

Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik

Ausführliches Branchenbild aus dem Risikoobservatorium der DGUV

1 Hintergrund

In keinem anderen Land in Europa gibt es so viele Glas produzierende Unternehmen wie in Deutschland. Im Jahr 2018 beschäftigt die deutsche Glasindustrie 56 288 Menschen, die in überwiegend mittelständischen Industriebetrieben Glas herstellen, veredeln und verarbeiten 2018 belief sich deren Gesamtumsatz auf rund 10,05 Milliarden Euro. Gemessen an der Beschäftigtenzahl ist die Flachglasherstellung und -veredelung mit rund 52 % die größte Teilbranche, gefolgt von der Hohlglasherstellung mit 26 % [1]. Die deutsche Glasbranche gilt als besonders innovationsstark, Grundvoraussetzung hierfür ist ein hohes Qualifikationsniveau der Beschäftigten.

Die Bandbreite der keramischen Industrie reicht von Kalksandsteinwerken über die Feuerfestindustrie bis hin zur Porzellanherstellung. Mit einem Gesamtumsatz von 8,3 Milliarden Euro und rund 42 200 Mitarbeitern (Stand 2016) ist die keramische Industrie ein bedeutender Teil der deutschen Industrie. Die Feinkeramik ist mit ca. 20 000 Beschäftigten die größte Teilbranche, es folgen die Branche Ziegel- und Baukeramik (etwa 6 200 Beschäftigte) sowie die Sparte Feuerfest und Säureschutz (etwa 5 600 Beschäftigte) [2]. Insgesamt gibt es im Jahr 2017 in der Branche „Herstellung von Glas-, Keramik- und Steinwaren“ 992 Betriebe [3].

Die Menschen, die in der Glas- und Keramikbranche arbeiten, sind einer Reihe von Gefährdungen ausgesetzt: Die Keramik- und Glasberufe gehören zu den Berufsgruppen mit einer sehr hohen Krankheitslast, d. h. einer Häufung von Arbeitsunfähigkeit oder Frühberentung, tatsächlich liegen sie bei den Männern sogar auf dem ersten Platz [4]. Auch Arbeitsunfälle kommen häufig vor: In der Glas- und Keramikbranche liegt im Jahr 2016 die relative Unfallhäufigkeit – die Zahl der meldepflichtigen Unfälle je 1 000 Versicherte – bei etwa 32 [5]. Dies ist, verglichen mit der gewerblichen Wirtschaft insgesamt, ein deutlich erhöhter Wert – dort beträgt die relative Unfallhäufigkeit lediglich knapp 23 [6]. Die Teilbranchen im Glas- und Keramiksektor weisen allerdings sehr unterschiedliche Unfallzahlen auf. So beträgt die relative Unfallhäufigkeit der Unternehmen in der Grobkeramikbranche fast 39, in der Glasindustrie etwa 35 und im Bereich Feinkeramik nur knapp 21 [5]. Unter anderem lässt sich dieser Unterschied damit begründen, dass in der Feinkeramikindustrie die Automation teilweise stärker vorangeschritten ist als in den beiden anderen Branchenzweigen. Infolgedessen sinkt in der Regel auch das Gefährdungspotenzial, vermutlich infolge eines reduzierten Kontakts der Beschäftigten mit Stoffen und erhöhten Temperaturen [7].

Trotz der in der Gesamtbranche hohen Unfallzahlen ist eine positive Tendenz erkennbar – in absoluten und relativen Zahlen. Im Jahr 2016 sind 4 598 Unfälle zu verzeichnen, das entspricht einem Rückgang um knapp 5 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahr. Auch die relative Unfallhäufigkeit ist gesunken und liegt 2016 auf dem niedrigsten Stand seit 2008. Dieser rückläufige Trend zeigt sich in allen drei Teilbranchen: Den stärksten Rückgang bei den Unfallzahlen weisen die Unternehmen der Grobkeramik auf (6,5 Prozentpunkte), in der Glasindustrie sank die Zahl der Arbeitsunfälle um 5,1 Prozentpunkte, in der Feinkeramikbranche um 2,1 Prozentpunkte [5]. Dies scheint auch ein Effekt der Präventionsarbeit der letzten Jahre zu sein [7].

Das Berufskrankheitsgeschehen spiegelt in erster Linie die Exposition gegenüber krebserzeugenden, reizenden oder sensibilisierenden Stoffen sowie einer hohen Lärmbelastung wider: Im Zeitraum von 2012 bis 2016 gab es insgesamt 909 bestätigte Fälle von Berufskrankheiten (BK) in der Glas- und Keramikbranche, darunter sind 294 durch Krebs verursachte Fälle (Asbestose, Lungenkrebs, Kehlkopfkrebs, Silikose, Mesotheliom), 379 BK-Fälle infolge von Hautkrankheiten und 251 BK-Fälle infolge von Lärm. Im Vergleich zum Zeitraum von 2007 bis 2011 hat sich die Zahl der bestätigten Fälle von Berufskrankheiten durch Krebs um fast 24 % verringert, bei den BK-Fällen infolge von Lärm beträgt der Rückgang etwas mehr als 7 % [8]. Diese Zahlen untermauern den Eindruck, dass die Prävention in diesen Bereichen Erfolge zeigt.

Die Glas- und Keramikindustrie ist eine Branche mit sehr unterschiedlichen Arbeitsbedingungen und grundverschiedenen Risiken und Belastungen. In weiten Bereichen handelt es sich bereits jetzt um eine Hightech-Branche, die innovationsstark ist, über einen beträchtlichen Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad verfügt, einen großen Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften aufweist und hohe Anforderungen an die technologische Kompetenz des Personals stellt. In den kommenden Jahren wird der digitale Wandel noch an Fahrt gewinnen. Industrielle Systeme und Anlagen, aber auch Arbeitsabläufe und -prozesse werden immer komplexer und bergen damit das Risiko einer andauernden Überforderung der Beschäftigten.

Trotz dieser in vielen Zweigen der Glas- und Keramikbranche weit verbreiteten Technologisierung hat die Branche auch noch eine zweite Seite, die von lange bekannten Risiken geprägt ist: Viele Beschäftigte – vor allem in der Produktion – sind (noch immer) einer erheblichen Lärmbelastung ausgesetzt, müssen in großer Hitze bzw. mit Hitzeschutzkleidung arbeiten, mit schweren Lasten umgehen oder über lange Zeiträume in Zwangshaltungen arbeiten. Überdies sind sie bei einer Reihe von Tätigkeiten gegenüber Gefahrstoffen exponiert, die teilweise ein kanzerogenes oder mutagenes Potential aufweisen. Die Verfahrenstechnik erlaubt oftmals noch keine Abläufe und Produktionsprozesse unter günstigeren Bedingungen; auch finden sich oft keine geeigneten, weniger gefährlichen Ersatzstoffe. Häufig treten mehrere der genannten Belastungen der Beschäftigten in Kombination auf, in vielen Fällen verschärft die in diesem Sektor übliche Schichtarbeit die Belastungssituation.

Neben diesen „klassischen“ Faktoren und der oben beschriebenen Digitalisierung bestimmen auch aktuelle gesellschaftliche Entwicklungen die Arbeitswelt der Branche und führen zu neuen Risiken. Hierzu zählen der demografische Wandel, die zunehmende Überalterung der Beschäftigten und der damit eng zusammenhängende Mangel an Fachpersonal. Wenn die geburtenstarken Jahrgänge in absehbarer Zeit in den Ruhestand gehen, kann sich das nicht nur ungünstig auf die wirtschaftliche Situation und die Innovationsfähigkeit der Branche auswirken, sondern auch auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, da praktische Fähigkeiten und Erfahrungswissen verloren gehen.

Tabelle 1 zeigt, welche aktuellen Trends und Entwicklungen die Branche „Glas, Glaswaren, Keramik“ hinsichtlich der Sicherheit und Gesundheit in der nahen Zukunft beeinflussen werden. Diese Einschätzungen wurden im Rahmen des Risikoobservatoriums der DGUV erhoben und stammen von Aufsichtspersonen und anderen Präventionsfachleuten der gesetzlichen Unfallversicherung. Die einzelnen Entwicklungen werden im Folgenden detaillierter erläutert.

Tabelle 1: Rangreihung der bedeutsamsten Entwicklungen im Hinblick auf den Arbeitsschutz der nahen Zukunft in der Branche „Glas, Glaswaren, Keramik“ als Ergebnis der Befragungsstufe 2 des Risikoobservatoriums der DGUV, 2018¹

Rang	Entwicklung
1	Lärm
2	Kanzerogene und mutagene Substanzen
3	Komplexität von Mensch-Maschine-Schnittstellen
4	Langanhaltende und/oder einseitige Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems
5	Demografischer Wandel und unausgewogene Altersstruktur
6	Thermische Exposition
7	Fachkräftemangel

1.1 Physikalische und chemische Einwirkungen

Zu den Belastungsfaktoren infolge von physikalischen und chemischen Einwirkungen zählen Lärm, Hitze, übermäßige Beanspruchungen des Muskel-Skelett-Systems sowie die häufige Arbeit mit krebserregenden oder mutagenen Substanzen.

1.1.1 Lärm

In der Branche Glas und Keramik ist die Lärmschwerhörigkeit die am häufigsten angezeigte Berufskrankheit [9]. Die hohe Prävalenz dieser Krankheit korreliert mit dem hohen Altersdurchschnitt dieser Branche (s. Abschnitt „Gesellschaftliche Entwicklungen“) – eine Lärmschwerhörigkeit tritt erst viele Jahre oder Jahrzehnte nach der Exposition auf. Für die kommenden Jahre besteht allerdings die Möglichkeit, dass technologische Weiterentwicklungen, leisere Prozesse und Verfahren, eine erhöhte Aufmerksamkeit für das Thema Lärm und eine konsequentere Nutzung von individuell angepasstem Gehörschutz Wirkung zeigen und die Zahl der Fälle von Lärmschwerhörigkeit zurückgehen werden.

Die Lärmbelastung in der keramischen und Glas-Industrie ist bisweilen erheblich, eine Vielzahl der Arbeiten in diesem Sektor sind mit Lärm verbunden, der ein gehörschädigendes Potential aufweist. Beispielsweise werden an IS-Maschinen (benannt nach ihren Erfindern Ingle und Smith) Hohlglasgefäße wie etwa Flaschen hergestellt. Dieser Prozess geht mit Tageslärmaxpositionenpegeln zwischen 100 und 106 Dezibel (dB) einher. Die Beschäftigten können sich von den IS-Maschinen allerdings nicht völlig fernhalten, zur Überwachung müssen sie an die Maschinen herantreten, ebenso zum Schmieren der Formen und zur Kontrolle der Produkte. Die Lärmexposition lässt sich

¹ Es gibt zwei Befragungsstufen. Die Präventionsfachleute bewerten in Stufe 1 die Bedeutung von circa 40 Entwicklungen ihrer Branche auf einer Skala von 1 bis 9. Durch statistische Berechnungen (Bildung von Konfidenzintervallen um die Mittelwerte), die berücksichtigen, wie eng die Bewertungen einzelner Entwicklungen beieinanderliegen, werden die bedeutendsten Entwicklungen extrahiert. Ihre Anzahl kann je nach Branche (deutlich) variieren. In Stufe 2 bilden die Präventionsfachleute aus diesen wichtigsten Entwicklungen eine endgültige Rangreihe.

durch eine Produktion in schallgedämmten Schaltwarten begrenzen. An den Maschinen selbst sind die technischen Möglichkeiten ausgeschöpft, der Lärm lässt sich nicht weiter reduzieren [10].

Auch NIS-Maschinen, eine neue Generation von Formgebungsmaschinen, bei denen pneumatische und hydraulische Antriebe durch servoelektrische Antriebe ersetzt sind, weisen noch Pegel von mindestens 95 Dezibel auf. Eine weitere Lärmquelle stellen die Blasgeräusche der Kühlluft dar. Auch hier stellt sich eine deutliche Lärmreduktion als schwierig dar, nach derzeitigem Stand lassen sich die Geräusche infolge der Kühlung nicht weiter reduzieren [10].

In der Nachbearbeitung und Veredelung von Hohlglas sind vor allem die Tätigkeiten beim Hohlglas-schleifen und Gravieren mit der biegsamen Welle mit sehr hohen Lärmbelastungen von teilweise über 90 dB verbunden; Band- und Scheibenschleifen, Sägen, Bohren und Absprengen führen zu Tages-Lärmexpositionspegeln um oder über 85 dB. Beim Gravieren und Sandstrahlen werden erfahrungsgemäß Tages-Lärmexpositionspegel ab 80 dB erreicht [11]. Die Belastungsspitzen an einer Dachziegelpresse können bis zu 88 dB betragen [12].

In der Hohlglasindustrie ist daher der Einsatz von Gehörschutzstöpseln unvermeidlich, die Verwendung von Kapselgehörschützern ist aufgrund der Arbeitsbedingungen nicht möglich. Hier besteht grundsätzlich die Gefahr, dass die persönliche Schutzausrüstung nicht systematisch oder unsachgemäß verwendet wird. Gegenüber herkömmlichen Gehörschutzstöpseln ist deshalb der Einsatz von individuell angepasstem Gehörschutz (Otoplastik) zu bevorzugen.

Lärm kann auch die sprachliche Kommunikation stören und die Betroffenen besonders bei geistig anspruchsvollen Aufgaben stark beanspruchen. Dies beeinträchtigt Konzentration, Aufmerksamkeit und Gedächtnis und vermindert die Arbeitsleistung. Auch das Unfallrisiko steigt, wenn beispielsweise Beschäftigte Signale oder Warnrufe überhören oder sich aufgrund einer Schreckreaktion infolge einer unerwarteten Geräuscheinwirkung falsch verhalten. Diese Auswirkungen von Lärm sind in der Glas- und Keramikindustrie besonders zu beachten, da es sich um eine unfallträchtige Industriebranche handelt, deren Herstellungsprozesse hochkomplex sind und Fehler etwa bei der Arbeit an Hochöfen äußerst schwerwiegende Folgen haben können. Die kombinierte Belastung, z. B. mit Hitze oder mit einer erhöhten Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems, verstärkt die Einwirkung des Stressors Lärm zusätzlich.

1.1.2 Hitze und Strahlung

An den Glasschmelzöfen, bei der Hohlglasfertigung, beim Feuerpolieren und anderen Anlagen der Glasindustrie sind die Beschäftigten teilweise erheblichen Belastungen durch Hitze ausgesetzt. Bei Hitze führt die kombinierte Belastung aus Hitze, körperlicher Arbeit und gegebenenfalls isolierender Bekleidung zu einer Erwärmung des Körpers und damit zu einem Anstieg der Körpertemperatur. Steigt die Umgebungstemperatur über 26 °C an, können Konzentrationsmängel, Leistungsabfall, Erschöpfung und Ermüdung auftreten. So erhöht sich das Risiko für Fehler und Unfälle. Eine sehr starke Wärmeinwirkung belastet auch das Herz-Kreislauf-System, die Atemwege und den Wasser- und Elektrolythaushalt. Im Extremfall können bei starker Überlastung des Organismus Hitzekrämpfe, Kreislaufkollaps oder Hitzschlag die Folge sein [9; 13].

An den Maschinen der Hohlglashütten, mit denen Hohlglaskörper hergestellt werden, wird heißflüssige Glasmasse verformt, sodass die Beschäftigten einer intensiven Wärme- bzw. Infrarotstrahlung ausgesetzt sind, die Haut und Augen schädigen kann. Je nach Wellenlänge, Strahlungsintensität und Einwirkdauer können akute thermische Schädigungen oder Erkrankungen die Folge sein. Bei den Augen könnten vor allem zwei Schädigungen auftreten: akute thermische Schädigungen der Netzhaut oder Schäden durch die langfristige Einwirkung von Infrarotstrahlung – als Folge langjähriger Beobachtens glühender Massen [14]. Dies kann eine Trübung der Augenlinse

bewirken, den sogenannten Grauen Star oder Katarakt. Diese Erkrankung – branchenintern auch Glasbläser-, Wärme- oder Feuerstar genannt – wird als Berufskrankheit „Grauer Star durch Wärmestrahlung“ (BK 2401) geführt.

Trifft Infrarotstrahlung mit hoher Intensität auf ungeschützte Haut, kann es zu Verbrennungen kommen. In welchem Maß die Strahlung in das Gewebe der Haut oder der Augen eindringt, ist dabei von der jeweiligen Wellenlänge abhängig [15]. Auch bei direktem Kontakt mit heißen Oberflächen oder Flüssigkeiten können lokale Gewebeschäden wie Verbrennungen und Verbrühungen entstehen [16].

Auch wenn IS-Maschinen weitgehend autark arbeiten, ändert dies wenig an der Hitzebelastung der Beschäftigten durch Strahlungshitze und heiße Maschinenteile. Auch Unfälle sind durch moderne Maschinen nicht völlig zu vermeiden: Schmier- und Überwachungstätigkeiten an den Anlagen bergen weiterhin Unfallgefahren. Zudem sind Anfahr- oder Startprozesse der Maschine risikobehaftet [17].

1.1.3 Belastungen des Muskel-Skelett-Systems

Die Arbeit in der Glas- und Keramikbranche findet nicht nur oft bei hohen Temperaturen statt, sondern kann darüber hinaus anstrengende Arm- und Körperarbeit sein. Trotz einer steigenden Automatisierungsrate gibt es noch verhältnismäßig viele Tätigkeiten mit manueller Lastenhandhabung, mit erzwungenen Körperhaltungen, einer erhöhten Kraftanstrengung oder Krafteinwirkung sowie Repetitionscharakter. In der Keramikbranche ist am Anfang des neuen Jahrtausends die Zahl der Fehltage aufgrund von Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems deutlich nach oben gegangen [18]. Zu den belastenden Tätigkeiten gehören beispielsweise die Ofenreparatur im heißen Ofen oder das Einlegen von Gemenge in Glashütten [14].

Auch das Ein- und Aussetzen in der grobkeramischen Industrie findet häufig noch manuell statt. Hierzu gehören beispielsweise das Setzen von Sanitärkeramiken auf einen Ofenwagen zum Transport in die Weißputzkabinen und das Entladen dort. Zunehmende Stückzahlen und ein hohes Gewicht der Keramiken bedeuten erhebliche Rückenbelastungen für die Beschäftigten. Allerdings macht man bei diesen Tätigkeiten in steigendem Maße von Teleskopschlitzen und höhenverstellbaren Tischen sowie bei ähnlichen Arbeiten im Kommissionierungsbereich von automatischen Verpackungsanlagen mit Hubtischen und Hebehilfen Gebrauch [18], ein Trend, den es im Sinne der Prävention zu stärken gilt.

Ein Arbeitsbereich in der Glasindustrie, in dem besonders intensive Belastungen für das Muskel-Skelett-System auftreten, ist die Wartung und Instandhaltung der glasverarbeitenden Maschinen. Speziell in der Hohlglasproduktion sind die Maschinen überdurchschnittlich groß, überdies sind die Motoren und Getriebe oft in Positionen eingebaut, die nur schwer zugänglich sind und in denen sich nur in belastenden Haltungen arbeiten lässt. Entweder müssen die Beschäftigten die Teile über Kopf im Liegen oder in großer Höhe ausbauen. Diese Tätigkeiten stellen eine große Belastung für die Rückenmuskulatur und die Bandscheiben dar – rüchenschonendes Arbeiten ist da schwierig [19].

Auch der Austausch von Glas- oder Ziegelformen belastet das Muskel-Skelett-System verstärkt, da diese Verschleißteile bis zu 25 kg wiegen und teils täglich gewechselt werden müssen. Oft sind die Maschinen mit Hubwagen nicht direkt erreichbar, sodass die Beschäftigten die Formen über mehrere Meter hin und her tragen müssen und immense Belastungen für Wirbel und Bandscheiben auftreten. Auch Nachsortierungsarbeiten und das Zuschneiden von Flachglas bergen Risiken für den Rücken, falls diese Arbeiten nicht an höhenverstellbaren Tischen erfolgen. Belastungssteigernd wirken außerdem ungeeignete, nicht rutschfeste Fußböden sowie fehlende oder nicht genutzte Hilfsmittel, z. B. Vakuumhebehilfen für Flachgläser oder Fächerwagen [19].

1.1.4 Gefahrstoffe

In der Glas- und Keramikherstellung sind die Beschäftigten immer noch sehr häufig inhalativen Expositionen gegenüber diversen Gefahrstoffen ausgesetzt. So kommt es zum Beispiel bei vielen Verarbeitungsprozessen zur Freisetzung silikogener Stäube. Diese quarzhaltigen Stäube können Krebserkrankungen der Atemwege verursachen [20]. Krebserzeugende Metallstäube werden unter anderem beim Schleifen von Legierungen mit Funkenbildung und beim Schweißen freigesetzt. Arsenverbindungen werden gelegentlich noch als Zusatzstoffe in Glasgemengen genutzt, schwermetallhaltige Pigmente (Nickel-, Cobalt- und Cadmiumverbindungen) finden in der keramischen Industrie Anwendung. Nickel und seine Verbindungen sind zum Beispiel in der Formenwerkstatt und beim Nickelauftragsschweißen in der Hohlglasindustrie, in verschiedenen Bereichen der technischen Keramik und in Glasuren sowie beim Schleifen, Schweißen, Schneiden und Bohren nickelhaltiger Werkstoffe anzutreffen. Nickeloxide und Nickelmischoxide sind meist als krebserzeugend in die Kategorie 1A (bekannte katzinogene Wirkung beim Menschen), Nickelmetall in reiner Form oder als Legierung in die Kategorie 2 (Verdacht auf karzinogene Wirkung beim Menschen) eingestuft [21].

Eine Substitution der krebserzeugenden Metalle in Abhängigkeit von den jeweils erforderlichen Eigenschaften der Werkstoffe ist in der Regel schwierig, und es besteht keine Möglichkeit, auf deren Verwendung zu verzichten. Dies ist etwa bei Titandioxid der Fall, das in der Glasindustrie sowohl zur Herstellung von Spezialglas als auch von Flachglas verwendet wird. Bei Titandioxid besteht der Verdacht auf eine krebserregende Wirkung, wenn es mit der Atemluft aufgenommen wird. Aber: Kein anderer Stoff bewirkt dieselben positiven Eigenschaften des Glases [22]. Wenn krebserzeugende Metalle als Verunreinigung bei der Erzeugung vorkommen, ist eine Substitution noch schwieriger und nur sehr begrenzt möglich [23].

Die wirksamste technische Maßnahme bei Gefahrstoffexpositionen ist das Arbeiten in geschlossenen Anlagen bzw. bei vollständiger Kapselung. In einem geschlossenen System mit automatischer Rohstoffzuführung werden alle Stoff- und Prozesswerte durch moderne Steuerungstechnik erfasst und gesteuert. [24]. Nicht alle Arbeiten und Prozesse sind indes auf diese Weise durchführbar. Dazu zählen z. B. Reinigungs- und Reparaturarbeiten in engen Räumen, Arbeiten in Filterkammern oder manuelle Abbrucharbeiten mit Druckluftwerkzeugen. Darüber hinaus können besonders bei der manuellen Bearbeitung von mineralischen Erzeugnissen mit modernen Hochleistungswerkzeugen extrem hohe Staubbelastungen auftreten [25]. Auch bei der Produktion von Kalksandsteinen handelt es sich um ein offenes System. Hier besteht beim Be- und Entladen der Härtekessel die Gefahr einer erhöhten Exposition gegenüber Hydrazin, das als Korrosionsinhibitor verwendet wird und als krebserzeugend in die Kategorie 1B (wahrscheinlich karzinogen beim Menschen) eingestuft ist [26].

Aus Erzen, Gemischen, Legierungen und Erzeugnissen (etwa nickelhaltigen Schweißelektroden), die in der Branche Verwendung finden, können bei bestimmten Tätigkeiten ebenfalls krebserzeugende Metalle und ihre Verbindungen entstehen oder freigesetzt werden, zum Beispiel durch thermische oder mechanische Bearbeitungsverfahren [27]. Desgleichen erfordert auch die Herstellung von Solarzellen in vielen Fällen den Einsatz giftiger oder ätzender Gefahrstoffe, die teilweise zugleich kanzerogen und mutagen wirken – wie etwa Arsen und Cadmium und ihre anorganischen Verbindungen [28; 29]. In vielen Fällen ist es nicht möglich, für diese Stoffe geeignete Substituenten zu verwenden. Teilweise spielen auch finanzielle Gründe eine Rolle oder gesetzliche Regelungen. So sind beispielsweise Photovoltaikanlagen von einer Begrenzung des Cadmiumanteils in Elektro- und Elektronikgeräten ausgenommen [30].

Bei der Herstellung von Isolierglasscheiben werden Silikondicht- und -klebstoffe eingesetzt. Je nach verwendetem Silikonsystem wird beim Aushärten 2-Butanonoxim (Methylethylketoxim – MEKO) freigesetzt, dieser Prozess kann mehrere Tage andauern. Einige Stunden nach der Verarbeitung

liegen die Expositionswerte etwa zehnmal höher als bei der Verarbeitung. MEKO steht im Verdacht, krebserzeugend beim Menschen zu sein, eine Höherstufung des krebserzeugenden Potenzials in die Kategorie 1B ist zu erwarten. Eine Substitution von MEKO durch Alkoxysysteme ist daher im Einzelfall zu prüfen. Bei diesen werden lediglich Ethanol und Methanol beim Härten freigesetzt [27].

Die Feuerfestindustrie verwendet zur Herstellung hitzebeständiger Steine und Platten Teerpeche, die durch Pyrolyse entstehen. Pyrolyseprodukte werden durch eine thermochemische Spaltung von organischem Material (Steinkohle, Braunkohle, Öl, Holz) gewonnen. Durch die destillative Auftrennung der Pyrolyseprodukte entstehen Destillate und Peche. Bei Tätigkeiten mit Pyrolyseprodukten aus organischem Material besteht für Beschäftigte eine Exposition gegenüber einem komplexen Gemisch aus polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). PAK sind krebserregend durch Inhalation und zudem hautresorptiv und können Hautkrebs hervorrufen. Darüber hinaus sind sie durch UV-Licht sensibilisierende Stoffe, d. h., sie können in Verbindung mit Sonnenlichtexposition zu einer Überempfindlichkeit der Haut führen. Bei der Herstellung pechhaltiger feuerfester Steine ist in einigen Bereichen mit einer Überschreitung der Toleranzkonzentration für Benzo[a]pyren (BaP), die Bezugssubstanz für Pyrolyseprodukte, zu rechnen. Die Akzeptanzkonzentration für BaP kann anlagen- und verfahrensbedingt nur in wenigen Teilbereichen der Anlagen (etwa in Leitständen) eingehalten werden [31].

Schließlich ist in der Keramik- und Glasindustrie auch eine Gefährdung durch die Exposition gegenüber Blei und seinen Verbindungen bei einer Vielzahl von Tätigkeiten anzunehmen, z. B. beim Herstellen und Bearbeiten von Bleikristall und Kristallglas, Anrichten und Einlegen von Gemengen, Schleifen von Bleikristall, Herstellen bleihaltiger Spezialgläser, Herstellen von Spezialkeramik, Herstellen und Verarbeiten von bleihaltigen Glasuren, Siebdruckpasten, Beschichtungs- und Anstrichstoffen oder dem Entfernen bleihaltiger Beschichtungsstoffe und Farben [32]. Blei ist von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) aufgrund tierexperimenteller Befunde als Kanzerogen der Gruppe 2 eingeordnet, einzelne Bleiverbindungen sind als krebverdächtig notifiziert, zudem kann Blei möglicherweise co-mutagen wirken [33].

2 Gesellschaftliche Entwicklungen

Schon heute zeichnet sich in Deutschland ein teilweise gravierender Fachkräftemangel ab, insbesondere im Bereich Ingenieurwesen und Technik, der sich zu einer Wachstumsbremse der Wirtschaft entwickeln kann. Dieser Trend wird durch den demografischen Wandel verschärft und etwa ab dem Jahr 2020 noch deutlicher zutage treten, da zu diesem Zeitpunkt die ersten geburtenstarken Jahrgänge vermehrt in den Ruhestand gehen werden. Mit dem demografischen Wandel und dem Ausscheiden vieler Fachkräfte droht auch ein erheblicher Wissensverlust – einerseits in fachlichen Belangen, aber auch in Bezug auf die Kompetenzen hinsichtlich Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz.

Im Berufsfeld „Rohstoffe, Glas und Keramik“ gab es im September 2014 in zwei von sechs Berufsgattungen Engpässe. Sowohl in der Baustoffherstellung als auch der Steinmetztechnik waren Fachkräfte mit abgeschlossener Berufsausbildung knapp. Besonders betroffen von diesem Mangel sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Offensichtlich sind diese für viele weniger attraktiv als Großkonzerne. Außerdem verzeichnet das Branchenfeld einen verhältnismäßig hohen Anteil älterer Menschen: 37 % aller Beschäftigten waren im Dezember 2013 mindestens 50 Jahre alt. Somit ist in den kommenden Jahren von einem überdurchschnittlich hohen Ersatzbedarf auszugehen [34].

Der Bedarf an einer hohen Qualifizierung in der Glasindustrie ist bereits seit einiger Zeit evident: Der Anteil der Fachkräfte mit einer Berufsausbildung im dualen System hat zwischen 2000 und 2011 von 61,6 % auf 65,9 % zugenommen, auch der Anteil der Hochschulabsolventinnen und -absolventen stieg von 2000 bis 2007 und stabilisierte sich dann bei 6,8 %. Während sich insgesamt der Anteil

dieser Fachkräfte von 67,7 % im Jahr 2000 auf 72,7 % im Jahr 2011 erhöhte, ging der Anteil der an- und ungelerten Beschäftigten von 32,3 % auf 27,3 % zurück [35].

Die Anforderungen an die Kenntnisse und Fähigkeiten der Fachkräfte werden weiter ansteigen. Gefragt sind Hochqualifizierte bzw. Hochschulabsolventinnen und -absolventen, z. B. Ingenieurinnen und Ingenieure verschiedener Fachrichtungen, aber auch Fachleute in Marketing und Vertrieb und künftig auch verstärkt Facharbeiterinnen und -arbeiter. Die zunehmende Automatisierung, Flexibilisierung und erhöhte Umrüstkfrequenzen erfordern ein hohes Fachwissen und eine immer höhere Spezialisierung. Insbesondere für viele spezifische Tätigkeiten in Instandhaltung und automatisierter Fertigung (Leitstand, Umrüstvorgänge, Qualitätssicherung) ist eine Ausbildung im Bereich Industriemechanik, Mechatronik, Elektronik oder Verfahrensmechanik in der Glastechnik erforderlich. Speziell in der Behälterglasindustrie ist die Umbauflexibilisierung wegen der häufigen Sortenwechsel wichtig geworden, und künftig werden Umrüstvorgänge noch an Bedeutung gewinnen. Durch die Notwendigkeit, jederzeit flexibel lieferfähig zu sein, wird der Bedarf an gut ausgebildetem Personal in der Glashütte wachsen [35].

Es gibt unterschiedliche Gründe, die es für viele Unternehmen der Glasindustrie schwierig machen, Fachkräfte und geeignete Auszubildende zu rekrutieren, z. B. die starke Konkurrenz anderer Industriebranchen, in denen es keine vollkontinuierliche Schichtarbeit gibt und/oder in denen die Bezahlung besser ist, – oder auch ein negatives Image der Branche. Häufig bevorzugen besonders die Hochqualifizierten die großen Arbeitgeber der Automobil-, IT- und Elektroindustrie [35].

Aus Sicht der Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit ist diese Entwicklung besorgniserregend. Ein Defizit an Fachkräften erhöht die Arbeitslast der vorhandenen Belegschaft, Zeit- und Leistungsdruck wachsen. So erfordert beispielsweise die Einarbeitung unzureichend ausgebildeter Kräfte einen hohen Zeitaufwand, der zusätzlich zu leisten ist. Diese Arbeitsverdichtung geht mit hohen psychischen und physischen Belastungen einher, zudem steigt das Risiko für Fehler und Unfälle durch Konzentrationsmangel oder Überforderung. Auch eine erhöhte Zahl nur gering qualifizierter oder ungenügend eingewiesener Beschäftigter stellt eine erhebliche Unfallgefahr dar, die in Zukunft noch sehr viel präsenter wird, falls der Fachkräftemangel nicht eingedämmt werden kann.

3 Neue Technologien

Im Zuge der voranschreitenden Entwicklung zur Industrie 4.0 ist auch Glas heute ein "smarteres" Hightech-Produkt geworden: Es unterscheidet multifunktional zwischen Licht und Schatten, kann Energie erzeugen und Wärme regulieren. Die aktuellen Trends rund um das Thema Glas sind zahlreich: Die Glasfassaden der Zukunft, etwa integrierte Systeme im Glaszwischenraum oder schaltbare Gläser (Liquid Crystal-Glas), können Licht und Energiedurchlass individuell steuern und optimieren auf diese Weise Sonnen-, Blend- und Sichtschutz und die Energieeffizienz. Plusenergiefassaden bieten Photovoltaik-Anlagen mit Latentwärmespeichern bzw. Solarthermie oder Photobioreaktoren aus Glas. Das Spektrum an Fassadenkonzepten erweitert sich ständig: gebogene Gläser und gefaltete Geometrien, "Glasbacksteine", Dünngläser sowie beheizbare Elemente [36].

In der Kommunikations- und Unterhaltungselektronik sind gehärtete Gläser für Smartphones und Touchscreens gefragter denn je. Dabei erfordern z. B. thermisch vorgespanntes Dünnglas oder Funktionsgläser exakte technische Vorgaben bei der Produktion, ständige Qualitätskontrollen und stabile, reproduzierbare Produktionsprozesse. Die Glasforschung beschäftigt sich mit dem Einsatz von Dünnglas in der Architektur sowie mit der additiven Fertigung mit Glas (3D-Druck) [36]. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in großen Teilen der Glasindustrie die Tendenz zur Digitalisierung zunimmt und die Automatisierungsprozesse inklusive Steuerung und Vernetzung immer komplexer werden. Mittelfristig sind Automatisierungslösungen für den Gesamtstellungsprozess anvisiert: In der Glasindustrie 4.0 werden Automaten zu intelligenten Maschinen, die sich

eigenständig steuern, untereinander vernetzt sind und fortwährend miteinander kommunizieren, indem sie Daten austauschen [37].

Auch in der Keramikindustrie hat die Produktion in den letzten Jahren ein hohes Qualitätsniveau erreicht und weist einen hohen Digitalisierungsgrad auf. Der Trend geht weg von der Massenproduktion und hin zum Angebot Know-how-intensiver Produkte und Werkstoffe. Die Prozessgeschwindigkeit steigt und man entwickelt Industrie-4.0-Konzepte, um die Energie- und Ressourceneffizienz besonders in der Grobkeramik zu verbessern [38]. Die Prozessfassung erfolgt mit neuer Sensorik (Sensorik 4.0), Fertigungsprozesse werden simuliert und zukünftig adaptiv gesteuert. Es gibt neuartige Methoden der Datenintegration, immer mehr Konstruktions- und Simulationsanwendungen (Simultaneous Engineering) sowie additive Fertigungsverfahren wie den 3-D-Druck. Darüber hinaus halten im Bereich der innovativen Einzel- und Kleinserienfertigung Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme Einzug, mit dem Ziel kürzerer, verbindlicher Lieferzeiten durch die effiziente Organisation einer variantenreichen Produktion [39].

Diese Innovationstendenzen und die steigende Vernetzung von Prozessen in der Keramik- und Glas-Branche und die dadurch komplexer werdende Bedienung von Systemen, Maschinen und Anlagen stellen für die Beschäftigten eine hohe Beanspruchung dar, zumal auch ein steigender Informationsumfang mit diesen technologischen Entwicklungen einhergeht. Es kann zur Überforderung durch unübersichtliche Software kommen, besonders bei mangelnder Gebrauchstauglichkeit, hohem Zeit- und Leistungsdruck und zunehmender Arbeitsverdichtung. Immer kürzere Lebenszyklen von Programmen und Arbeitsabläufen zwingen die Beschäftigten in der Herstellung, sich in sehr engen Zeitabständen auf neue Produktionsschritte einzustellen und immer wieder neu zu lernen. Auch das Personal außerhalb von Produktion und Fertigung wird künftig mit komplexen Systemen und Abläufen konfrontiert sein: Autonome Softwaresysteme sind anvisiert und sollen in Zukunft betriebsübergreifend und rechtsverbindlich menschliches Handeln ersetzen – bei der gesamten Produktion und Auftragsabwicklung [36].

Ungünstig gestaltete oder hochkomplexe Bedienelemente oder Mensch-Maschine-Schnittstellen können Stress auslösen – und dieser Anspannungszustand kann sich wiederum auf objektiv messbare Körperfunktionen auswirken: Blutdruck, Puls, Atmung, Zucker- und Fettkonzentration im Blut, Adrenalin-, Noradrenalin- und Cortisolausschüttung usw. [40]. Auch eine psychische Ermüdung ist eine wesentliche Folge unergonomisch gestalteter und (unnötig) komplizierter Soft- und Hardware. Dabei steigt die erforderliche Anstrengung in Relation zur Leistung, die Fehlerhäufigkeit nimmt ebenso zu wie das Risiko für (schwere) Unfälle – besonders in der Fertigung und Produktion.

4 Fazit

Die Glas- und Keramik-Branche ist eine zukunftsgerichtete Branche, die in großen Teilen bereits mit High-Tech-Systemen arbeitet und einen hohen Digitalisierungsgrad aufweist, auch wenn der Stellenwert der Digitalisierung in den einzelnen Unternehmen stark divergiert. Die Digitalisierung beschleunigt vor allem die Automatisierung der Produktion. Daher ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren die Einfacharbeit in den betroffenen Bereichen weiter abnehmen wird. Stattdessen sind anspruchsvollere Aufgaben wie Umsetzung, Wartung und Instandhaltung der automatisierten Prozesse bzw. Anlagen – bis hin zum selbstlernenden Produktionsbetrieb – von den Beschäftigten zu leisten. Auch kommen neue Verfahren hinzu – beispielsweise die additive Fertigung. Die Digitalisierung bzw. Automatisierung verlangen von den Beschäftigten durchweg ein ausgeprägtes Systemverständnis und Aufgabenflexibilität [41]. Diese Anforderungen können eine starke psychische Belastung bedeuten und zu einer Überforderung der Menschen führen, insbesondere bei einer ohnehin hohen Arbeitsbelastung.

Als innovationsfreudige Hightech-Industrie, die zudem sehr aktiv in Forschung und Entwicklung agiert [42], ist die Glas- und Keramik-Branche maßgeblich von der aktuellen demografischen Entwicklung und dem Mangel an (hoch)qualifizierten Fachkräften betroffen, die benötigt werden, um neue Technologien zu implementieren und die Automatisierungsprozesse zu gestalten. Ein reduzierter Personaleinsatz hemmt nicht nur die wirtschaftliche Entwicklung, sondern fördert die Arbeits- bzw. Leistungsverdichtung und kann zu psychischen Belastungserscheinungen oder sogar zu Burn-out-Symptomen führen [35]. Auch andere Aspekte von Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz können durch eine zu dünne Personaldecke oder unzureichend ausgebildetes Personal bedroht sein.

Obwohl die Digitalisierung die Glas- und Keramikproduktion immer stärker beeinflusst und sich die Tätigkeiten zunehmend in Richtung Steuerung, Disposition und Kontrolle von Prozessen verschieben, gibt es auch eine andere Seite der Branche, in der die herkömmlichen Risiken für die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten auch in der nahen Zukunft prägend bleiben. Hierzu gehören körperlich belastende Tätigkeiten wie das häufige Heben schwerer Lasten, die erhebliche Lärmeinwirkung, das Arbeiten bei großer Hitze sowie die Exposition gegenüber einer Reihe kanzerogener oder mutagener Gefahrstoffe. Alle diese Belastungsfaktoren sind zwar hinlänglich bekannt, erfordern aber dennoch weiterhin eine passgenaue Präventionsarbeit, da sie – auch in ihrer Kombination – Gesundheitsschäden verursachen oder Unfallursache sein können.

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass man Gefahrstoffe in verstärktem Maße substituieren kann und sich neue, stärker automatisierte und/oder leisere Produktionsverfahren etablieren werden. Bis dahin wird sich die Glas- und Keramikindustrie wohl weiterhin als „Zwei-Welten-Branche“ darstellen – im Spannungsfeld zwischen Automatisierung einerseits und herkömmlichen, potenziell gesundheits-schädlichen Verfahren und Einsatzstoffen andererseits.

Literatur

- [1] Glasindustrie - Längst mehr als Flasche und Fenster. Hrsg.: IG BCE - Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Hannover 2016
<https://www.igbce.de/arbeit/branchen/glas/glas/8910?highlightTerms=&back> (abgerufen am 14.6.2018)
- [2] Keramische Industrie - Heterogene Branche. Hrsg.: IG BCE - Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie, Hannover 2017
<https://www.igbce.de/arbeit/branchen/keramik/keramik/8944> (abgerufen am 14.6.2018)
- [3] Anzahl der Unternehmen in der Branche Herstellung von Glas-, Keramik- und Steinwaren in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2017. Hrsg.: Statista GmbH, Hamburg 2018
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/259512/umfrage/unternehmen-in-der-branche-herstellung-von-glas-keramik-und-steinwaren/> (abgerufen am 12.6.2018)
- [4] Prävention und Arbeitsgestaltung für ein langes Arbeitsleben im Kontext besonders belastender Berufe. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2016
https://esf.brandenburg.de/media_fast/667/Richter_Potsdam20160601.pdf (abgerufen am 18.6.2018)
- [5] Glas und Keramik - Statistik. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2017
http://www.vbg.de/DE/3_Praevention_und_Arbeitshilfen/1_Branchen/07_Glas_und_Keramik/1_Themenschwerpunkte/1_3_Statistik/statistik_node.html (abgerufen am 12.6.2018)

- [6] Meldepflichtige Arbeitsunfälle je 1.000 Vollarbeiter nach Bereich und Berufsgenossenschaft. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Berlin 2018
<https://www.dguv.de/de/zahlen-fakten/au-wu-geschehen/au-1000-vollarbeiter/index.jsp>
(abgerufen am 9.7.2018)
- [7] Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten - Rückläufige Zahlen. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2014
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2015/39247/pdf/GlasKeramik_4_14.pdf
(abgerufen am 9.7.2018)
- [8] *Persönliche Mitteilung: BK-Statistik zu Glas-Keramik-Branche.* Schneider, S. (2018)
- [9] Prämienkatalog ab 2018 - Unternehmen der Glas-Industrie, Grobkeramik, Feinkeramik. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2017
http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Praemienverfahren/Praemienkatalog_Glas_und_Keramik_2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (abgerufen am 25.6.2018)
- [10] Arbeiten an IS-Maschinen - Schweißtreibend und laut. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2014
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2014/30026/pdf/GlasKeramik_2_14.pdf
(abgerufen am 24.7.2018)
- [11] Arbeits- und Gesundheitsschutz bei der Veredelung von Hohlglas. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2010
http://www.glas-apparatebau.de/intern/sicherheit/VBG/Hohlglas_Veredelung-Arbeits_und_Gesundheitsschutz_Glas_Keramik_Fachinformationsblatt.pdf
- [12] Lärmschutz - Gezielt gegen Lärm. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2013
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2013/24593/pdf/GlasKeramik_4_13.pdf
(abgerufen am 24.7.2018)
- [13] Hitze in der Glasindustrie - Kühlen Körper bewahren. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2012
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2012/15790/pdf/Sicherheitsreport_Spezial_der_VBG_Glas_Keramik_Ausgabe_05_2012.pdf?bcsi_scan_9222d36c6a354dc6=0&bcsi_scan_filename=Sicherheitsreport_Spezial_der_VBG_Glas_Keramik_Ausgabe_05_2012.pdf (abgerufen am 18.6.2018)
- [14] Hitzearbeit - erkennen - beurteilen - schützen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), Mainz 2013
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi579.pdf> (abgerufen am 13.6.2018)
- [15] Infrarotstrahlung - Die unsichtbare Gefahr. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2013
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2013/24593/pdf/GlasKeramik_4_13.pdf
(abgerufen am 18.6.2018)
- [16] Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen im Betrieb. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2004
<http://www.ruecken.gesundheitsdienstportal.de/cdraig/08-rec/pdf/s42.pdf> (abgerufen am 25.6.2018)
- [17] Sichere Bedienung einer ungewöhnlichen Maschine. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, Würzburg 2008
<https://docplayer.org/78361045-Keramik-glas-arbeitsmedizinisches-kolloquium-2007-der-arbeitsschutzausschuss-haftung-bei-arbeitsunfaellen-d-januar-nr.html> (abgerufen am 26.7.2018)

- [18] Ergonomieprojekt bei Villeroy & Boch - „Wir arbeiten jetzt produktiver und gesünder“. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2014
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2015/39247/pdf/GlasKeramik_4_14.pdf
(abgerufen am 30.7.2018)
- [19] Muskel-Skelett-Belastungen - Planung ist die beste Prävention. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2013
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2013/24593/pdf/GlasKeramik_4_13.pdf
(abgerufen am 18.6.2018)
- [20] TRGS 559 Mineralischer Staub. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2011
<https://www.bgbau.de/gisbau/fachthemen/recht/downloads/TRGS-559.pdf> (abgerufen am 2.7.2018)
- [21] Neue Grenzwerte Gefährdung durch Nickel und seine Verbindungen. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2017
http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Faltblatt/Certo/GlasKeramik_2-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (abgerufen am 21.6.2018)
- [22] Positionspapier zum Vorschlag einer harmonisierten Einstufung von Titandioxid. Hrsg.: Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI), Berlin 2017
https://bdi.eu/media/user_upload/20170524_Positionspapier_BDI_Titandioxid.pdf (abgerufen am 2.8.2018)
- [23] TRGS 561 Tätigkeiten mit krebserzeugenden Me-tallen und ihren Verbindungen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2017
https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-561.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 2.8.2018)
- [24] Regel 3: So weit wie möglich in geschlossenen Anlagen arbeiten! Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2009
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2011/10263/pdf/glas_keramik_6_2009_finale.pdf (abgerufen am 31.7.2018)
- [25] Regel 10: Bei staubintensiven Arbeiten Atemschutz benutzen! Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2010
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2011/10254/pdf/spezial_gk_05_10.pdf?bcsi_scan_e09ff2199bb3916e=0&bcsi_scan_filename=spezial_gk_05_10.pdf (abgerufen am 31.7.2018)
- [26] Substitution - Hydrazin kann ersetzt werden. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2016
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2016/52059/pdf/GlasKeramik_2_2016.pdf
(abgerufen am 30.7.2018)
- [27] Gefahrstoffe - Neue Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS). Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2018
http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Faltblatt/Certo/VBG-Spezial_Glas-und-Keramik_2-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 14.5.2018)
- [28] Herstellung von Solarzellen - „Für gut ausgebildetes Fachpersonal besteht keine Gefahr“. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2012
http://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2012/17087/pdf/Spezial_GK_06_12.pdf
(abgerufen am 18.6.2018)

- [29] Stoffbezogene Anforderungen an Photovoltaik-Produkte und deren Entsorgung. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin 2004
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2789.pdf>
(abgerufen am 2.7.2018)
- [30] Photovoltaik - Die giftige Seite der Sonnenenergie. Hrsg.: Handelsblatt, Düsseldorf 2015
<https://www.handelsblatt.com/technik/zukunftderenergie/photovoltaik-die-giftige-seite-der-sonnenenergie/11346420.html?ticket=ST-456066-hHrnqFb6uS0ogSOFjPEc-ap4> (abgerufen am 1.8.2018)
- [31] Schutzmaßnahmen bei der Herstellung von pechgebundenen und -getränkten Steinen. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2017
http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Faltblatt/Certo/GlasKeramik_2-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (abgerufen am 21.6.2018)
- [32] Blei und bleihaltige Gefahrstoffe. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG), Hamburg 2017
http://www.vbg.de/SharedDocs/Medien-Center/DE/Broschuere/Branchen/Glas_und_Keramik/Blei_und_bleihaltige_Gefahrstoffe_Glas_Keramik_Fachinformationsblatt.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (abgerufen am 13.6.2018)
- [33] Blei und anorganische Bleiverbindungen. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) - Ausschuss für Gefahrstoffe - AGS-Geschäftsführung, Dortmund 2017
https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/903/903-blei.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (abgerufen am 14.6.2018)
- [34] Fachkräfteengpässe in Unternehmen: Die Altersstruktur in Engpassberufen. Hrsg.: Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V., Köln 2014
https://www.kofa.de/fileadmin/Dateiliste/Publikationen/Studien/Fachkraefteengpaesse_in_Unternehmen_2015_Die_Altersstruktur_in_Engpassberufen.pdf (abgerufen am 14.6.2018)
- [35] Glasindustrie in Deutschland - Eine Branchenanalyse. Hrsg.: Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IG BCE), Hannover 2014
<https://www.igbce.de/vanity/renderDownloadLink/8214/70908> (abgerufen am 20.6.2018)
- [36] Glas innovativ denken. Hrsg.: Verlagsanstalt Handwerk GmbH Düsseldorf 2017
<http://www.glas-rahmen.de/aktuelle-meldungen/21884-glas-innovativ-denken.html> (abgerufen am 15.6.2018)
- [37] Glasindustrie 4.0 – Automatisierung und intelligente Steuerungstechnik. Hrsg.: Verlagsanstalt Handwerk GmbH Düsseldorf 2016
http://www.glas-rahmen.de/images/beitraege/glasrahmen/fachartikel/2016_februar_S32-35.pdf (abgerufen am 15.6.2018)
- [38] ceramitec 2018: Effiziente Innovationen in der Grobkeramik. Hrsg.: Messe München GmbH, München 2018
<https://www.ceramitec.com/presse/newsroom/presseinformationen/ceramitec-2018-effiziente-innovationen-in-der-grobkeramik.pdf> (abgerufen am 6.7.2018)
- [39] Digitalisierung und Industrie 4.0 - Technik allein reicht nicht. Hrsg.: Michael Vassiliadis, Hannover 2017
https://www.boeckler.de/pdf_fof/99408.pdf (abgerufen am 6.7.2018)
- [40] Psychische Belastungen aus unergonomischen Arbeitsmitteln. Hrsg.: Ergo-T.I.M.E.
http://www.iaw.uni-bremen.de/ergo-time/psyche/5bpsy_mittel.htm (abgerufen am 6.2.2018)

- [41] Digitalisierung der Industrie (Industrie 4.0) - Tiefgreifender Wandel von Prozessinnovationen, Arbeitsorganisation, Arbeitsbedingungen und Qualifizierung. Hrsg.: Hans-Böckler-Stiftung Düsseldorf 2017
https://www.boeckler.de/pdf_fof/99350.pdf (abgerufen am 16.7.2018)
- [42] ceramitec-Branchenbarometer: Keramik- und Pulvermetallurgiebranche im Investitionsfieber. Hrsg.: Messe München GmbH, München 2018
<https://www.ceramitec.com/presse/newsroom/presseinformationen/ceramitec-branchenbarometer-keramik-und-pulvermetallurgiebranche-im-investitionsfieber.pdf>
(abgerufen am 7.8.2018)

Autorinnen:

Dr. Ruth Klüser und Ina Neitzner – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)