schulung zum richtigen Umgang mit dem jeweiligen Produkt
- Hautkontakt unbedingt vermeiden:
 - Arbeitskleidung mit langen Ärmeln und Hosenbeinen
 - Chemikalienschutzhandschuhe (wichtig: die Handschuhe richtig wechseln, ohne die Haut dabei zu verschmutzen)
 - Schutzbrille
- Falls Hautkontakt auftritt: unmittelbares Reinigen der Haut mit milden Reinigungsmitteln
- Hygiene:
 - regelmäßiges Händewaschen
 - Kleidung wechseln nach der Arbeit (wichtig: keinesfalls darf mit Epoxidharz verschmutzte Kleidung nach Arbeitssende, z. B. auf dem Nachhauseweg, weiter getragen werden.)
- Hautpflege

Literatur

- [1] Geier, J.; Uter, W.; Lessmann, H.; Hillen, U.; Goergens, U.; Kersting, K. et al.: Kontaktallergien gegen Epoxidharze – ein unterdiagnostiziertes Problem. *Allergo Journal* 12 (2003) Nr. 5, S. 323-328.
- [2] Kersting, K.; Rühl, R.; Heine, K.; Kalberlah, F.; Geier, J.: Ein Bündel von Maßnahmen zur Absenkung des Allergierisikos durch Epoxidharze. *Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft* 73 (2013) Nr. 5, S. 203-208.
- [3] Handschuhe für den Umgang mit lösemittelfreien Epoxidharzen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Berlin. www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/gefahrstoffe-beim-bauen-renovieren-und-reinigen/epoxidharze/handschuhe/
- [4] Heine, K.; Kalberlah, F.; Hassauer, M.; Geier, J.; Lessmann, H.: Vergleichende gesundheitliche Bewertung von Epoxidharzsystemen unter Berücksichtigung sensibilisierender Wirkstärke (FP-0384). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp0384.jsp
- [5] Heine, K.; Kalberlah, F.; Hassauer, M.; Geier, J.; Lessmann, H.: Ranking von Stoffen in Epoxidharzsystemen aufgrund ihrer sensibilisierenden Wirkstärken (FP-0324). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp_0324.jsp
- [6] Wilke, A.; Hansen, A.; Ludewig, M.; Rocholl, M.; John, S. M.: Prävention von Berufsdermatosen bei Auszubildenden mit Kontakt zu Epoxidharzen (EpoXSafe@School 1.0) (FF-FP 0401). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp0401.jsp
- [7] Schnuch, A.; Uter, W.; Lessmann, H.; Geier, J.: Klinische Epidemiologie und Prävention der Kontaktallergien. Der Beitrag des Informationsverbundes Dermatologischer Kliniken (IVDK). *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 55 (2012) Nr. 3, S. 329-337.
- [8] Aalto-Korte, K.; Kuuliala, O.; Henriks-Eckerman, M.-L.; Suuronen, K.: Contact allergy to reactive diluents and related aliphatic epoxy resins. *Contact Dermatitis* 72 (2015) Nr. 6, S. 387-397.
- [9] Aalto-Korte, K.; Suuronen, K.; Kuuliala, O.; Henriks-Eckerman, M.-L.; Jolanki, R.: Contact allergy to epoxy hardeners. *Contact dermatitis* 71 (2014) Nr. 3, S. 145-153.
- [10] Spee, T.; Timmermann, J. G.; Rühl, R.; Kersting, K.: Determinants of epoxy allergy in the construction industry: a case-control study. *Contact Dermatitis* 74 (2016) Nr. 5, S. 259-66.
- [11] Suuronen, K.; Bäck, B.; Aalto-Korte, K.; Pesonen, M.; Jungewelter, S.; Henriks-Eckerman, M.-L. et al.: Skin exposure to epoxy chemicals in construction coating, assessed by observation, interviews, and measurements. *Contact Dermatitis* 80 (2019) Nr. 1, S. 18-25.
- [12] E I S Epoxidharz-Inhaltsstoffe-Bewertung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Berlin. www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/Arbeiten-mit-Gefahrstoffen/Stoffinformationen/Epoxidharze/EIS.html
- [13] In-vitro-Testung der hautsensibilisierenden Wirkstärke von Inhaltsstoffen aus Epoxidharzsystemen mit Schwerpunkt der Testung sogenannter Präpolymere. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ff-fp0451.jsp
- [14] Arbeitskreis Epoxidharz-Inhaltsstoffe (AK EIS), 2020. EIS-Gemischerechner. Erstellt im Auftrag des Arbeitskreises Epoxidharz-Inhaltsstoffe, <https://www.eis-epoximixrechner.de/>
- [15] Stöffler, B.: Substitution von Gefahrstoffen: Gefährliche Stoffe und Verfahren ersetzen – TRGS 600 umsetzen. Hamburg: ecomed Sicherheit 2014.
- [16] Heine, K.; Kalberlah, F.: Sichere Verwendung von Epoxidharzprodukten. *sicher ist sicher* 71 (2020) Nr. 1, S. 4.
- [17] Benzylalkohol bei Epoxidharzbeschichtungen. Stoffbezogene Expositionsbeschreibungen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Berlin. www.bgbau.de/fileadmin/Gisbau/ExpoBeschreibung/BenzylalkoholEpoxidharzeDE.pdf
- [18] Prüfverfahren zur Bestimmung des Masseverlustes und Einordnung eines Epoxidharzsystems als „Total solid“, Merkblatt Deutsche Bauchemie. Hrsg.: Deutsche Bauchemie, 2008.
- [19] Anders, M. P.; Baumann, E.; Breitbart, E. W.: Prävention von Hautkrebs. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 57 (2014) Nr. 3, S. 343-350.
- [20] Blümel, S.; Lehmann, F.: Zielgruppen, Multiplikatorinnen und Multiplikatoren. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung. S. 575-579. Gamburg: Verlag für Gesundheitsförderung 2011.
- [21] Wilke, A.; Hansen, A.; Ludewig, M.; Rocholl, M.; John, S. M.: Prävention berufsbedingter Erkrankungen durch Lehrkräfte. *Prävention und Gesundheitsförderung* (2020), S. 1-8.

Dr. rer. nat. Klaus Kersting,
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Frankfurt am Main.

Prof. Dr. med. Johannes Geier,
Informationsverbund Dermatologischer Kliniken (IVDK), Göttingen.

M. A. Andreas Hansen,

Dr. rer. medic. Annika Wilke,
Institut für interdisziplinäre Dermatologische Prävention und Rehabilitation (iDerm), Osnabrück

Dr. rer. nat. Karin Heine,
Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH, Freiburg.

Dr. rer. nat. Marco
Steinhausen,
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), St Augustin.