

Hochbau (inklusive Abbrucharbeiten)

Ausführliches Branchenbild aus dem Risikoobservatorium der DGUV

1 Hintergrund

Das Baugewerbe lässt sich in Hochbau inklusive Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungs-Arbeiten (ASI-Arbeiten) und Tiefbau unterteilen. Letzterer soll hier nicht betrachtet werden, sondern ist Gegenstand eines eigenen Branchenbilds. Die ursprünglich als separate Branche im Risikoobservatorium der DGUV ausgewerteten Abbrucharbeiten sind hingegen aufgrund ihrer inhaltlichen Nähe zum Hochbau auch Thema des vorliegenden Branchenbilds. Das Bauen im Bestand bildet eine Schnittmenge mit den ASI-Arbeiten und umfasst Instandhaltungen, Instandsetzungen, Modernisierungen, Umbauten, Erweiterungsbauten und Wiederaufbau. Im Jahr 2018 machte der Hochbau (Wohnungsbau, gewerblicher und öffentlicher Hochbau) gut vier Fünftel des Bauvolumens des deutschen Baugewerbes aus [1].

Im Hochbau arbeiten nahezu keine Frauen; ihr Anteil lag im Jahr 2017 (und seit Beginn der Messungen im Jahr 2013 unverändert) lediglich bei 1,3 % [2] (branchenübergreifend: 46,4 %) [3].

Der gewerbliche Hochbau erzielte im Jahr 2019 einen Umsatz in Höhe von rund 22,8 Milliarden Euro [4]. Die Hochtief AG war im Hinblick auf die Bauleistung im Jahr 2017 das wichtigste Bauunternehmen [5]. Der Umsatz der Branche stieg von 2005 (mit 13,2 Milliarden) bis ins Jahr 2018 nahezu stetig an. Lediglich im Zeitraum von 2009 bis 2010 sanken die Umsätze bedingt durch die Weltwirtschaftskrise [4]. Für die Hochbau-Branche prognostiziert Statista weiter steigende Umsätze [6]. Nach der ifo Konjunkturumfrage vom März 2019 bewerten immerhin 50 % der Betriebe im Hochbau die eigene Geschäftslage als positiv. Ein Jahr zuvor waren es gerade einmal 39 % [7]. Es wird sich zeigen, wie stark das Bauhauptgewerbe coronabedingte Umsatzrückgänge verbuchen muss. Laut Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZDH) fiel der Rückgang des Gesamtumsatzes mit 40 % im Bauhauptgewerbe bisher vergleichsweise gering aus. Außerdem verzeichneten im April 2020 lediglich 45 % besagter Unternehmen Umsatzrückgänge; das war damit der niedrigste Prozentsatz aller befragten Branchen. [8].

Arbeiteten im Jahr 2013 noch 387 680 sozialversicherungspflichtige Beschäftigte in der Branche „Hochbau“, waren dort vier Jahre später bereits 437 856 Menschen beschäftigt. Im Zeitraum von 2013 bis 2017 stieg die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten laut Statistik des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung stetig um insgesamt 13 % [2].

Die Anzahl der Betriebe hingegen geht laut Branchenreport 2019 der Sparkassen Finanzgruppe nach unten, was auf einen Konzentrationsprozess in der Branche Hochbau hindeutet [7]. Im klassischen Hochbau (ohne Fertigteiltbau) kam es im Jahr 2019 mit 10,1 % auch zum höchsten Anteil der Insolvenzen im deutschen Baugewerbe [9].

Die Themen Energieeffizienz von Fassaden/Mauerwerken und Heizanlagen sowie nachhaltiges Bauen und die Verwendung von Nachhaltigkeitssiegeln und -zertifikaten werden als wichtige Bestandteile der künftigen Arbeit eingeschätzt. Im Zuge des demografischen Wandels spielt aber auch das barrierefreie Bauen vermehrt eine Rolle. Das Sanitär-Heizungs-Klima-Handwerk (SHK-Handwerk) darf sich in diesem Zusammenhang zunehmend über Aufträge für senioren- und behindertengerechte Bäder freuen. Außerdem wird Barrierefreiheit auch in den Bereichen

Türen/Eingänge, Treppenhäuser und Aufzüge stärker nachgefragt. Darüber hinaus wird die Digitalisierung das Bauen der Zukunft prägen: Neben dem softwarebasierten Bauen nach dem Verfahren BIM (Building Information Modeling) beschäftigt vor allem das Smart Home die Betriebe, wenn auch noch auf niedrigem Niveau [10]. Zukünftig wird aber auch der 3D-Druck von Gebäuden eine immer größere Rolle spielen [11]. Im Hinblick auf Produktrends werden ökologische Baumaterialien immer beliebter: Besonders natürliche und umweltfreundliche Dämmstoffe gewinnen an Bedeutung, Maler und Trockenbauer sehen ökologische Farben als den Produkttrend der Branche. Für SHK-Installateure sind erneuerbare Energien in der Heiztechnik ein zukunftsträchtiges Thema [10].

1.1 Unfallversicherung

Die Branche des Hochbaus ist bei der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) versichert [12]. Die BG BAU ist als Trägerin der gesetzlichen Unfallversicherung für die Bauwirtschaft und baunahe Dienstleistungen zuständig und betreut insgesamt ca. 2,8 Millionen Versicherte in rund 500 000 Betrieben [13]. Die Branche Hochbau (inklusive ASI-Arbeiten) findet sich laut Gefahrarif der BG BAU im Bauwerkebau sowie Bauausbau und in der Fertigteilverfertigung wieder [14]. Im Rahmen des Risikoobservatoriums werden neben dem Hochbau (inklusive ASI-Arbeiten) auch artverwandte Gewerke wie Tiefbau (inklusive Straßen- und Gleisbau), Entsorgung, Dachdeckerei/Zimmerei, Gas-, Wasser-, Heizungs- sowie Lüftungs- und Klimainstallation, Roh- und Baustoffindustrie, Metallherzeugung, -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen (inkl. Montage) sowie Holzverarbeitung, Herstellung von Holzprodukten (inkl. Montage) beleuchtet, für die teils eigene Branchenbilder unter <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeiten-4.0/risikoobservatorium/branchen-a-z/index.jsp> zur Verfügung stehen (werden).

Tabelle 1 zeigt, welche aktuellen Trends und Entwicklungen die Branche „Hochbau“ hinsichtlich der Sicherheit und Gesundheit in der nahen Zukunft beeinflussen werden. Diese Einschätzungen sowie die im letzten Kapitel zusammengefassten Vorschläge zur Prävention wurden im Rahmen des Risikoobservatoriums der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) erhoben und stammen von Präventionsfachleuten der gesetzlichen Unfallversicherung.¹

Tabelle 1: Rangreihung der bedeutsamsten Entwicklungen im Hinblick auf den Arbeitsschutz der nahen Zukunft in der Branche „Hochbau“ als Ergebnis der Befragungsstufe 2 des Risikoobservatoriums der DGUV, 2019

Rang	Entwicklung
1	Fachkräftemangel
2	Interkulturelle und sprachliche Anforderungen
3	Arbeitsverdichtung, längere Arbeitszeiten und Verantwortungsausweitung
4	Langanhaltende und/oder einseitige Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems
5	Lärm

¹ Es gibt zwei Befragungsstufen. Die Präventionsfachleute bewerten in Stufe 1 die Bedeutung von ca. 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.

Rang	Entwicklung
6	UV-Strahlung
7	Demografischer Wandel / unausgewogene Altersstruktur
8	Kanzerogene und mutagene Substanzen
9	Schwerlösliche Stäube
10	Künstliche Mineralfasern
11	Epoxidharze
12	Dieselmotoremissionen
13	Vibrationen
14	Thermische Exposition
15	Mobilitätsanforderungen/Verkehrsdichte
16	Mangelnde und/oder sanierungsbedürftige (soziale) Räumlichkeiten und Ausstattung

Tabelle 2 zeigt, welche aktuellen Trends und Entwicklungen die Branche „Abbrucharbeiten“ hinsichtlich der Sicherheit und Gesundheit in der nahen Zukunft beeinflussen werden. Das methodische Vorgehen entsprach der Befragung zum Hochbau.

Tabelle 2: Rangreihung der bedeutsamsten Entwicklungen im Hinblick auf den Arbeitsschutz der nahen Zukunft in der Branche „Abbrucharbeiten“ als Ergebnis der Befragungsstufe 2 des Risikoobservatoriums der DGUV, 2019

Rang	Entwicklung
1	Fachkräftemangel
2	Kanzerogene und mutagene Substanzen
3	Langanhaltende und/oder einseitige Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems
4	Lärm
5	Künstliche Mineralfasern
6	Interkulturelle und sprachliche Anforderungen
7	Dieselmotoremissionen
8	Schwerlösliche Stäube

Rang	Entwicklung
9	UV-Strahlung
10	Schimmelsporen
11	Vibrationen
12	Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse
13	Mangelnde und/oder sanierungsbedürftige (soziale) Räumlichkeiten und Ausstattung
14	Thermische Exposition

Laut DGB-Index „Gute Arbeit Report“ bewerteten die Beschäftigten die durchschnittliche Qualität der Arbeitsbedingungen im Baugewerbe im Jahr 2017 eher unterdurchschnittlich [15]. Der Krankenstand im Hochbau betrug im Jahr 2017 5,03 % und lag damit über dem branchenübergreifenden Durchschnittswert von 4,86 % [16]. Allerdings kann im Vergleich zum branchenübergreifenden Durchschnitt (88,7 %) lediglich ein Anteil von 68,5 % der Hochbaubeschäftigten eine ambulant dokumentierte Diagnose vorweisen [17].

2 Relevante Entwicklungen für Sicherheit und Gesundheit in der Branche „Hochbau (inklusive Abbrucharbeiten)“

2.1 Demografischer Wandel und unausgewogene Altersstruktur

Seit dem Jahre 2011 ist die Bevölkerung in Deutschland wegen der gestiegenen Geburtenrate und der Zuwanderung auf 83,17 Millionen (Stand: Ende 2019) gewachsen [18]. Gleichzeitig leben und arbeiten die Menschen in Deutschland immer länger. Insofern steigt das Durchschnittsalter der Erwerbstätigen [16].

Laut einer Umfrage der Betriebskrankenkasse (BKK) betrug das Durchschnittsalter der Beschäftigten im Hochbau im Jahr 2017 42,5 Jahre. Es lag damit knapp über dem branchenübergreifenden Durchschnittswert von 42,3 Jahren [16]. Jedoch ist der Anteil der 50+-Jährigen in der Branche von 2013 (28,5 %) bis 2017 (31,4 %) leicht, aber stetig angestiegen [2]. Außerdem wiesen die Beschäftigten der Hoch- und Tiefbauberufe im höheren Alter (ab 50 Jahren) im Jahr 2017 die zweitgrößte Zahl der Arbeitsunfähigkeitstage auf [16]. Dies ist ein möglicher Hinweis auf die hohen Anforderungen, die die Tätigkeiten in diesen Branchen mit sich bringen.

Somit stellen sich dem Unfallversicherungsträger – besonders für die Hochbau- und in geringerem Maße für die Branche der Abbrucharbeiten – zunehmend Fragen des alters- und altersgerechten Arbeitsschutzes, denn auch die Gefahr für (Absturz-)Unfälle scheint im höheren Alter besonders hoch zu sein: Bei gleichzeitiger Arbeitsverdichtung (s. u.) gefährden körperliche Anstrengung und daraus resultierende Muskel-Skelett-Erkrankungen die Gesundheit der alternden Belegschaften in besonderem Maße [19]. Präventionsmaßnahmen von Muskel-Skelett-Erkrankungen (wie bspw. eine ergonomisch gute Gestaltung von Arbeitsmitteln oder das Angebot von Hebehilfen) sollten schon deutlich früher ansetzen, denn die genannten Beanspruchungen akkumulieren über die Arbeitsjahre.

2.2 Fachkräftemangel

Der Fachkräftemangel trifft die Baubranche in hohem Maße [20] und zwar sowohl den Hochbau, als auch die Branche der Abbrucharbeiten:

In der Berufsgruppe „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ mussten Betriebe Mitte 2019 lange nach Beschäftigten suchen. Der Anteil dieser Engpassberufe machte mehr als 90 % der offenen Stellen im Hoch- und Tiefbau aus, und das nahezu überall in Deutschland. Lediglich der Nordosten und Südosten des Landes, das südliche Sachsen-Anhalt, Teile Schleswig-Holsteins und Sachsens, Nordrhein-Westfalen sowie einige Großstädte (wie Hamburg, Bremen und Berlin) spürten den Fachkräftemangel nicht ganz so stark. Für die (Innen-)ausbauberufe war die Situation etwas entspannter: Wenngleich auch für diesen Berufszweig die meisten Regionen – insbesondere in Westdeutschland – Mitte 2019 Engpassquoten von über 90 % aufwiesen [21]. Im Handwerk fehlten laut Bundesagentur für Arbeit im Jahr 2018 rund 150 000 Fachkräfte. Die tatsächliche Zahl liegt jedoch mit geschätzten 200 000 bis 250 000 wesentlich höher, da viele Betriebe ihre offenen Stellen mittlerweile nicht mehr melden [22].

Trotz getrüübter Konjunkturaussichten für die Gesamtwirtschaft sind die Auftragsbücher in der Baubranche voll [23]. Doch der Fachkräftemangel bremst einer Studie der staatlichen Förderbank KfW zufolge den Bau von Wohneinheiten [22], da viele Unternehmen lukrative Aufträge ablehnen müssen [23]. Der Mangel an geeigneten Arbeitskräften gilt bei vielen Baubetrieben seit einiger Zeit als bedeutsamster produktionsbehindernder Faktor [24]. Der Fachkräftemangel zählt somit laut Jahresanalyse 2019/2020 des Marktforschungsunternehmens Bau-Info-Consult bei 54 % aller Bauakteure zu den drei wichtigsten Entwicklungen der Branche in den nächsten Jahren [23].

Trotz zunehmender Ausbildungsverhältnisse (+ 3,4 % zwischen 2019 und 2020) [25] und guter Zukunfts- und Berufsperspektiven konnte das für die Fachkräfteversorgung in der Baubranche wichtige Handwerk im Jahr 2018 nicht alle Ausbildungsplätze besetzen [22]. Der Umstand, dass inzwischen in der Altersgruppe der 20- bis 24-Jährigen mehr als jede und jeder Zweite die Fachhochschul- oder Hochschulreife (53 %) erreicht [26], dürfte sich auf den Fachkräftemangel in der Branche zusätzlich erschwerend auswirken [22]. Die Abwanderung vorhandener Arbeitskräfte in andere Branchen spielt bereits eine Rolle [24], denn einer Untersuchung der Sozialkassen der Bauwirtschaft (SOKA-Bau) aus dem Jahre 2018 zufolge handelte es sich dabei zu zwei Dritteln um ausgebildete Fachkräfte, insbesondere aus dem Hochbau. Sie wanderten größtenteils in das verarbeitende Gewerbe, den öffentlichen Bereich und den Handel ab. Zu den Abwanderungsgründen gehörten dabei v. a. gesundheitliche Gründe (38 %), schlechte ökonomische Rahmenbedingungen (wie eine zu niedrige Entlohnung) (25 %), aber auch Kündigung durch den Arbeitgeber bzw. Insolvenz (13 %) und eine zu hohe Arbeitsbelastung (12 %) [24]. Vor allem jüngere Beschäftigte (bis 25 Jahre) könnten sich allerdings durchaus vorstellen, wieder in die Baubranche zurückzukehren [24]. Dafür sind zu allererst Anerkennung für das Handwerk und Wertschätzung für eine berufspraktische Ausbildung und Arbeit nötig [22]. Die Anwerbung von Frauen für eine Ausbildung in der Baubranche ist unter bestimmten Bedingungen ebenfalls denkbar und könnte den Fachkräftemangel reduzieren. Das Fachkräfteeinwanderungsgesetz, das seit März 2020 in Kraft getreten ist, soll außerdem qualifizierten Menschen aus Nicht-EU-Staaten den Weg nach Deutschland ebnen [27]. Ob das neue Gesetz seine Wirkung entfaltet, muss sich jedoch erst noch zeigen, denn eine vergleichbare berufliche Qualifikation und ein hohes Sprachniveau lassen sich vermutlich nur selten finden [20].

Fachkräftemangel gepaart mit demografischen Entwicklungen und Arbeitsverdichtung erhöht den Druck auf die bestehenden Belegschaften und hat das Potenzial, gesundheitlich beeinträchtigend zu wirken. Zudem werden aufgrund des Fachkräftemangels in der Branche immer mehr Menschen

beschäftigt, die die deutsche Sprache nur unzureichend beherrschen [22] und eine andere Sicherheitskultur mitbringen. Insgesamt wächst dadurch die Gefahr, dass Arbeitsschutzbelange nicht wahrgenommen werden und gefährliches Verhalten zunimmt.

2.3 Interkulturelle und sprachliche Anforderungen

Der Anteil der ausländischen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Hochbau ist zwischen 2013 und 2017 von 16,4 % auf 28,1 % angestiegen [2] und lag damit weit über dem branchenübergreifenden Durchschnitt von 10,9 % [3].

Im Zuge des branchenweiten Fachkräftemangels und demografischen Wandels werden neben Alter und Qualifikation der Beschäftigten vermutlich auch Sprache und Kultur im Hochbau, aber auch in der Branche der Abbrucharbeiten zunehmend heterogener. Wo unterschiedliche Nationalitäten und Kulturen aufeinandertreffen, steigt die Wahrscheinlichkeit von Missverständnissen und Auseinandersetzungen. Unzureichende Sprachkenntnisse ausländischer Beschäftigter und ihre teils geringe Motivation zum Spracherwerb, weil viele nach 183 Tagen aus steuerlichen Gründen das Land wieder verlassen, stellen den Arbeitsschutz auch insofern vor Herausforderungen, als dass Gefährdungsbeurteilungen und Unterweisungen nicht ohne Weiteres verstanden werden. Darüber hinaus kann das hiesige Verständnis für Sicherheit und Gesundheit vom kulturellen Selbstverständnis der Zugewanderten abweichen und einen Sozialisierungsprozess erforderlich machen.

Im Rahmen der Prävention könnte mit Hilfe von Schulungen ein interkulturelles Sicherheitsverständnis aufgebaut werden. Darüber hinaus versucht die BG BAU bereits auf vielfältige Weise (z. B. mit Piktogrammen sowie mehrsprachigen Bestriebsanleitungen und -anweisungen, Sicherheitshinweisen und Vorschriften) die sprachlichen Anforderungen an die Beschäftigten zu reduzieren. Der Einsatz speziell auf den Arbeitsschutz zugeschnittener Übersetzungs-Apps könnte dabei ebenfalls helfen. Bei komplexen technischen Zusammenhängen sind einfache, sprachunabhängige Informationen allerdings nur von begrenztem Nutzen.

2.4 Arbeitsverdichtung, längere Arbeitszeiten, Verantwortungsausweitung

Trotz guter Umsatzentwicklung fordern höhere Materialkosten, damit verbundene gestiegene Aufwandsquoten und die Tarifabschlüsse aus den Jahren 2018 und 2020 besonders die Unternehmen der Hochbaubranche [7]. Außerdem herrscht in der Baubranche ein starker Wettbewerb zwischen deutschen Bauunternehmen und europäischen Entsendebetrieben. Letztere müssen nur den in der Baubranche geltenden Mindestlohn zahlen und haben aufgrund der niedrigeren Sozialabgaben in ihren Heimatländern noch einen Kostenvorteil. Die deutsche Baubranche ist unter den großen Mitgliedstaaten der EU am stärksten von Entsendungen betroffen: Das Verhältnis entsandter zu inländischen Beschäftigten im Bauhauptgewerbe lag im Jahr 2017 bei rund 1 zu 6,7. Dieser Wettbewerb geht häufig zu Lasten der Gehälter in der deutschen Baubranche [24]. Außerdem führt er zu Termin- und Zeitdruck, der laut einer Studie des Arbeitsmedizinischen-sicherheitstechnischen Dienstes (ASD) von den Beschäftigten der Bauwirtschaft und des Reinigungsgewerbes – gemeinsam mit erhöhtem Arbeitsaufkommen und Überforderung – zunehmend als psychische Belastung wahrgenommen wird [28]. Dies scheint besonders in der Hochbau-Branche der Fall zu sein. Außerdem führen Unsicherheiten (bzgl. Erkrankungsrisiken auf dem Bau) im Zusammenhang mit COVID-19 und zukünftig möglicherweise auch anderen Pandemien dazu, dass sich psychische Belastungen unter den Beschäftigten der zunehmend global agierenden Branche verstärken [17].

Wenn das Arbeitsvolumen und die dafür kalkulierte Zeit nicht zusammenpassen, lässt sich das kurzfristig durch Mehrarbeit auffangen. Wird dies aber zur Regel, drohen Belastung und gesundheitliche Beanspruchung. Übernimmt dann noch nicht-qualifiziertes Personal die Mehrarbeit, für die es mehr

Zeit benötigt als ursprünglich eingeplant, steigt der Zeitdruck weiter. Fehlende Qualifikation und Zeitdruck führen zudem oft zu Mängeln beim Arbeitsergebnis, die Nacharbeiten erfordern. So summieren sich Mehraufwände und können einen Dominoeffekt für den gesamten Bauablauf haben [28].

Mittlerweile fühlt sich jede bzw. jeder zweite von Termindruck Betroffene im Baugewerbe belastet. Darunter sind zum einen Beschäftigte aus anderen europäischen Staaten, die lediglich für eine begrenzte Zeit im Land arbeiten und Baumaschinen- und Kranführende. Beschäftigte in Vorarbeiter- und Polierposition zum anderen stehen ebenso unter Druck wie Fachkräfte in Funktionen, die mit besonderer Verantwortung gegenüber der Unternehmensführung, aber auch den anderen Beschäftigten verbunden sind [28]. Demnach herrschen Kosten-, Zeit- und Termindruck sowie hohe Verantwortung besonders auch bei der Arbeit in Bau- und Objektleitung. Dort sind häufig mehrere parallel zu bearbeitende Projekte im Auge zu behalten, unvorhergesehene Unterbrechungen/ Störungen und Zwischenfälle auf der Baustelle organisatorisch zu bewältigen oder Entscheidungen ohne ausreichende Informationsgrundlage zu treffen. Darüber hinaus bedeutet die Arbeit im Spannungsfeld zwischen Vorgesetzten, Beschäftigten und Kundschaft emotionale Belastungen [29].

Laut dem DGB-Index „Gute Arbeit Report“ waren im Jahr 2017 40 % Beschäftigten im Baugewerbe nach der Arbeit sehr häufig oder oft zu erschöpft, um sich noch um private oder familiäre Angelegenheiten zu kümmern. Darüber hinaus hatten 28 % der Beschäftigten Schwierigkeiten, private Interessen mit ihrer Arbeit zeitlich zu vereinbaren [15].

Im Zusammenhang mit der Arbeitsverdichtung führen Zeitdruck, umfangreiche Überstunden, unzureichendes Pausenregime sowie Arbeit auf Abruf besonders bei Beschäftigten aus anderen europäischen Staaten [30] zu kurzfristigen, aber auch langfristigen Stressfolgen: Kurzfristig sind gereizte Stimmung, Unzufriedenheit, Gefühle der inneren Leere, Einschlafprobleme, verspannte Schultern, kreisende Gedanken, Kopfschmerzen und Migräne zu bemerken. Außerdem kann es zu verändertem Essverhalten sowie übermäßigem Alkohol- und Nikotinkonsum kommen. Zu den langfristigen Stressfolgen gehören überdurchschnittlich hohe Werte von Blutdruck, Herzfrequenz, Blutfett- und Blutzucker. Damit drohen Organschädigungen wie Herzinfarkte, Magengeschwüre und Schlaganfälle. Anhaltend erhöhte Muskelspannungen aufgrund von Arbeitsverdichtung gehen auch mit Schmerzen im Rücken-, Schulter- und Nackenbereich einher [29] und können so die ohnehin körperlich fordernde Arbeit in der Branche (s. u.) erschweren (Kombinationsbelastungen). Dennoch waren psychische Beanspruchungen in der Baubranche im Jahr 2018 – sowohl bei Männern als auch bei Frauen – lediglich unterdurchschnittlich stark ausgeprägt [17]. Dies wirft die Frage auf, welche Faktoren bewirken, dass die Beanspruchungen der Beschäftigten trotz belastender Arbeitsbedingungen in der Baubranche derart gering ausfallen.

Möglicherweise können Informations- und Kommunikationstechnologien zur Organisation von Arbeitsschutzprozessen (bspw. Einrichtung von Zeitrahmen mit Pufferzeiten) im Zusammenhang mit steigender Arbeitsverdichtung, längeren Arbeitszeiten und Verantwortungsausweitung hilfreich sein.

2.5 Langanhaltende und/oder einseitige Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems

Bautätigkeiten – sowohl im Hochbau-, als auch in der Branche der Abbrucharbeiten – sind fast immer mit körperlicher Belastungen verbunden. Im Rahmen arbeitsmedizinischer Untersuchungen machten Beschäftigte folgende Angaben zu ihren physischen Belastungen: Die Arbeit mit schweren Lasten (Heben, Halten, Tragen sowie Ziehen und Schieben von schweren Lasten) sind in der Branche fast allgegenwärtig und werden von Beschäftigten bei Stuckarbeiten (98 %), beim Estrichlegen (97 %), beim Maurern (97 %), im Gerüst- (96 %) und Trockenbau (95 %), beim Fliesenlegen (95 %), im Malerhandwerk (92 %) sowie beim Kran- (85 %) und Maschinenführen (79 %) beklagt. Ein Großteil der Beschäftigten berichtete außerdem von körperlicher Schwerarbeit, die als körperlich

anstrengende Tätigkeit mit gleichzeitigem Einsatz großer Muskelgruppen und hohem Sauerstoffverbrauch gilt und die z. T. auch im Bücken, Knien und Hocken ausgeführt werden muss. Hiervon betroffen sind Beschäftigte im Gerüstbau (81 %), beim Maurern (70 %), beim Estrichlegen (69 %), bei Stuckarbeiten (68 %), im Betonbau (68 %), im Trockenbau (60 %), beim Fliesenlegen (58 %), im Malerhandwerk (52 %), beim Kran- (52 %) und beim Maschinenführen (48 %). Darüber hinaus waren Zwangshaltungen (mit verdrehtem Oberkörper) besonders bei Beschäftigten beim Fliesenlegen (60 %), beim Estrichlegen (45 %) und beim Maschinenführen (35 %) verbreitet [31].

Insofern ist es wenig verwunderlich, dass Erkrankungen des Muskel-Skelettsystems im Hochbau besonders häufig diagnostiziert wurden; betroffen sind vor allem Beschäftigte beim Fliesenlegen (33 %), bei Stuckarbeiten (30 %), im Betonbau (29 %), beim Maurern (27 %), im Malerhandwerk (26 %), im Trockenbau (25 %), beim Kran- (25 %) und Maschinenführen (25 %), beim Estrichlegen (23 %) und im Gerüstbau (21 %) [31].

Im Rahmen medizinischer Untersuchungen wurden im Hochbau am häufigsten Verspannungen im Schulter-Nackengebiet (im Betonbau, beim Estrich- und Fliesenlegen, beim Kran- und Maschinenführen, beim Maurern, im Malerhandwerk, bei Stuckarbeiten und im Trockenbau) sowie Verspannungen im unteren Rücken (im Betonbau, beim Estrich- und Fliesenlegen, im Gerüstbau, beim Maschinenführen, beim Maurern, im Malerhandwerk, bei Stuckarbeiten und im Trockenbau) diagnostiziert. Funktionseinschränkungen der Kniegelenke zählten ebenfalls zu den häufig angetroffenen Diagnosen und traten besonders beim Verlegen von Estrich und Fliesen, im Gerüstbau, beim Maschinenführen, beim Maurern sowie bei Maler- und Stuckarbeiten auf. Außerdem zeigten sich speziell im Gerüstbau Verspannungen im oberen Rücken, im Malerhandwerk Funktionseinschränkungen der Gelenke sowie bei Stuckarbeiten Funktionseinschränkungen der Ellenbogen-Gelenke [31].

Wegen dieser hohen körperlichen Belastungen lagen die Berufe des Hoch- und Tiefbaus mit ihrer Zahl von AU-Tagen aufgrund von Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems im Jahr 2017 an der Spitze des Rankings unterschiedlicher Berufe: Die Beschäftigten im Hoch- und Tiefbau ab einem Alter von 50 Jahren erreichten mit 1 402 AU-Tagen je 100 Beschäftigte branchenübergreifend einen Spitzenwert (branchenübergreifender Durchschnitt: 760 AU-Tage je 100 Beschäftigte). Die Beschäftigten unter 50 Jahren lagen mit 535 AU-Tagen je 100 Beschäftigte ebenfalls deutlich über dem branchenübergreifenden Durchschnitt von 272 AU-Tagen je 100 Beschäftigte. Das gilt auch für die Beschäftigten der (Innen-)Ausbauberufe: 1 282 AU-Tage für die Beschäftigten über 50 Jahren und 482 für die Beschäftigten unter 50 Jahren [16].

Die stationäre Versorgung bei Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems im Berufssegment „Bau- und Ausbauberufe“ fiel im Jahr 2017 sowohl für Beschäftigte mit einem Alter ab 50 Jahren (207 im Vergleich zu 182 Krankenhaustagen pro 1 000 Beschäftigte), als auch für Beschäftigte unter 50 Jahren (65 im Vergleich zu 57 Krankenhaustagen pro 1 000 Beschäftigte) überdurchschnittlich hoch aus. Darüber hinaus gab es für die Berufshauptgruppe der Hoch- und Tiefbauberufe sehr hohe Zahlen an Arzneimittelverordnungen für das Muskel-Skelett-System, die – sowohl für die Beschäftigten ab 50 Jahren, als auch für die unter 50 – deutlich über dem branchenübergreifenden Durchschnitt lagen [16].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden von der BG BAU in den Bereichen „Hochbau“ und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ insgesamt 805 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2102 „Meniskusschäden, kniebelastende Tätigkeiten“, 709 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2108 „Lendenwirbelsäule, Heben und Tragen“ sowie 640 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2112 „Gonarthrose, Knien“ anerkannt [32].

Die Kombination mit anderen potenziell belastenden Arbeitsfaktoren wie Arbeitsverdichtung, aber auch mit Ganz- und Teilkörpervibrationen, schlechter Beleuchtung, Kälte und Lärm erhöht das Erkrankungsrisiko für Muskel-Skelett-Belastungen weiter [33]. Insofern verwundert es nicht, dass in Westdeutschland im Jahr 2017 ganze 28 % der Neurentner in der Baubranche eine Rente wegen teilweiser oder voller Erwerbsminderung bezogen, während dies nur für 18 % der gesamten männlichen, westdeutschen Neurentner galt [24].

Um Muskel-Skelett-Erkrankungen zu vermeiden, sollten im Rahmen der Prävention zukünftig die Möglichkeiten der Gewichtsreduzierung von Baustoffen und Arbeitsmitteln sowie der Einsatz ferngesteuerter Maschinen (z. B. Verlegehilfen für großformatige Fliesen) und von Robotik (z. B. Abbruchroboter) geprüft werden. Auch alternative Verfahren und neue Technologien wie Exoskelette oder innovative persönliche Schutzausrüstung sind in Betracht zu ziehen. Roboter (wie der In Situ Fabricator) können Beschäftigte bspw. beim Erstellen von Mauern oder beim Schweißen von Bewehrungen unterstützen. Hebeprozesse auf Baustellen ließen sich zukünftig – trotz Herausforderungen im Hinblick auf die Baustellenorganisation – mit Hilfe eines an der Universität Duisburg-Essen entwickelten Seilroboters oder des Roboters HadrianX erleichtern, der Steine greifen, versetzen und platzieren bzw. lagenweise Steine setzen und damit ganze Gebäude erstellen kann [34]. Eine Studie von McKinsey zeigt allerdings, dass die Baubranche im Vergleich mit anderen Industriezweigen wenig in neue Technologien investiert [35].

2.6 Vibrationen

Belastungen des Menschen durch Vibrationen am Arbeitsplatz lassen sich – abhängig von ihrer Einwirkstelle – in Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen unterscheiden [36]. Sie treten sowohl in der Branche der Abbrucharbeiten (besonders wenn sie manuell ausgeführt werden) [37], als auch in der Hochbau-Branche auf.

Ganzkörper-Schwingungen (GKV) werden durch Schwingungen verursacht, die von Maschinen und Fahrzeugen am Arbeitsplatz über den Sitz oder die Füße übertragen werden. Im Hochbau treten besonders hohe Schwingungsintensitäten beim Führen von Maschinen und Fahrzeugen auf: spw. auf Gabelhubwagen (mit Mitfahrgelegenheit), Muldenkippern, Radladern, Baggerladern, (Raupen-) Baggern und Staplern [38]. Laut Ergebnis einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung der BG BAU aus dem Jahre 2014 litten 55 % der maschinenführenden Beschäftigten unter GKV [31].

Belastungen durch GKV sind abhängig von Stärke, Dauer, Häufigkeit und Regelmäßigkeit sowie von der Art der Schwingungen. Laut Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ist für GKV der Grenzwert der Tages-Vibrationsexposition von $0,8 \text{ m/s}^2$ für die vertikale Schwingungsrichtung z und $1,15 \text{ m/s}^2$ für die horizontalen Schwingungsrichtungen x und y einzuhalten. Ab dem Auslösewert von $A(8) > 0,5 \text{ m/s}^2$ sind u. a. die Gefährdung zu reduzieren und Präventionsmaßnahmen technischer und organisatorischer Art aufzustellen [36].

Expositionen gegenüber GKV können Wohlbefinden und Leistungsvermögen der Beschäftigten beeinträchtigen und somit Gefährdungen für ihre Gesundheit und Sicherheit darstellen: Niederfrequente Schwingungen des Körpers können zu Übelkeit führen. Darüber hinaus kann lange Exposition gegenüber GKV mit Gefährdungen im Bereich der Lendenwirbelsäule, seltener auch mit Gefährdungen im Nacken-Schulter-Bereich einhergehen. [38]. Über Jahre einwirkende GKV im Sitzen können außerdem bandscheibenbedingte Schädigungen der Wirbelsäule (Berufskrankheit Nr. 2110) verursachen [36]. Möglicherweise wirken sich derartige Schwingungen auch auf das Verdauungssystem, die weiblichen Fortpflanzungsorgane und die peripheren Venen aus. Dies bedarf jedoch noch weiterer Forschung [38]. Im Rahmen von Wechsel- und Kombinationswirkungen können die GKV besonders im Zusammenwirken mit anderen Muskel-Skelett-Gefährdungen (z. B.

ohne Möglichkeiten des Positionswechsels, in gestreckter oder verdrehter Sitzposition und/oder beim manuellem Heben und Tragen von schweren Lasten) sowie mit thermischen Expositionen die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten beeinträchtigen [38].

Hand-Arm-Vibrationen (HAV) betreffen insbesondere Beschäftigte im Baugewerbe (u. a. beim Innenausbau und bei Abbrucharbeiten) [36]. Einwirkungen von HAV treten zumeist bei der Benutzung handgehaltener oder handgeführter, kraftbetriebener Maschinen und Arbeitsgeräte (z. B. Schleifmaschinen) mit einem rotierenden oder oszillierenden Mechanismus auf. Aber auch Einzelstöße durch stationäre oder mobile Maschinen (z. B. Nagler, Bolzensetzer) oder ihrer Bedienelemente bedeuten eine Vibrationseinwirkung [36]. Laut Ergebnis einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchung der BG Bau aus dem Jahre 2014 berichteten insbesondere Beschäftigte beim Mauern (48 %), bei Stuckarbeiten (47 %), beim Fliesenlegen (44 %), bei Malerarbeiten (41 %) und im Trockenbau (36 %) über Teilkörperschwingungen während ihrer Tätigkeiten [31].

Laut Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ist für HAV der Grenzwert der Tages-Vibrationsexposition von $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ einzuhalten. Ab dem Auslösewert von $A(8) > 2,5 \text{ m/s}^2$ sind u. a. die Gefährdung zu reduzieren und Präventionsmaßnahmen technischer und organisatorischer Art aufzustellen. Bei gesundheitsgefährdenden Wechsel- und Kombinationswirkungen (z. B. ungünstigen Körperhaltungen und thermischer Exposition) oder mittelbaren Gefährdungen sind jedoch auch schon bei niedrigeren Tages-Vibrationswerten Präventionsmaßnahmen erforderlich [36].

HAV können akute Beschwerden wie Schmerzen, Beeinträchtigungen der Feinmotorik und des Tastsinns und bei längerfristiger Exposition degenerative Erkrankungen der Knochen und Gelenke, der Blutgefäße sowie der Nervenfunktionen der Finger und Hände verursachen [36].

Das Thema Vibrationen ist – wie auch das folgende Thema Lärm – für die Beschäftigten in der Baubranche vergleichsweise schwer verständlich. Insofern wären Hinweise auf Präventionsmaßnahmen von Nutzen sowie niederschwellige Informationen zu Immissions- und Emissionsdaten, wie sie der Katalog repräsentativer Lärm- und Vibrationsdaten am Arbeitsplatz (KarLA) des Landesamts für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit) bereithält. Schutz vor Vibrationen bieten technische Lösungen (wie der Einsatz von vibrationsarmen und/oder ferngesteuerter Maschinen (wie Stämmgeräte und Verdichter), Werkzeugen, Fahrzeugen und Robotern), organisatorische Maßnahmen (wie Beschränkung vibrationsintensiver Arbeiten auf bestimmte Zeiten) und persönliche Schutzmaßnahmen (wie Unterweisung, arbeitsmedizinische Vorsorge und persönliche Schutzausrüstung (z. B. Vibrationsschutzhandschuhe ausschließlich für HAV mit Schwingungsanteilen mit Frequenzen über 150 Hz (9 000 U/min)) [39]. Technische und personenbezogene Präventionsmaßnahmen bedeuten jedoch oft auch hohe Investitionskosten für die Bauunternehmen.

2.7 Lärm

Im Hochbau, aber auch in der Branche der Abbrucharbeiten (unabhängig davon, ob sie manuell oder maschinell durchgeführt werden), sind die Beschäftigten aufgrund der Nähe zu Maschinen, Fahrzeugen und Geräten hohen Lärmemissionen ausgesetzt: bei der Naturstein-, Beton- und Betonwarenbearbeitung mit stationären Maschinen, Handmaschinen und Geräten (z. B. Steinsägen, Fugenschneidern, Betonbohrern), bei der Oberflächenbearbeitung (z. B. mit Strahlverfahren oder Nadelpistolen), bei Flammstrahlarbeiten, bei Arbeiten mit oder in unmittelbarer Nähe von motorgetriebenen Maschinen älterer Bauart, bei Ein- und Ausscharbeiten sowie Schalungsreinigungen, bei Befestigungsarbeiten (z. B. mit Schlagbohrmaschinen sowie Bolzensetz- und Nagelgeräten), bei Betonverdichtungen mit Außenrüttlern oder Rüttelbohlen, beim Führen des Spritzkopfes bei Betonspritz- und Verputzarbeiten, bei Rammarbeiten (z. B. mit Schlagrammen), bei Arbeiten an und mit Bodenverdichtungsgeräten (z. B. Explosionsstampfern, Rüttelplatten, Vibrationswalzen) sowie bei

allen Arbeiten in unmittelbarer Nähe von Bohreinrichtungen und Maschinen zur Herstellung von Schmal- und Schlitzwänden [40; 41].

Infolge einer andauernden hohen Lärmeinwirkung kommt es bei zahlreichen Beschäftigten der Branche zur Schädigung des Gehörs. So wurden im Zeitraum von 2010 bis 2019 in den Bereichen „Hochbau“ und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ von der BG BAU insgesamt 10 419 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ anerkannt. Letztere war damit die mit Abstand häufigste anerkannte Berufskrankheit für die oben genannten Wirtschaftszweige [32]. Neben den auralen, d. h. auf das Ohr einwirkenden Einflüssen durch die hohen Schalldruckpegel im Hochbau können aber auch extra-aurale Wirkungen auftreten, die nicht von der Höhe des Schalldruckpegels abhängen. Sie werden zu einer Dauerbelastung, die körperliche Stressreaktionen bei den Beschäftigten hervorruft [42]. So kommt es infolge der Lärmexposition in der Regel zur Beeinflussung weiterer physiologischer und psychischer Regulationsmechanismen der Beschäftigten (vegetativ, endokrin, mental, emotional): Zu den häufigsten negativen Auswirkungen des Lärms auf den Menschen gehören physiologische Beeinträchtigungen (wie Erhöhung von Stresshormonen, Verengung der Blutgefäße, Verringerung der Magen-Darm-Bewegung, verstärkte Magnesiumausscheidung) und psychische Belastungen (wie Angst, Anspannung, Ärger, Nervosität und Resignation). Darüber hinaus kommt es durch Lärm in der Regel zu einer Beeinflussung der Leistungsfähigkeit der Beschäftigten, z. B. durch Ablenkung der Aufmerksamkeit, Erhöhung der Fehlerhäufigkeit, Minderung der Konzentration sowie Störung der Kommunikation. Daraus resultiert nicht selten eine erhöhte Unfallgefahr am Arbeitsplatz und im Straßenverkehr. Zu den möglichen gesundheitlichen Langzeitfolgen einer Lärmbelastung gehören daher neben der unheilbaren Schwerhörigkeit z. B. auch ein erhöhtes Risiko für Erkrankungen des Verdauungssystems und für Herz-Kreislauf-Erkrankungen [42].

Da Schwerhörigkeit erst nach vielen Jahren auftritt, nehmen viele Menschen die Gefährdungen durch Lärmexposition nicht ausreichend wahr. Personengetragene Geräte, die mittels Sensoren auf einer Farbskala anzeigen, ob sich Beschäftigte in Lärmbereichen befinden, könnten die Risikowahrnehmung erleichtern. Ansonsten sollte die Prävention nach dem TOP-Prinzip erfolgen: Zweifellos wichtig ist eine frühzeitige Sensibilisierung der Beschäftigten für *technische* Maßnahmen wie Lärminderung durch geeignete Maschinen und Geräte (wie E-Antriebe und Steinscheren) und Verfahren, bspw. das pile-driver-Verfahren, bei dem Stahlbohlen hydraulisch in die Erde gedrückt werden, statt sie mit Schlagrammen in den Grund zu treiben [43]. Eine wichtige *organisatorische* Maßnahme ist der Verzicht auf lärmintensive Arbeitsweisen wie Abblasen zugunsten weniger lauter Alternativen wie dem Absaugen. Zu den *personenbezogenen* Präventionsmaßnahmen gehört in diesem Zusammenhang die Verwendung von Gehörschutz.

Gerade die Beschaffung weniger lärmemittierender Maschinen und Geräte erfordert jedoch meist hohe Investitionen durch die Bauunternehmen. Außerdem gilt es zu beachten, dass das Thema Lärm – wie oben bereits angedeutet – vergleichsweise komplex ist und die Beschäftigten auf dem Bau auch dem Lärm anderer Gewerke ausgesetzt sind.

2.8 UV-Strahlung und thermische Exposition und ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse

Der Großteil der Beschäftigten des Baugewerbes – sowohl bei Abbrucharbeiten, als auch im Hochbau – arbeitet im Freien und ist damit dem Wetter, also Kälte und Hitze, aber auch UV-Strahlung und ungünstigen Sicht- und Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt [44].

2.8.1 UV-Strahlung

Die im Sonnenlicht enthaltene ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) gefährdet Menschen [45] besonders im Zeitraum zwischen April und September, mit der höchsten Strahlungsintensität zwischen 10 und 15 Uhr [44]. Beschäftigte, die viel im Freien arbeiten (wie Beschäftigte im Hochbau und bei Abbrucharbeiten), sind sowohl kurzfristigen als auch langfristigen Gefährdungen ausgesetzt. Dies ist auch bei bewölktem Himmel, im Schatten und – durch Reflexion – in der Nähe heller Flächen (wie Kiesflächen, Sand und Wasser) der Fall [44]. Je kürzer die Wellenlänge der UV-Strahlen, desto energiereicher und gefährlicher ist die Strahlung für die Menschen [45].

Zu den kurzfristigen Gefährdungen durch die UV-Strahlung gehören Sonnenbrände [44]. Bei Kontakt mit bestimmten Chemikalien oder bei Einnahme bestimmter Medikamente besteht das Risiko, dass sich Sonnenbrandreaktionen noch verstärken. Da die UV-Strahlen tief in die Haut eindringen können, besteht die Gefahr, dass sie die Erbsubstanz (DNA) in den Zellen schädigen, auch wenn noch kein Sonnenbrand sichtbar ist [45]. Langfristig haben betroffene Beschäftigte ein erhöhtes Risiko für eine beschleunigte Hautalterung sowie für Augenschäden (wie Linsentrübung, grauer Star, Makula-Degeneration, Netzhautveränderungen, Aderhautmelanom). Schlimmstenfalls können sie an Hautkrebs (Basalzellkarzinom, Plattenepithelkarzinom, Melanom) als Langzeitfolge erkranken: Das Basalzellkarzinom (Basaliom) gehört zu den weniger gefährlichen Erkrankungen, denn es metastasiert sehr selten. Es entsteht überwiegend an sichtbaren Hautstellen, die besonders stark dem Sonnenlicht ausgesetzt sind, vor allem im Gesicht, an den Ohren und auf der Kopfhaut. Das Plattenepithelkarzinom (Spinaliom) hingegen ist gefährlicher, da es ab einer bestimmten Größe Metastasen bilden und zum Tod führen kann. Die von diesem Karzinom am häufigsten befallenen Hautstellen sind Gesicht, Handrücken und Unterarme. Als Vorstufe des Plattenepithelkarzinoms gelten die sogenannten aktinischen Keratosen. Basaliome und Spinaliome werden auch als „weißer“ oder „heller“ Hautkrebs bezeichnet. Wenngleich die Erkrankung die Lebensqualität Betroffener erheblich beeinträchtigen kann, sind die Heilungschancen für diese Krebsarten hoch. Seit der weiße Hautkrebs 2015 als Berufskrankheit anerkannt wurde, ist er die häufigste angezeigte Berufskrankheit in der Bauwirtschaft. Der gefährlichste Hautkrebs ist das maligne Melanom, der schwarze Hautkrebs. Er gilt als besonders bösartig, da sich die Krebszellen in kurzer Zeit über die Blutbahn oder das Lymphgefäßsystem im ganzen Körper ausbreiten können [45].

So wurden im Zeitraum von 2010 bis 2019 in den Bereichen „Hochbau“ und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ von der BG BAU insgesamt 7 535 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 5103 „Hautkrebs, UV-Strahlung“ anerkannt [32].

2.8.2 Thermische Exposition

Für Deutschland wird eine Zunahme extremer Hitzeperioden prognostiziert [46]; d. h. über mehrere Tage treten sehr hohe Temperaturen (von mehr als 30° C) auf und können den Körper bei der Arbeit im Freien stark belasten [44] [47]. Neben der Belastung des Kreislaufs kann die extreme Wärme auch zu akuten Hitzeerkrankungen führen [48]. Dazu gehören Sonnenstich (Reizung der Hirnhäute durch übermäßige Wärmeeinwirkung auf den Kopf) und Hitzeerschöpfung (Überwärmung des gesamten Körpers führt zu Dehydration bis hin zum Schockzustand). Im Extremfall kann die Hitze zu einem lebensgefährlichen Hitzschlag führen. Dieser Hitzschlag geht mit einer extremen Überwärmung des Körpers (> 40 °C) einher, bei der die körpereigene Temperaturregulierung versagt [48]. Langandauernde Hitzeperioden und Luftverunreinigungen führen außerdem zu hohen Ozonwerten. Das kann bei einigen Beschäftigten zusätzlich Augen- und Atemwegsreizungen auslösen [49].

Auf der anderen Seite reagiert der menschliche Körper auf Kälte mit einer Minderdurchblutung des Körperoberflächengewebes, um den Körperkern auf +37 °C zu halten [50]. Kälte (Temperaturen

unter dem Gefrierpunkt oder auskühlender Wind) führt somit zur Verminderung der körperlichen Sensibilität, Geschicklichkeit und des Reaktionsvermögens [48] sowie zur Einschränkung der Beweglichkeit. Aufmerksamkeit und Leistungsvermögen der Beschäftigten nehmen ab und erhöhen die Unfallgefahr [50]. Es kann zu Unterkühlung oder örtlichen Erfrierungen (insbesondere an Fingern und Zehen) kommen [48]. Wiederkehrende längerfristige Expositionen gegenüber Kälte begünstigen die Entstehung chronischer Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (z. B. Rheuma). Kälteexpositionen behindern auch die Genesung von Krankheiten (z. B. von Erkältungen oder bestehenden Muskel-Skelett-Beschwerden) [50].

Insbesondere das unbeständige Herbst- und Winterwetter birgt Risiken für die Sicherheit und Gesundheit: Nässe oder rutschige Böden sowie insbesondere Temperaturen unter dem Gefrierpunkt erhöhen die Unfallgefahr. In den Herbstmonaten des Jahres 2018 registrierte die BG BAU rund 28 900 meldepflichtige Arbeitsunfälle, darunter knapp 6 800 Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle [51].

Im Baugewerbe lassen sich technische und organisatorische Präventionsmaßnahmen häufig nur eingeschränkt umsetzen [50]. Deshalb ist es im Zusammenhang mit UV-Strahlung und Hitze wichtig, Beschäftigte und Arbeitgeber von der Wichtigkeit persönlicher Schutzausrüstung zu überzeugen und frühzeitig zielgruppengerecht zu sensibilisieren. Dazu gehören (z. B. Bauhelme mit Nackenschutz und (atmungsaktive) Wetterschutzkleidung. Aber auch Beschattungssysteme und UV-Schutz-Creme, die den Baustaub nicht auf der Haut bindet, könnten Sonnenschutz bieten, der Akzeptanz unter den Beschäftigten findet. Außerdem sollte eine entsprechende Kultur für das Thema (inklusive regelmäßiger Vorsorgeuntersuchungen) bereits im Rahmen der Primärprävention etabliert werden.

2.8.3 Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse

Da die Schichten der Beschäftigten (besonders bei Abbrucharbeiten) in den frühen Morgenstunden beginnen, herrschen vor allem während der Winterzeit ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse [52].

Die Beleuchtung sollte in Abhängigkeit von der Tätigkeit variieren. Während die mittlere Beleuchtungsstärke für die Allgemeinbeleuchtung an Baustellen 20 Lux beträgt, erfordern Montagearbeiten höhere Beleuchtungsstärken: Erdarbeiten, Hilfs- und Lagerarbeiten benötigen 50 Lux, bei anspruchsvoller Montage und Oberflächenbehandlung werden 200 Lux empfohlen. Gefahrenbereiche auf Baustellen (bspw. Kreuzungen von Fuß- und Fahrzeugverkehr) benötigen außerdem eine zweckmäßige Beleuchtung, um Unfälle zu vermeiden [53].

Eine geringe Beleuchtungsstärke vermindert die Konzentration, Aufmerksamkeit sowie die Wahrnehmung der Beschäftigten. Auch Ermüdung der Augen kann eine Folge sein. Die Leistungsbereitschaft des Menschen nimmt ab. Gleichzeitig steigen Fehler- sowie Unfallhäufigkeit [51-53].

Die Beleuchtung hat aber nicht nur direkten Einfluss auf das Sehvermögen, sondern beeinflusst auch das vegetative Nervensystem und physiologische Parameter wie Blutdruck, Herzrate, Körpertemperatur oder Hormonhaushalt. Zudem wirkt die Beleuchtung auf die innere Uhr und damit verbundene zirkadiane Rhythmen. Lichtintensität, spektrale Zusammensetzung und Lichtverteilung können einen biologischen Effekt auf Psyche, Verhalten und Physiologie der Beschäftigten haben [52].

Im Rahmen der Prävention kann die Förderung neuer Technologien (wie LED-Technik und Kamera-Monitor-Systeme) dabei helfen, Baumaschinen allseitig zu beleuchten und eine 360-Grad-Rundumsicht zu ermöglichen und damit ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse bei Abbrucharbeiten zu reduzieren. Darüber hinaus kann die aktive Beleuchtung an Warnkleidung mittels

Leuchtdioden helfen, Beschäftigte bei diffusen Sichtverhältnissen oder Schattenbildungen auf dem Bau sichtbar zu machen [54].

2.9 Kanzerogene und mutagene Substanzen

Bestandsanierung und -modernisierung spielen in der Baubranche eine immer wichtigere Rolle: Sie zählen mit Klimaschutz, Rohstoff- und Flächenschonung laut Umweltbundesamt zu den Lösungsansätzen für zentrale umweltpolitische Herausforderungen [55]. Eine potenzielle Exposition der Beschäftigten mit kanzerogenen und mutagenen Substanzen wird dadurch – trotz Substitution und Verboten – zukünftig an Relevanz gewinnen. Mineralische Stäube sowie Asbest gehören zu den besonders relevanten kanzerogenen und mutagenen Substanzen, mit denen die Beschäftigte besonders bei Abbrucharbeiten, aber auch im Hochbau in Berührung kommen:

Im Rahmen der Prävention sollten niederschwellige Fachinformationen und Beratungen zu Ersatzstoffen angeboten werden, um das Verständnis der Beschäftigten zu befördern. Die Weiterentwicklung und Möglichkeiten des Einsatzes von Robotik (beispielsweise in Form von Abbruchrobotern) sowie innovative persönliche Schutzausrüstung können ebenfalls helfen, Gefährdungen durch kanzerogene und mutagene Substanzen zu reduzieren. Am Fraunhofer Institut wird bspw. erforscht, inwieweit das Bohren (insbesondere bei Überkopf-Arbeiten) als gängiger, aber gefährdender Prozessschritt in unterschiedlichen Baugewerken von Robotern übernommen werden kann. Voraussetzungen dafür sind allerdings die exakte Lagebestimmung und die Mobilität der Roboter vor Ort [56].

2.9.1 Stäube

Kanzerogene Stoffe begegnen den Beschäftigten auf dem Bau oft in Form von Stäuben. Die Wirkungsweise der Stäube ist abhängig von der Art des Staubes, von der Dauer und Höhe der Staubbelastung, vom Ort der Ablagerung in den Atemwegen und von der Teilchengröße [57]. Je kleiner der Partikeldurchmesser bzw. der aerodynamische Durchmesser, desto tiefer können die Partikel in die Lunge eindringen [58]. Grundsätzlich lassen sich Stäube hinsichtlich Partikelform und -größe unterscheiden: Als einatembarer Staub (E-Staub) bezeichnet man den Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Mund und Nase eingeatmet wird. Er ist definiert bis zu einem aerodynamischen Durchmesser von 100 µm [58]. Alveolengängiger Staub (A-Staub) bezeichnet den Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der bis in die Lungenbläschen vordringt [58].

Stäube von Asbest, Quarz, künstlichen Mineralfasern, Kalk oder auch unlösliche Stäube, die nicht anderweitig reguliert sind, wirken irritativ bzw. fibrogen. Fibrogene Stäube verursachen vorwiegend Gewebeveränderungen in der Lunge [58]. Sie können aber bspw. auch toxisch (z. B. Farbstäube und Cadmium), sensibilisierend (z. B. Nickel und Chromate (Zementstaub)) wirken. Einige Stäube (u. a. von Asbest, Arsen, Chromaten und Azofarbstoffe) können kanzerogen wirken [58]. Somit reicht das Spektrum möglicher Erkrankungen durch Staubexposition von akuter, irritativer oder ätzender Wirkung auf die Atemwege bis zur Verursachung chronischer, entzündlicher Prozesse und der Bildung von Tumoren. Betroffen von den Erkrankungen sind meist die Bronchien (z. B. allergisches Bronchialasthma), die Lunge, aber auch die Schleimhäute der Nase und der Augen, die Haut und – bei sogenannten systemisch wirkenden Gefahrstoffen – weitere Zielorgane im ganzen Körper. Typische Erkrankungen, die von Staub verursacht und als Berufskrankheit anerkannt werden können, sind Silikose, obstruktive Bronchitis oder Siliko-Tuberkulose [58]. In seltenen Fällen kann sogar Explosionsgefahr bestehen und die Beschäftigten gefährden. Dies passiert, wenn brennbare Stäube (bspw. Metall- und Holzstäube) mit Luft eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden, die entzündlich ist [37].

In der Bauwirtschaft tritt bei vielen Tätigkeiten Staub auf, bspw. beim Umgang mit pulverförmigen Produkten, bei Abbruch-, Sanierungs- und Reinigungsarbeiten oder auch bei der Bearbeitung von Baustoffen mit Maschinen [57]. Beschäftigte beim Malen, Mauern, Fliesenlegen, Parkettverlegen, Sanieren, aber auch Beschäftigte bei der Ausstattung von Räumen, des Schreiner- und Steinmetz-Handwerks sind durch Stäube gefährdet. Mit starker Staubentwicklung ist insbesondere trotz Verbot immer noch beim Trockenkehren und Staubabblasen zu rechnen, aber auch beim Stemmen und Meißeln von Estrich-/Betonflächen, beim Fliesen, beim Putzen ohne Absaugung, beim maschinellen Trockenschneiden, beim Schleifen und Fräsen ohne Absaugung, beim Bohren ohne Absaugung sowie beim Abschlagen von Putz und Fliesen ohne Luftreiniger [59].

Präventionsmaßnahmen zur Verhältnis- und Verhaltensprävention können die Gefährdungen der Beschäftigten reduzieren [57], wenn sie von der Zielgruppe wahr- und angenommen werden.

Mineralische Stäube (ohne Faserstäube) und schwerlösliche Stäube

In der Regel handelt es sich im Hochbau und bei Abbrucharbeiten um mineralischen Mischstaub [57] aus Baustoffen zur Gebäudeerrichtung [60], z. B. aus Sand, Kalk, Gips, Zement, Beton [57], Bimsstein, Granit, Kieselschiefer, Quarzit, Sandstein oder Schamotte. Dieser Mischstaub enthält erfahrungsgemäß auch Quarzfeinstaub [57; 61]. Für einige mineralische Stäube gelten Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) [59].

Je nach Art, Größe der Partikel und Ort der Ablagerung kann der Staub zu schwerwiegenden Reizungen und Erkrankungen der Atemwege führen, aber auch der Haut und Augen [59]. Sie reichen von chronischer Bronchitis und Allergien über Lungenemphyseme und Silikosen (Staublungen) bis hin zu Krebs [62] [63]. So sind Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stäuben aus kristallinem Siliciumdioxid in Form von Quarz und Cristobalit ausgesetzt sind, als krebserzeugend eingestuft [64].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden von der BG BAU in den Bereichen „Hochbau“ und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ insgesamt 614 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 4101 „Silikose, Quarz“ anerkannt [32].

Zielgruppenangepasste Information und Sensibilisierung mit Blick auf vorhandene Lösungen sowie folgende Maßgaben zur Prävention dürften in der Branche auch weiterhin eine zentrale Rolle spielen, um Gefährdungen durch Stäube im Hochbau und im Rahmen von ASI-Arbeiten zu reduzieren: Staubarme Maschinen/Geräte und Verfahren wie der Einsatz von Steinscheren, technische Maßnahmen wie der (systematische) Einsatz von Großmaschinen, Luftreinigern, Absaugungen, Nebelkanonen sowie persönliche Schutzausrüstung.

2.9.2 Faserstäube: Asbest und Künstliche Mineralfasern (KMF)

Asbest, aber auch Hochtemperaturwollen und Mineralwolle-Dämmstoffe, gehören zu den Faserstäuben, bei denen es sich um luftgetragene anorganische Partikel handelt, die eine längliche Geometrie besitzen. Eine besondere Rolle spielen dabei Fasern, die eine Länge von mehr als 5 µm und einen Durchmesser kleiner als 3 µm aufweisen und dabei ein Längen-Durchmesser-Verhältnis von 3 :1 überschreiten (WHO-Fasern), da diese in den tieferen Atemwegen gesundheitliche Schäden verursachen [58].

Asbest

Asbest war in Deutschland bis etwa 1990 in vielen Baustoffen enthalten: z. B. in Putzen, Spachtelmassen, Fliesenklebern [15], Faserzement wie Eternit, Leichtbauplatten wie Promabest oder

Baufanit, Dämmstoffen, Bodenbelägen (Flexplatten, Cushion Vinyls) sowie Fassaden- und Dachplatten [65]. Seit Ende der 70er-Jahre sank der Asbestverbrauch durch Substitution sowie Herstellungs- und Verwendungsverbote zunehmend. Ein weitgehend vollständiges Verwendungsverbot gilt in Deutschland seit 1993; in Europa seit 2005 [16]. In der Braubranche kommen Beschäftigte bei ASI-Arbeiten jedoch auch heute noch mit Asbest in Kontakt – geregelt über die TRGS 519 [66]. Bei Arbeiten im Baubestand, die nicht gezielt im Hinblick auf Asbest beauftragt wurden, kommt es – im Gegensatz zur geordneten Asbestsanierung – dagegen regelmäßig zu unkontrollierten Asbestexpositionen.

Asbestfasern können sehr fein aufgespalten werden und gelangen als WHO-Fasern über die Atemwege in den menschlichen Körper. Eingeatmete Asbestfasern sind biopersistent und können schlimmstenfalls Krebserkrankungen der Lungen, des Kehlkopfs, des Brust-, Rippen- oder des Bauchfells sowie des Herzbeutels verursachen [67]. Asbest ist somit als krebserzeugend nach Kategorie 1 A eingestuft, und das bereits seit 1970 [64]. Es kann – mit Latenzzeiten von im Mittel rund 40 Jahren – zu berufsbedingten Krebserkrankungen führen [67; 68]. Sie werden in 80 % der Fälle durch Asbestfasern ausgelöst [69].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden von der BG BAU in den Bereichen „Hochbau“ und „Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe“ insgesamt 3 564 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 4103 „Asbestose, Asbest“, 1 511 Berufskrankheiten mit der BK-Nr.4104 „Lungen-/Kehlkopf-/Eierstockkrebs, Asbest“ und 1 351 Berufskrankheiten mit der BK-Nr.4105 „Mesotheliom, Asbest“ anerkannt [32].

Künstliche Mineralfasern (KMF)

Künstliche Mineralfasern (KMF) sind amorphe silikatische Fasern und werden unterteilt in Mineralwollfasern (Glas-, Stein-, Schlackenwolle), textile Glasfasern, Keramikfasern und Fasern für Spezialzwecke (Glas-Mikrofasern) [70]. Sie werden umgangssprachlich als Glaswolle, Steinwolle, Mineralwolle, Kamilit oder Kamelit bezeichnet und finden überwiegend als Dämmmaterial Verwendung (für die Wärmedämmung, den Kälteschutz, den Brandschutz und die Schalldämmung) [71] [72]. Seit dem Jahr 2000 sind in Deutschland biopersistente Fasern verboten [37] und ausschließlich Mineralfaserprodukte zugelassen, bei denen keine krebserzeugende Wirkung nachgewiesen wurde [73]. Alte KMF (vor 2000 hergestellte Fasern) in Platten, Matten, Filzen, losen Schüttungen oder Schichtungen an Dächern, Decken, Wänden, Rohr- oder Lüftungsleitungen [72] gefährden allerdings nach wie vor die Gesundheit [73] von Beschäftigten bei Abbrucharbeiten und im Hochbau (v. a. bei Dachdeckerarbeiten – siehe Branchenbild „Dachdeckerei, Zimmerei“).

Da sich die KMF in ihrer Zusammensetzung stark unterscheiden, ist für jede Faserart eine gesonderte Bewertung ihres Gefährdungspotenzials erforderlich [71]. Keramische Mineralfasern gehören zu den Stoffen, die wahrscheinlich beim Menschen karzinogen wirken (Kategorie 1B) [64].

Auch zum sicheren Umgang mit Faserstäuben stehen niederschwellige, zielgruppengerechte Informationen zu geeigneten Ersatzmaterialien sowie technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen (wie persönlicher Schutzausrüstung) im Vordergrund [74].

2.9.3 Epoxidharze

Im Hochbau sind die Beschäftigten in zunehmenden Maße Epoxidharzen ausgesetzt, da diese vermehrt in bautypischen Produkten eingesetzt werden [75]. Epoxidharz-Produkte finden in Beschichtungen Anwendung (u. a. für Voranstriche), für Betonsanierungen, zum Korrosionsschutz, zur Rissverharzung und zur Verpressungen [76]. Die Beschäftigten sind besonders bei der Verarbeitung von Epoxidharzen (z. B. beim Auftragen auf die Arbeitsflächen oder durch

Verspritzen/Verschütten beim Mischen) über den Hautkontakt gefährdet. Weitere Gefahrenpotenziale ergeben sich bei Transport und Lagerung beschädigter oder verunreinigter Gebinde, bei der unsachgemäßen Dosierung von Komponenten, beim Kontakt mit verunreinigten Gebinden, Arbeitsgeräten, Kleidungsstücken oder Sicherheitsausrüstungen sowie beim Reinigen von Arbeitsgeräten und bei der Entsorgung von Gebinden [77].

Die Systemkomponenten von Epoxidharzen enthalten gefährliche Substanzen. Der Hautkontakt führt in den meisten Fällen zu Sensibilisierungen wie Reizungen, Rötung, Jucken und Schmerzen der Haut und Augen sowie allergischen Hautreaktionen. Durch einige ungehärtete Epoxidharze können außerdem auch Verätzungen auftreten [77]. Einzelne Komponenten der Epoxidharze wirken wahrscheinlich beim Menschen karzinogen (Kategorie 1B) und können vermutlich vererbare Mutationen in Keimzellen von Menschen auslösen (Kategorie 2) [64].

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden jährlich mehr als 250 neue bestätigte Fälle von Hauterkrankungen, verursacht durch Epoxidharze, bei verschiedenen Unfallversicherungsträgern registriert. Ein Trend zu geringeren Erkrankungszahlen ist nicht erkennbar. Darüber hinaus ist von einer erheblichen Dunkelziffer auszugehen, denn die Angst vor Arbeitsplatzverlust durch Verdachtsmeldungen ist wahrscheinlich groß [75]. Da die Testsubstanzen für Epikutantests knapp sind, sollte die Prävention auch bei der Entwicklung weiterer Testsubstanzen ansetzen.

Da eine zufriedenstellende Substitution der Epoxidharzsysteme jedoch für die meisten Anwendungen technisch bislang nicht möglich ist, müssen andere Maßnahmen zur Prävention ergriffen werden: Neben der fortlaufenden Kontrolle durch die europäische Chemikalienverordnung (REACH) bedarf es neben Hygiene- und Schulungsmaßnahmen zum Umgang mit Epoxidharzen auch hier der Sensibilisierung für die Gefährdungen und die Notwendigkeit von persönlicher Schutzausrüstung [75].

2.9.4 Dieselmotoremissionen

Im Baugewerbe werden mit Diesel betriebene Baumaschinen und -fahrzeuge seit Anfang der 1950er-Jahre eingesetzt [78]. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer gibt es auch heutzutage noch Maschinen und Fahrzeuge ohne Dieselpartikelfilter, obwohl die Pflicht zum Nachrüsten besteht [79]. Arbeiten mit Dieselmotoren erfolgen meist ebenerdig im Freien, aber auch in ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen wie Hallen [80]. In Abhängigkeit davon sind Beschäftigte bei Abbrucharbeiten und im Hochbau durch Dieselmotoremissionen mehr oder weniger gefährdet [66].

Die Gefährdung für die Beschäftigten am Arbeitsplatz wird durch die hohe Variationsbreite der emittierten Verbindungen bestimmt, aber auch durch den Motortyp, den Kraftstoff und insbesondere durch die Betriebsweise (Lastzustand, Wartungszustand, Fahrverhalten u. a.) [81]. Tätigkeiten mit Expositionen gegenüber Abgasen von Dieselmotoren sind als krebserzeugend eingestuft [64]. Insbesondere in Gruben und Schächten können dieselbetriebene Baumaschinen ohne Dieselpartikelfilter Beschäftigte gefährden [80]. Die Durchsetzung der Nachrüstpflicht bzw. Anreize zur Weiterentwicklung und Anschaffung neuer, emissionsfreier oder -armer Maschinen könnten Abhilfe schaffen.

2.9.5 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Naphthalin und Teer

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) finden sich in einer Vielzahl von Kunststoffen, Elastomer- oder Gummimaterialien, Lacken, Farben oder anderen Beschichtungen [9], wie Dachpappen im Dachbereich oder teergebundene Korkdämmungen zur Wärmedämmung von Kühlräumen [82]. PAK sind aber auch Bestandteil petrostämmiger Produkte – wie Mineralöl und Kohle – und werden nach Verbrennung über Fahrzeug- und Industrieabgase freigesetzt [9].

Der aromatische Kohlenwasserstoff Naphthalin kann neben vielen anderen Stoffen zu den PAK gezählt werden [83] und war Bestandteil von bis in die 70er Jahre verwendeten Teerklebern, Teerfarben und Teerpappen [84]. Teere wurden damals als Imprägnierungs- und Klebemittel, als Abdichtungs- und Isoliermaterial sowie in Verbindung mit anderen Stoffen (wie Stein, Schlacke, Holz, Filz, Pappe, Kork und Sand) als Bodenbeläge, Isolierungen und Dacheindeckungen (siehe das Branchenbild „Dachdeckerei, Zimmerei“) verwendet [85]. Naphthalin war außerdem in wasserabweisenden Anstrichmitteln auf Teerbasis enthalten und ist Bestandteil von Solvent Naphtha, einem gängigen Lösungsmittelgemisch aus aromatischen Kohlenwasserstoffen [86].

Teere verfügen neben vielen anderen Einzelsubstanzen über einen hohen Anteil von PAK. Tätigkeiten mit Teer- und Trennpappen und insbesondere das Entfernen von Teerkork und Parkettkleber gefährden durch den freigesetzten Staub besonders Beschäftigte bei Abbrucharbeiten ohne Einsatz von Großmaschinen. Gefährdet sind jedoch auch Beschäftigte bei Umbauarbeiten an Dächern, bspw. bei der Entfernung teerhaltiger Dachplatten und Teerpappen, Schwarzabdichtungen und imprägnierten Bauteilen (siehe das Branchenbild „Dachdeckerei, Zimmerei“). Dabei sind die bedeutendsten kritischen Aufnahmewege von PAK im Baugewerbe das Einatmen belasteter Stäube und die Aufnahme über die Haut [85].

Die Leitkomponente der PAK ist das Benzo(a)pyren, das aufgrund seines Gefährdungspotenzials als krebserzeugend, keimzellmutagen und reproduktionstoxisch jeweils nach Kategorie 1B eingestuft ist [64; 85]. PAK können beispielsweise Lungen-, Kehlkopf-, Haut-, Magen- oder Darmkrebs auslösen [9]. Außerdem können sie Hautschädigungen, Blutbildveränderungen, Leber- und Nierenschäden verursachen; führen zu Reizung der Atemwege, Augen und Verdauungstrakt [82]. Sie haben frucht- und entwicklungsschädigende, fortpflanzungs- und fruchtbarkeitsschädigende sowie erbgutverändernde Wirkung [87].

Außerdem weisen Branchenfachleute der Gesetzlichen Unfallversicherung darauf hin, dass auch lang bekannte Gefahrstoffe wie Blei, Lösungsmittel, Stoffe aus Abbeizern und Holzschutzmitteln, Oxime, Ozon, Tetrahydrofuran (THF)-haltige Quellschweißmittel, Isocyanate und Formaldehyd in der Branche nach wie vor eine wichtige Rolle für die Gesundheit der Beschäftigten spielen. Bestehende Präventionslösungen gilt es hier weiter zu bewerben und Arbeitgeber wie Beschäftigte für die Gesundheitsrisiken zu sensibilisieren.

2.10 Mobilitätsanforderungen/Verkehrsdichte

Zunehmende Mobilitätsanforderungen und Verkehrsdichte sind überall dort relevante Aspekte, wo Menschen zu ihrem Arbeitsplatz anreisen müssen [88]. Durch wechselnde Baustellen kommt es im Hochbau der Baubranche zu täglichen An- und Abfahrtszeiten zur Baustelle [89].

Trotz einer eher durchschnittlichen Pendeldistanz von 9,9 km hat die Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsstelle für die Beschäftigten im Wirtschaftszweig des Baugewerbes zwischen 2000 und 2014 deutlich zugenommen (+ 19 %). Auch für qualifizierte Tätigkeiten (z. B. berufliche Tätigkeit im Handwerk) konnte im Vergleich mit hochqualifizierten Dienstleistungsberufen (+ 6 %) im gleichen Zeitraum ein wesentlich stärkerer Anstieg der Pendeldistanzen verzeichnet werden (ebenfalls + 19 %) [88]. Dass die mittlere Distanz mit knapp 10 km zwischen Wohnort und Arbeitsstelle insbesondere für die Beschäftigten im Wirtschaftszweig des Baugewerbes eher moderat ausfällt [88], kann möglicherweise mit der Beschäftigtenstruktur der Branche erklärt werden, die einen vergleichsweise hohen Anteil von Menschen mit ausländischer Staatsangehörigkeit beschäftigt. Da der Anteil von ausländischen Personen in städtischen Regionen höher ist als auf dem Land, fällt ihr Weg zur Arbeit damit vergleichsweise kürzer aus [88]. Bei internationalen Aufträgen müssen die

Beschäftigten in der Baubranche sogar über lange Distanzen pendeln und es kommt möglicherweise sogar zum Wochenpendeln [89].

Mit dem Pendeln einhergehende unerwünschte gesundheitlichen Folgen wie Erschöpfung, chronische Müdigkeit, Schlafstörungen, Muskelverspannungen, Kopfschmerzen oder Verdauungsbeschwerden [90] treten erst ab einer Dauer von 45 Minuten pro Wegstrecke stark an und sind damit für die Beschäftigten im Hochbau weniger relevant [91]. Belastungen treten dennoch auf, wenn täglich – oft auch unter Zeitdruck – mehrere Arbeitsorte aufzusuchen sind. Grundsätzlich leidet mit steigender Pendeldistanz und vor allem beim Wochenpendeln die Work-Life-Balance der Beschäftigten und damit eine wichtige Ressource zur Gesunderhaltung. Außerdem wurden Wegezeiten bisher nicht entgolten, erst seit dem Abschluss des Tarifvertrags im September 2020 gibt es einen symbolischen Zuschlag als Einstieg in eine bezahlte Wegezeit. Bis zum Juni 2021 soll eine verbindliche Einführung einer Wegezeit-Entschädigung geregelt sein [92].

Es ist jedoch wahrnehmbar, dass hohe Mobilitätsanforderungen vermehrt gesellschaftlich kritisiert werden. Ein weiterer Grund dafür, in Kooperation mit dem Bundesverkehrsministerium die Entwicklung und den Einsatz neuer Technologien (wie autonomes Fahren, GPS-Leitsysteme) voranzutreiben, um einen präziseren und reibungsloseren Verkehrsablauf gewährleisten zu können.

2.11 Mangelnde und/oder sanierungsbedürftige (soziale) Räumlichkeiten und Ausstattung

Sowohl bei Abbrucharbeiten als auch in der Hochbau-Branche gibt es nach Einschätzung der im Risikoobservatorium Befragten Mängel hinsichtlich (sozialer) Räumlichkeiten und Ausstattung.

Zu den Sozialräumen auf Baustellen gehören sowohl Pausen-, als auch Sanitärräume und ggf. vereinzelt sogar Bereitschaftsräume. Die Sanitärräume umfassen Toiletten, Waschgelegenheiten und – bei stärker schmutzenden Tätigkeiten – auch Waschräume/Duschen und Umkleieräume. Bei unzumutbarem Zeitbedarf für die tägliche Heimfahrt, bei Baustellen, die nicht mit dem PKW über das öffentliche Straßennetz erreichbar sind, bei Arbeiten unter erschwerten Bedingungen und bei kurzen Schichtwechsellern sind darüber hinaus auch Unterkünfte vorzusehen, in denen übernachtet werden kann [93]. Leider existieren deutschlandweit keine Studien zum Zustand solcher Räumlichkeiten im Baugewerbe, obwohl eine mangelhafte Einrichtung von Sozialräumen das Betriebsklima negativ beeinflussen und somit das Wohlbefinden der Beschäftigten beeinträchtigen kann [94].

Laut einer österreichischen Studie in der Baubranche wurden neben fehlenden Sozialräumen die fehlende Ausstattung auf Baustellen (z. B. Werkzeuge) und in Baucontainern (z. B. Kühlschränke) als psychosoziale Risiken identifiziert [89]. Inwieweit diese Ergebnisse auch auf die deutsche Baubranche übertragbar sind, lässt sich nicht sagen.

Es steht allerdings zu vermuten, dass der Wettbewerb um Fachkräfte im Baugewerbe u. a. dazu führt, dass sich Arbeitsbedingungen zumindest im Handwerk auch im Hinblick auf angemessene (soziale) Räumlichkeiten und Ausstattung verbessern. Im Zuge von COVID-19 dürften sich besonders auch hygienische Bedingungen auf den Baustellen verbessern.

2.12 Schimmelsporen

Besonders im Rahmen von Abbrucharbeiten können die Beschäftigten mit biologischen Arbeitsstoffen wie z. B. Schimmelpilzen, Taubenkot oder Exkrementen von Nagetieren in Kontakt kommen [37].

Viele Schimmelpilzarten sind grundsätzlich in der Lage, toxische Substanzen (Mykotoxine) zu bilden. Ein Kontakt mit mykotoxinhaltigen Stäuben ist bspw. beim Entfernen von verschimmelten Baumaterialien möglich [95], denn bei Abbrucharbeiten von und in Gebäuden werden kontinuierlich Staub und Sporen aufgewirbelt, und die Konzentration der Schimmelpilzsporen steigt im Regelfall beträchtlich an [96].

Grundsätzlich können Biostoffe durch Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut in den Körper der Beschäftigten gelangen: Eine Aufnahme über die Atemwege erfolgt insbesondere bei der Freisetzung oder Aufwirbelung von Stäuben, in dem biologische Arbeitsstoffe enthalten sind (Bioaerosole). Die Aufnahme durch Verschlucken erfolgt z. B. durch Berühren des Mundes mit verschmutzten Händen, Handschuhen oder Gegenständen (Schmierinfektion). Aufgeweichte Haut bei Feuchtarbeiten, Spritzer in die Augen, trockene und rissige Haut sowie Verletzungen der Haut ermöglichen ebenfalls das Eindringen der Stoffe in den Körper [37].

Gefahren bei der Sanierung von Gebäuden mit Schimmelpilzbefall bestehen vorwiegend in der sensibilisierenden und toxischen Wirkung von Schimmelpilzen; Infektionsrisiken sind bei Gebäudesanierungen eher nicht zu erwarten. Schimmelpilze können allergische Reaktionen auslösen, die von Augenjucken bis hin zur Atemnot reichen können. Die Wahrscheinlichkeit einer sensibilisierenden Wirkung von Schimmelpilzen hängt von der Expositionsart ab und steigt, je häufiger und länger es zur Exposition kommt [95].

Weitere Beratungen sowie die Entwicklung eines e-Lernprogramms zu Gefährdungen durch Schimmelsporen bei Abbrucharbeiten (in unterschiedlichen Sprachen) könnten im Rahmen der Prävention zielführend sein.

3 Fazit

Die Zukunft der Branchen Hochbau- und Abbrucharbeiten prägen nach Einschätzung der befragten Präventionsfachleute zahlreiche Entwicklungen. Für die Beschäftigten bedeuten sie psychische und physische Belastungen, die oft in Kombination auftreten und sich gegenseitig bedingen.

Trotz immer noch durchschnittlicher Altersstruktur ist der Anteil der älterer Beschäftigten im Hochbau in den letzten Jahren stetig gewachsen. Dabei muss vor allem bedacht werden, dass die branchenspezifischen hohen körperlichen Anforderungen für Beschäftigte ab 50 Jahren ein besonderes gesundheitliches Risiko bergen.

Unbesetzte Stellen und Ausbildungsplätze sowie Abwanderung insbesondere wegen gesundheitlicher Gründe und ökonomischer Rahmenbedingungen beschreiben den Fachkräftemangel, der in der Branche mittlerweile als produktionshemmender Faktor gilt.

Die Branche versucht ihm mit einer steigenden Zahl Beschäftigter aus dem Ausland zu begegnen, was in sprachlicher wie sicherheitskultureller Hinsicht neue Anforderungen an den betrieblichen Arbeitsschutz stellt.

Eine weitere Belastung für die Beschäftigten: Trotz voller Auftragsbücher stehen die Hochbau-Unternehmen in großem Wettbewerb zueinander. Termin-, Zeit-, Kosten- und – für einige Tätigkeitsgruppen – Verantwortungsdruck sowie Unsicherheiten ausgelöst durch Pandemien (wie COVID-19) führen dazu, dass sich die Beschäftigten zunehmend erschöpft fühlen.

Hinzu kommen hohe körperliche Belastungen wie Arbeiten mit schweren Lasten, Schwerarbeit und Zwangshaltungen, die zu Muskel-Skelett-Beschwerden (wie Verspannungen im Schulter-Nacken-

Bereich, im unteren Rücken und Funktionseinschränkungen der Kniegelenke) führen können. In Kombination mit Arbeitsverdichtung, aber auch mit Vibrationen und Lärm – ebenfalls in den betroffenen Branchen häufig anzutreffende Einwirkungen – verstärkt sich ihr gesundheitsbeeinträchtigendes Potenzial und dürfte ein Grund dafür sein, dass die Zahl der AU-Tage im Hoch- und Tiefbau zu den höchsten gehört. Im Rahmen der Prävention wären Investitionen der Bauindustrie in neue Technologien zur Entlastung der Beschäftigten wünschenswert.

Arbeiten im Hochbau oder in der Abbruchbranche bedeutet häufig Arbeit im Freien, aber auch Schweißen und thermisches Brennschneiden. Beschäftigte sind deshalb in besonderem Maße hautschädigender UV-Strahlung ausgesetzt. Trotz massiver Sensibilisierungskampagnen der zuständigen Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft bleibt der sichere Umgang mit der Sonne eine Herausforderung in der Branche. Eine diesbezügliche Sicherheitskultur scheint sich in Deutschland nur langsam zu entwickeln.

Zusätzlich belasten Hitze und Kälte die Beschäftigten an zahlreichen Außenarbeitsplätzen. Gesundheitliche Folgen reichen von Hitzeerschöpfung bis Unterkühlung und lassen auch die Unfallgefahr im Baugewerbe steigen. Letztere wird auch negativ beeinflusst durch ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse.

Inwieweit sich Defizite im Hinblick auf (soziale) Räumlichkeiten und Ausstattung in Deutschland negativ auf das Wohlbefinden der Beschäftigten im Baugewerbe auswirken, bleibt mangels verlässlicher Erhebungen offen. Die befragten Präventionsfachleute im Risikoobservatorium sehen hierin nichtsdestoweniger einen arbeitsschutzrelevanten Faktor von besonderer Bedeutung.

Schließlich stellt auch die zunehmende Mobilität Anforderungen an die Beschäftigten des Baugewerbes. Trotz einer eher durchschnittlichen Pendeldistanz zwischen wechselnden Baustellen hat die Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsstelle im Baugewerbe deutlich zugenommen. Dies bedeutet Zeitverlust sowie bei hoher Verkehrsdichte möglicherweise auch Stress und kann die zur Regeneration wichtige Work-Life-Balance ungünstig beeinflussen.

Mykotoxinhaltige Stäube können bspw. beim Entfernen von verschimmelten Baumaterialien die Beschäftigten gefährden, denn bei Aufräum-, Abbruch- und Sanierungsarbeiten von und in Gebäuden werden kontinuierlich Staub und Sporen aufgewirbelt und die Konzentration der Schimmelpilzsporen steigt im Regelfall beträchtlich an. Gefahren bei derartigen Arbeiten bestehen vorwiegend in der sensibilisierenden und toxischen Wirkung von Schimmelpilzen.

Neben diesen mikrobiologischen und den vielfältigen physikalischen und psychischen Herausforderungen spielen Gefahrstoffe mit ihrem kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischem Potenzial bei Arbeiten im Hochbau und bei ASI-Arbeiten immer noch eine zentrale Rolle. Mögliche Gründe sind das gehäufte Auftreten von Gefahrstoffen in Baumaterialien, das mangelnde Wissen der Beschäftigten über damit einhergehende Risiken (Präventionsmaßnahmen scheinen bei der Zielgruppe oft nicht anzukommen) sowie der Mangel an Ersatzstoffen. Im Rahmen von Abbrucharbeiten kommen diese Ersatzstoffe allerdings zu spät, denn die gefährdenden Substanzen wurden häufig bereits vor Jahrzehnten verbaut.

Zu den besonders bedeutsamen Gefährdungen in den Branchen Hochbau und Abbrucharbeiten gehören schwerlösliche mineralische Stäube (wie Quarzfeinstaub) und Asbest, die (immer noch) eine erhebliche Gefährdung für die Beschäftigten im Hochbau und bei Abbrucharbeiten darstellen. Außerdem spielen künstliche Mineralfasern, Epoxidharze und Dieselmotoremissionen eine Rolle. Langfristig Abhilfe schaffen können hier nur die weitere Entwicklung von Ersatzstoffen für gefährdende Substanzen sowie – und das gilt für sämtliche Risiken in der Branche – niederschwellige

Informationsangebote, die Bewusstsein und Verständnis für das Gefährdungspotenzial bei den Beschäftigten schaffen. Außerdem lassen sich innovative Produkte (bspw. aus dem Maschinenbau) einsetzen, um Tätigkeiten und Verfahren inhärent sicher zu machen, ohne Vorwissen und Motivation auf Seiten der Beschäftigten voraussetzen zu müssen. Inwieweit Nanomaterialien die Gesundheit der Beschäftigten auf dem Bau beeinträchtigen, muss die Forschung noch zeigen.

Einige Faktoren, die zu Belastungen der Beschäftigten im Hochbau und bei ASI-Arbeiten führen können, entziehen sich dem gesetzlichen Zugriff der Unfallversicherung – man denke an wettbewerbsgetriebene Arbeitsverdichtung, demografischen Wandel und Fachkräftemangel. Dennoch kann die gesetzliche Unfallversicherung etwa durch Beratung, Information und Lobbyarbeit im Rahmen ihrer Möglichkeiten auf die zuständigen Instanzen wie Sozial- und Tarifpartner einwirken.

Die hier vorgestellten Ergebnisse lassen sich auch als knappe [Zusammenfassung](#) herunterladen.

Literatur

- [1] Struktur des Bauvolumens nach Baubereichen in Deutschland im Jahr 2018. Hrsg.: Statista 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/202210/umfrage/struktur-des-bauvolumens-nach-nachfragebereichen-in-deutschland/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [2] Berufe im Spiegel der Statistik - Hochbau. Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=BG321®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am 20.07.2020)
- [3] Berufe im Spiegel. Alle Berufe (Insgesamt). Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=ABO®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am 25.03.2020)
- [4] Umsatz im gewerblichen Hochbau in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2019. Hrsg.: Statista 2020
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252817/umfrage/umsatz-im-gewerblichen-tiefbau-in-deutschland/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [5] Wichtige deutsche Bauunternehmen nach Bauleistung im Jahr 2019. Hrsg.: Statista 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36343/umfrage/bauleistung-der-groessten-bauunternehmen-in-deutschland-seit-2007/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [6] Umsatz der Branche Hochbau in Deutschland von 2011 bis 2017 und Prognose bis zum Jahr 2023. Hrsg.: Statista 2019
<https://de.statista.com/prognosen/925021/hochbau-umsatz-in-deutschland> (abgerufen am 20.07.2020)
- [7] Branchenreport 2019. Hochbau. Hrsg.: Sparkassen Finanzgruppe 2019
<https://www.dsgv.de/content/dam/sparkasse/downloads/firmenkunden/hochbau.pdf>
(abgerufen am 20.7.2020)
- [8] Guthardt, S.: Bauwirtschaft: Krise nach der Coronakrise droht. Hrsg.: Deutsche Handwerks Zeitung 2020
<https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/bauwirtschaft-krise-nach-corona-krise-droht/150/3094/401407> (abgerufen am 20.7.2020)
- [9] Verteilung der Insolvenzen im Baugewerbe in Deutschland nach Bereichen im Jahr 2019
Hrsg.: Statista 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152524/umfrage/insolvenzen-im-bauhauptgewerbe-nach-wirtschaftszweigen-im-jahr-2009/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [10] Guthardt, S.: Das sind die wichtigsten Trends am Bau. Hrsg.: Deutsche Handwerks Zeitung 2019
<https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/das-sind-die-wichtigsten-trends-am-bau/150/3094/395986> (abgerufen am 20.7.2020)
- [11] Wollnik, M.: Erstes Wohnhaus aus dem 3D-Drucker. In "Lokalzeit Münsterland", WDR 2020
<https://www1.wdr.de/fernsehen/lokalzeit/muensterland/videos/video-erstes-wohnhaus-aus-dem-d-drucker-100.html> (abgerufen am

- [12] 3. Gefahrtarif der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU)
https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/mitgliedschaft_beitrag/3._Gefahrtarif_BG_BAU_Stand_01_09_2017.pdf (abgerufen am 25.03.2020)
- [13] Aufgaben und Satzung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/die-bg-bau/ueber-uns/aufgaben-und-satzung/> (abgerufen am 25.03.2020)
- [14] Gefahrtarif. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2017
https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/mitgliedschaft_beitrag/3._Gefahrtarif_BG_BAU_Stand_01_09_2017.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [15] DGB-Index Gute Arbeit. Der Report 2017. Hrsg.: Institut DGB-Index Gute Arbeit 2017
<https://igbau.de/Binaries/Binary9980/dgb-index-gute-arbeit-report-2017.pdf> (abgerufen am 20.07.2020)
- [16] Arbeit und Gesundheit. Generation 50 +. Hrsg.: F. Knieps & H. Pfaff, Berlin 2018
https://www.bkk-dachverband.de/fileadmin/publikationen/gesundheitsreport_2018/BKK_Gesundheitsreport_2018.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [17] Psychische Gesundheit und Arbeit. Hrsg.: F. Knieps & H. Pfaff 2019
https://www.bkk-dachverband.de/fileadmin/Artikelsystem/Publikationen/2019/BKK_Gesundheitseport_2019_eBook.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [18] Rudnicka, J.: Bevölkerung – Zahl der Einwohner in Deutschland von 2008 bis 2018 Hrsg.: Statista 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1217/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-seit-2002/> (abgerufen am 10.02.2020)
- [19] Branchenreport Gebäudereinigung. Arbeitszeiten und Arbeitsverhältnisse. Hrsg.: ArbeitGestalten Beratungsgesellschaft mbH 2017
<https://www.arbeitgestaltengmbh.de/assets/projekte/Joboption-Berlin/Broschuere-B Branchenreport-GebRein.pdf> (abgerufen am 23.03.2020)
- [20] Niewalda, S.: "Das Problem wird sich noch verschärfen". Hrsg.: Süddeutsche Zeitung 2020
<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/susanne-niewalda-baubranche-das-problem-wird-sich-noch-verschaerfen-1.4825364> (abgerufen am 20.07.2020)
- [21] Burstedde, A.; Seyda, S.: Wo der Engpass am größten ist Hrsg.: Institut der deutschen Wirtschaft (IW) 2020
<https://www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/beitrag/alexander-burstedde-susanne-seyda-wo-der-engpass-am-groessten-ist.html> (abgerufen am 20.07.2020)
- [22] Zu wenige Handwerker für den Bau. Hrsg.: Frankfurter Allgemeine 2018
<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/bauen/zu-wenig-handwerker-fuer-den-bau-wegen-fachkraeftemangel-15734246.html> (abgerufen am 20.07.2020)
- [23] Guthardt, S.: Das sind die wichtigsten Trends am Bau. Hrsg.: Deutsche Handwerks Zeitung 2019
<https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/das-sind-die-wichtigsten-trends-am-bau/150/3094/395986> (abgerufen am 20.7.2020)

- [24] Abwanderung von Fachkräften aus der Bauwirtschaft: Was tun? Hrsg.: ARCHmatic - Alfons Oebbeke 2018
<https://www.baulinks.de/webplugin/2018/1521.php4> (abgerufen am 20.7.2020)
- [25] Mehr Ausbildungsverhältnisse am Bau trotz Corona-Pandemie. Hrsg.: SOKA-BAU, Wiesbaden 2021
<https://www.soka-bau.de/soka-bau/medien/nachrichten/beitrag/mehr-ausbildungsverhaeltnisse-am-bau-trotz-corona-pandemie> (abgerufen am 04.01.2020)
- [26] 20- bis 24-Jährige: Mehr als die Hälfte hat Abitur. . Hrsg.: Statistisches Bundesamt (DESTATIS) 2019
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/02/PD19_055_213.html (abgerufen am 25.03.2020)
- [27] Fachkräftemangel als größtes Geschäftsrisiko bewertet. Hrsg.: Allgemeine Bauzeitung 2019
<https://allgemeinebauzeitung.de/abz/unternehmen-im-handwerk-fachkraeftemangel-als-groesstes-geschaeftrisiko-bewertet-36489.html> (abgerufen am 20.07.2020)
- [28] Imhof, S.; Wahl-Wachendorf, A.: Belastungen abbauen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2018
https://zeitschriften.bgbau.de/BG_BAU_aktuell_03_2018/html5.html#/20 (abgerufen am 20.07.2020)
- [29] Bauleitung ohne Stress. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2006
https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A17.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (abgerufen am 20.07.2020)
- [30] Damit es gelassen läuft! Tipps, damit Sie und Ihre Mitarbeiter gesund bleiben. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2015
<https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/Arbeitsschutz/bau631.pdf> (abgerufen am 20.07.2020)
- [31] Gesundheitsberichte 2014. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU)
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/arbeitsmedizinische-vorsorge/gesundheitsberichte/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [32] *Persönliche Mitteilung: Anerkennung von Berufskrankheiten in den Branchen "Hochbau", "Tiefbau" und "Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe".* Schneider, S. (2020)
- [33] Brucker, B.: Muskel-Skelett-Erkrankungen vermeiden. Hrsg.: Sicherheitsbeauftragter.de 2017
<https://www.sifa-sibe.de/ergonomie/viel-hilft-viel-bei-der-praevention/> (abgerufen am 17. August 2020)
- [34] Brehm, E.: Die Veränderungen in der Berufsstruktur werden spürbar sein. 2019
<https://www.baugewerbe-magazin.de/mauerwerksbau/interview----die-veraenderungen-in-der-berufsstruktur-werden-spuerbar-sein-.htm?thema=roboter> (abgerufen am 06.11.2020)
- [35] Imagining construction's digital future. Hrsg.: McKinsey & Company 2016
<https://www.deluxemodular.com/hubfs/Third%20Party%20Press%20Downloads/McKinsey-ImaginingConstructionsDigitalFuture.pdf> (abgerufen am 21.10.2020)

- [36] Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2020
<https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/vibrationen/index.jsp> (abgerufen am 17.08.2020)
- [37] Branche Abbruch und Rückbau. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) 2019
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3363> (abgerufen am 17.08.2020)
- [38] Handbuch zum Thema GKV. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2007
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/vibration/pdf/eu_gkv_handbuch.pdf (abgerufen am 17.08.2020)
- [39] Schutz vor Vibrationen. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2016
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2511> (abgerufen am 29.09.2020)
- [40] Lärmquellen in der Praxis. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/laermquellen-in-der-praxis/> (abgerufen am 17.8.2020)
- [41] Lärmquellen in der Praxis. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/laermquellen-in-der-praxis/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [42] Belastung und Gefährdung durch Lärm. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/belastung-und-gefaehrung-durch-laerm/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [43] Kurz, P.: Geräuschemissionen auf Baustellen und wie sie zu vermeiden sind. Hrsg.: Baublatt 2020
<http://www.baublatt.de/startseite/2019/08/27/geraueschemissionen-auf-baustellen-und-wie-sie-zu-vermeiden-sind/>
- [44] Hitzewellen, UV-Strahlung und bodennahes Ozon. Hrsg.: PECO-Institut für nachhaltige Entwicklung e.V. 2020
<http://www.stoprisiko.de/hitze-und-hitzewellen/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [45] Hautkrebs auf dem Vormarsch. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2020
https://www.dguv-lug.de/fileadmin/user_upload_dguvlug/Unterrichtseinheiten/Berufsbildende_Schulen/Sonnenschutz/BBS_03_2020_Hintergrundinfo_Sonnenschutz.pdf (abgerufen am 19.08.2020)
- [46] Auswertung regionaler Klimaprojektionen für Deutschland hinsichtlich der Änderung des Extremverhaltens von Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit. Hrsg.: Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach am Main 2012
https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimaprojektionen/extremereignisse/abschlussbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- [47] UV-Strahlung und Hitze – Schützen Sie sich! Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2019
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Broschuere_Flyer/2018_04_19_UV-Strahlung_und_Hitze_Flyer_A5_V.2_Web.pdf (abgerufen am 19.08.2020)

- [48] Gefährdung durch UV-Strahlung – Hitze und Kälte. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2019
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Bausteine/d_505/d_505.pdf
(abgerufen am 19.08.2020)
- [49] Atemwegsreizung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/sicherheitsdatenblatt/atemwegsreizung/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [50] Kattenbeck, K.: Gesundheitsschutz bei Kältlearbeitsplätzen. Hrsg.: Staatliches Amt für Arbeitsschutz Coesfeld 2005
<https://d-nb.info/982038828/34> (abgerufen am 11.10.2019)
- [51] Wetterfeste Baustelle: Sicher durch den Herbst. Hrsg.: Industriegewerkschaft Bauen - Agrar - Umwelt 2019
<https://igbau.de/Wetterfeste-Baustelle-Sicher-durch-den-Herbst.html> (abgerufen am 19.08.2020)
- [52] Beleuchtung, Licht. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2018
https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Arbeitsumgebungsbedingungen/Beleuchtung-Licht/Beleuchtung-Licht_node.html (abgerufen am 02.07.2018)
- [53] Künstliche Beleuchtung auf Baustellen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2019
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/bausteine/a_024/a_024.htm
(abgerufen am 19.08.2020)
- [54] Aktive Beleuchtung an Warnkleidung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2019
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3689> (abgerufen am 06.11.2020)
- [55] Nachhaltiges Bauen und Wohnen. Ein Bedürfnisfeld für die Zukunft gestalten. Hrsg.: Umweltbundesamt 2010
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3952.pdf>
(abgerufen am 14.09.2020)
- [56] Karl, R.: Roboter auf dem Bau – geht das? 2018
<https://www.baugewerbe-magazin.de/it-am-bau/roboter-auf-dem-bau---geht-das-.htm>
(abgerufen am 06.11.2020)
- [57] Einführung - weniger Staub am Bau. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/staub/einfuehrung-weniger-staub-am-bau/> (abgerufen am 10.09.2020)
- [58] Köhler, M.: Stäube / 1 Gesundheitsgefahren. Hrsg.: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG 2020
https://www.haufe.de/arbeitsschutz/arbeitsschutz-office/staeube-1-gesundheitsgefahren_idesk_PI957_HI2456318.html (abgerufen am 10.09.2020)
- [59] Gesundheitsgefahren durch Staub. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/staub/gesundheitsgefahren-durch-staub/> (abgerufen am 20.07.2020)

- [60] Bagschik, U. e. a.: Quarzexpositionen am Arbeitsplatz. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2006
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep05/biar0806/rep8_06.pdf (abgerufen am 25.03.2021)
- [61] Quarz - silikogener Staub. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/ga_bau/f_g/g60441.htm (abgerufen am 19.08.2020)
- [62] Schluss mit Staub. Lösungen für staubarmes Arbeiten in der Bauwirtschaft. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2016
<https://igbau.de/Binaries/Binary9263/schluss-mit-staub.pdf> (abgerufen am 20.07.2020)
- [63] Branchenlösung Staub bei Elektroinstallationsarbeiten. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM), Köln 2014
<https://medien.bgetem.de/medienportal/artikel/UzAzMg--> (abgerufen am 27.02.2020)
- [64] Liste der krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Stoffe (KMR-Stoffe) Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2020
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3517> (abgerufen am 17.08.2020)
- [65] Factsheet. Asbest in Bauprodukten. Zahlen, Daten, Fakten. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin
https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Thema-Arbeitsschutz/Asbestdialog/asbestdialog-factsheet.pdf?__blob=publicationFile&v=2
(abgerufen am 09.03.2020)
- [66] Nowak, D.: Krebserregende Stoffe im Alltag. 2020
<https://www.krebsgesellschaft.de/onko-internetportal/basis-informationen-krebs/bewusst-leben/sonne-und-freizeit/krebsausloesende-substanzen-und-strahlen.html> (abgerufen am 19.08.2020)
- [67] Asbest. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
<https://www.bgbau.de/service/haeufig-nachgefragt/unfallversicherung-a-z/asbest/> (abgerufen am 14.09.2020)
- [68] Hempel, T.: Berufskrankheiten im Zusammenhang mit Asbest in den Jahren 2010 bis 2017 - Asbestbedingte Berufskrankheiten im Sektionsgut der Hamburger Rechtsmedizin 2010 bis 2017-. Hrsg.: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf 2019
<https://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2019/9971/pdf/Dissertation.pdf> (abgerufen am 19.08.2020)
- [69] Asbestose und Mesotheliom. Hrsg.: ONKO-Internetportal, Berlin 2021
<https://www.krebsgesellschaft.de/onko-internetportal/basis-informationen-krebs/krebsarten/lungenkrebs/asbestose-und-mesotheliom.html> (abgerufen am 12.01.2021)
- [70] Künstliche Mineralfasern (KMF). Hrsg.: Beratungsgesellschaft für Arbeits- und Gesundheitsschutz mbH (BfGA) 2020
<https://www.bfga.de/arbeitsschutz-lexikon-von-a-bis-z/fachbegriffe-j-r/kmf-fachbegriff/>
(abgerufen am 14.09.2020)
- [71] Stroh, K.; Axmann, M.; Fromme, H.: Künstliche Mineralfasern. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt 2019
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_32_kuenstliche_mineralfasern.pdf (abgerufen am 19.08.2020)

- [72] UmweltWissen – Abfall. Künstliche Mineralfasern. Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg 2018
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_32_kuenstliche_mineralfasern.pdf (abgerufen am 30.04.2020)
- [73] Otto, M.; Höppner, S.; Mühlendahl, K. E. v.: Asbest und Künstliche Mineralfasern 2020
<https://www.allum.de/stoffe-und-ausloeser/asbest-und-kuenstliche-mineralfasern> (abgerufen am 19.08.2020)
- [74] Umgang mit "neuen" und "alten" Mineralwolle-Dämmstoffen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft für Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/BAU/G_minwolle/inhalt.htm
(abgerufen am 29.09.2020)
- [75] Steinhausen, M.: Epoxidharze – nur für Profis! Bekanntgabe der Ergebnisse des ARBOUW/BG BAU Epoxidharz-Projekte. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 75 (2015) Nr. 7/8, S. 319-320
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2015_137.pdf
- [76] Baubranche. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2020
<https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/Arbeiten-mit-Gefahrstoffen/Stoffinformationen/Epoxidharze/Baubranche.html> (abgerufen am 15.09.2020)
- [77] Vorsicht beim Umgang mit Epoxidharzen. Eine Information für Bauarbeiter. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Broschuere_Flyer/epoxidharze_676_1.pdf (abgerufen am 19.08.2020)
- [78] Dieselmotoremissionen und Lungenkrebs: Zusammenfassung epidemiologischer Studien. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2015
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2264> (abgerufen am 19.08.2020)
- [79] Neumann, W.; Dahmann, D.; Erhard, T.; Flemming, B.; Hebisch, R.; Nies, E.; Rühl, R.; Spod, U.; Ziegler, C.; Zikoridse, G.: Die neue TRGS 554 "Abgabe von Dieselmotoren" – Hinweise zur Anwendung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 79 (2019) Nr. 7/8, S. 247-254
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2019_086.pdf
- [80] Expositionen gegenüber Dieselmotoremissionen (DME) von Baumaschinen und -fahrzeugen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Gisbau/DMEEExpoBaumasch._Tunnel2020.04.30.pdf
(abgerufen am 17.08.2020)
- [81] Abgase von Dieselmotoren. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2019
https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-554.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (abgerufen am 19.08.2020)
- [82] Fakten über PAK. Hrsg.: bauschadstoffe.ch - Logically BS AG 2020
<https://bauschadstoffe.ch/faktenblatt-pak.html> (abgerufen am 21.09.2020)
- [83] Naphthalin. Hrsg.: Europäische Gesellschaft für Gesundes Bauen und Innenraumhygiene (EGGBI) 2020 (abgerufen am 21.09.2020)

- [84] Sicherheitsdatenblatt - Naphtalin. Hrsg.: Carl Roth 2018
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-6714-CH-DE.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyODQzMzV8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oZTAvaDNmLzg5NDc5MTU1ODc2MTQu cGRmfDgxNDE4MTdINWFmNzA3YTRiZTA3OTUyZTAzNWYxMDM0ZjkwNjkzYzQ0NDE4ZD YxZjc4ZTBmNDdkYzdjMDg0NzQ> (abgerufen am 19.08.2020)
- [85] Klug, M.; Stettinisch, M.: Umgang mit teerhaltigen Materialien im Hochbau. PAK- Handlungsanleitung. Umbau – Instandhaltung –Rückbau. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2007
<https://www.igutec.de/download/pak-handlungsanleitung.pdf> (abgerufen am 19.08.2019)
- [86] Naphthalin. Hrsg.: Europäische Gesellschaft für Gesundes Bauen und Innenraumhygiene (EGGBI) 2020
<https://www.eggbi.eu/forschung-und-lehre/zudiesemthema/raumschadstoff-naphthalin/#c760> (abgerufen am 19.08.2020)
- [87] Klug, M.; Stettinisch, M.; Henzel, H.; Holstein, K.; Bretschneider, K.: Umgang mit teerhaltigen Materialien im Hochbau. PAK-Handlungsanleitung. Umbau - Instandhaltung - Rückbau. Hrsg.: Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische Sicherheit (LAGetSi) Berlin 2007
<https://www.igutec.de/download/pak-handlungsanleitung.pdf> (abgerufen am 28.04.2020)
- [88] Dauth, W.; Haller, P.: Klarer Trend zu längeren Pendeldistanzen. Berufliches Pendeln zwischen Wohn- und Arbeitsort. Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) 2018
<http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb1018.pdf> (abgerufen am 08.07.2019)
- [89] Chance für eine sichere Bauwirtschaft? Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) 2018
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Zeitschrift/Wandel_der_Arbeitswelt_.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [90] Ebert-Rall, T.: Pendler in der Stressfalle? Hrsg.: ÄrzteZeitung 2018
https://www.aerztezeitung.de/kooperationen/pro_dialog/article/961992/mobilitaet-pendler-stressfalle.html (abgerufen am 08.07.2019)
- [91] Jens Hupfeld; Sören Brodersen; Herdegen, R.: Arbeitsbedingte räumliche Mobilität und Gesundheit. Hrsg.: Initiative Gesundheit und Arbeit (iga) 2013
https://www.iga-info.de/fileadmin/redakteur/Veroeffentlichungen/iga_Reporte/Dokumente/iga-Report_25_raeumliche_Mobilitaet_Gesundheit.pdf (abgerufen am 08.07.2019)
- [92] IG BAU nimmt Schlichterspruch zur Bau-Tarifrunde an. Hrsg.: Industriegewerkschaft Bauen-Agar-Umwelt (IG BAU) 2020
<https://igbau.de/IG-BAU-nimmt-Schlichterspruch-zur-Bau-Tarifrunde-an.html> (abgerufen am 17.09.2020)
- [93] Sozialräume auf Baustellen. Hrsg.: BG BAU 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Bausteine/a_025/a_025.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [94] Schmauder, M.: Arbeitswissenschaften. Fernstudium. Hrsg.: Insitut für Arbeitsingenieurwesen (AiW) & Technische Universität Dresden 2005
<https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/itla/aiw/ressourcen/dateien/studium/lehrfachbeschreibungen/fernstudium.pdf?lang=de> (abgerufen am 20.07.2020)

- [95] DGUV-Information 201-028. Gesundheitsgefährdungen durch Biostoffe bei der Schimmelpilzsanierung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V. (DGUV), Berlin Entwurf zur Beschlussfassung Stand 8.7.2019
- [96] Hensiek, J.; Kolbitsch, M.: Schimmelpilzgefahr bei der Gebäudesanierung. Hrsg.: Dr. Curt Haefner-Verlag GmbH 2016
<https://www.sifa-sibe.de/fachbeitraege/gesundheitsliche-risiken-nicht-unterschaetzen/>
(abgerufen am 19.08.2020)

Autorinnen:

Eva Flaspöler und Ina Neitzner Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)