

Tiefbau inklusive Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten

Ausführliches Branchenbild aus dem Risikoobservatorium der DGUV

1 Hintergrund

Das Baugewerbe lässt sich in Tiefbau und Hochbau unterteilen. Zu beiden gehören jeweils auch Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (ASI-Arbeiten). Im Jahr 2018 machte der gewerbliche und öffentliche Tiefbau knapp ein Fünftel des Bauvolumens des deutschen Baugewerbes aus [1].

Zum Tiefbau zählen Grundbau, Verkehrswegebau, Kanalbau, Erdbau, Brückenbau, Tunnelbau, Wasserbau sowie Spezialtiefbau und die Siedlungswasserwirtschaft [2]. Im Tiefbau arbeiten kaum Frauen, ihr Anteil lag im Jahr 2017 (und seit Beginn der Messungen im Jahr 2013 nahezu unverändert) bei lediglich 2,1 % (branchenübergreifend: 46,4 %) [3; 4], während das Baugewerbe insgesamt laut BKK-Statistik im Jahr 2019 bereits einen Wert von 16,4 % aufwies [5].

Für alle Segmente des Tiefbaus werden steigende Umsätze prognostiziert. Deutliche Wachstumsraten verzeichnen sowohl der „Öffentliche Straßenbau“ als auch der „Sonstige öffentliche Bau“ sowie der „Wirtschaftsbau“ [6]. Die Unternehmen ab 20 Beschäftigten erzielten im Tiefbau im Jahr 2019 einen baugewerblichen Umsatz von über 41 Milliarden Euro. Seit 2005 bzw. besonders seit 2015 haben sich die Umsätze damit (stark) positiv entwickelt [7]. Die Auftragseingänge in der deutschen Tiefbaubranche entwickelten sich von 2015 bis 2019 mit einer Zunahme von rund 47 % ebenfalls positiv [8]. Während der Hochbau im August 2020 im Vergleich zum Vorjahresmonat lediglich geringe Umsatzrückgänge verzeichnete, gingen die Umsätze im Tiefbau im selben Zeitraum coronabedingt um 6,0 % zurück [9]. Der Investitionsstau – insbesondere bei der Verkehrsinfrastruktur – dürfte noch über Jahre Wachstumsimpulse bringen [6]. Dank gut gefüllter Auftragsbücher und befristeter Umsatzsteuerabsenkung kam es im Bauhauptgewerbe in Zeiten der Coronapandemie nur vergleichsweise selten zu Existenzängsten. Die schwächelnde Nachfrage im Straßenbau (u. a. bedingt durch Sparzwänge der Gemeinden) führte jedoch zu coronabedingten Umsatzrückgängen und im Vergleich zum Vorjahr zu einer schlechteren Bewertung der aktuellen Geschäftslage durch die Tiefbaubetriebe im März 2021 [10]. Sorge bereiten auch der Fachkräftemangel und die Preisentwicklung der benötigten Materialien auf den Weltmärkten [6].

Im November 2020 gab es im deutschen Tiefbau 209 500 Beschäftigte, was laut Statista einem leichten Anstieg der Beschäftigtenzahlen gegenüber 2018 entspricht [11].

Fast zwei Drittel der Beschäftigten im Tiefbau und damit überdurchschnittlich viele (64,6 % im Vergleich zu branchenübergreifenden 58,8 %) brachten im Jahr 2017 eine anerkannte Berufsausbildung mit; allerdings waren auch 11,5 % der Beschäftigten ohne abgeschlossene Berufsausbildung (branchenübergreifend: 9,4). In weiteren 11,4 % der Fälle war die Ausbildung nicht bekannt – im Vergleich zu 10,4 % über alle Branchen. Letzteres ist auch dem leicht überdurchschnittlichen Anteil von Beschäftigten mit Migrationshintergrund in der Branche geschuldet (s. unten) [3; 4].

Laut Statista stieg die Anzahl der Betriebe der deutschen Tiefbaubranche im Zeitraum von 2009 bis 2019 stetig von 2 167 auf 2 803 Betriebe an [12].

Neue Impulse im Tiefbau gehen von der technologischen Entwicklung aus, die digitalisierte Prozesse und den Einsatz künstlicher Intelligenz mit sich bringt: Beim Building Information Modeling (BIM) beispielsweise werden Bauprozesse digitalisiert. Unternehmen, die mit dieser Digitalisierung mithalten, können zukünftig Effizienzgewinne erzielen, während kleine und weniger investitionsstarke Unternehmen möglicherweise auf der Strecke zu bleiben drohen [6].

Die Branche des Tiefbaus ist bei der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) versichert [13]. 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 [14]. Die Branche Tiefbau (inklusive Straßen- und Gleisbau) findet sich laut Gefahrtarif der BG BAU im Bauwerkgebäude wieder [15]. Im Rahmen des Risikoobservatoriums werden neben dem Tiefbau auch artverwandte Gewerke wie u. a. auch der **Hochbau** analysiert, für die teils eigene Branchenbilder unter <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeiten-4.0/risikoobservatorium/index.jsp> zur Verfügung stehen.

Tabelle 1 zeigt, welche aktuellen Trends und Entwicklungen Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten in der Branche „Tiefbau in der nahen Zukunft beeinflussen werden. Diese Einschätzungen 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 „Tiefbau“ als Ergebnis der Befragungsstufe 2 des Risikoobservatoriums der DGUV, 2019

Rang	Entwicklung
1	Komplexität von Mensch-Maschine-Schnittstellen
2	Fachkräftemangel
3	UV-Strahlung
4	Arbeitsverdichtung, längere Arbeitszeiten und Verantwortungsausweitung
5	Thermische Exposition
6	Demografischer Wandel und unausgewogene Altersstruktur
7	Langanhaltende und/oder einseitige Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems
8	Lärm
9	Mobilitätsanforderungen/Verkehrsdichte

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

Rang	Entwicklung
10	Dieselmotoremissionen
11	Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse
12	Interkulturelle und sprachliche Anforderungen
13	Vibrationen
14	Kanzerogene und mutagene Substanzen
15	Epoxidharze
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 Tiefbau.

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 (aural und extra-aural)
5	Künstliche Mineralfasern
6	Interkulturelle und sprachliche Anforderungen
7	Dieselmotoremissionen
8	Schwerlösliche Stäube
9	UV-Strahlung
10	Schimmelsporen
11	Vibrationen
12	Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse

Rang	Entwicklung
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 zwischen 2017 und 2020 leicht unterdurchschnittlich [16].

Der Krankenstand im Tiefbau betrug im Jahr 2017 6,16 % und lag damit deutlich über dem branchenübergreifenden Durchschnittswert von 4,86 % [17]. So wiesen die Beschäftigten der Branche im Jahr 2018 mit 22,0 überdurchschnittlich viele Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) auf [18]. Dies hängt möglicherweise auch mit einer vergleichsweise ungünstigen Alters- und Geschlechtsstruktur unter den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Tiefbau zusammen [19].

2 Relevante Entwicklungen für Sicherheit und Gesundheit in der Branche „Tiefbau inklusive Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“

2.1 Komplexität von Mensch-Maschine-Schnittstellen

Insbesondere im Straßen- [20] und Gleisbau mit seinen zahlreichen teilautomatisierten Tätigkeiten [21] kommen Großmaschinen wie Radlader, Bagger, Fertiger [20] sowie u. a. Maschinen für Gleisbau und Schwellenaustausch und Planumssanierungsmaschinen mit teils komplexen Mensch-Maschine-Schnittstellen zum Einsatz [22]. Immer mehr aufzunehmende und zu verarbeitende Informationen fordern selbst geübte Beschäftigte. Außerdem stellt die Bedienung von Baumaschinen teils widersprüchliche Anforderungen (z. B. an eine immer schnellere, aber auch sichere Informationsverarbeitung) an die Beschäftigten [23], sodass für den Betrieb und die Instandhaltung von Maschinen mit komplexen Schnittstellen umfangreiches Technikwissen vonnöten ist [24].

Die Entwicklung hin zum Einsatz von immer mehr (teil-)automatisierten Tätigkeiten inklusive komplexer Mensch-Maschine-Schnittstellen vollzog sich im Tiefbau, wo Maschinen seit langem von großer Bedeutung sind, vergleichsweise langsam und wurde – nach Einschätzung von Präventionsfachleuten – von den Beschäftigten relativ gut bewältigt.

Dennoch kommt es im Tiefbau aufgrund neuer und/oder unzureichend gestalteter Mensch-Maschine-Schnittstellen bspw. bei Schnellwechseinheiten immer wieder zu gefährlichen Situationen: Beim Werkzeugwechsel (bspw. von Schaufel zu Verdichter, Fräse oder Zange) kann eine mangelhafte Verriegelung dieser Systeme zu ihrem Herabfallen führen und somit die Beschäftigten im Umfeld der Maschine gefährden. Auch bei Bohrpfahl- und Rammarbeiten sowie beim Einsatz von Seilbaggern im Spezialtiefbau gefährden immer wieder fehlende bzw. nicht festgelegte Anschlagpunkte sowie nicht geeignete Anschlagmittel (z. B. an Bewehrungskörben, Spundbohlen, Trägern und Bohrröhren) Beschäftigte durch herabfallende Lasten [20].

Die Überforderung der Beschäftigten resultiert – nicht anders als in anderen Branchen – besonders aus mangelnder Gebrauchstauglichkeit der Baumaschinen (wie Schnellwechseinrichtungen [25]) und aus hohem Zeit- und Leistungsdruck aufgrund zunehmender Arbeitsverdichtung. Eine ungünstige bzw. komplexe Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (z. B. durch unübersichtliche Software) überfordert viele und wirkt somit als Stressor [26]. Besonders, wenn Beschäftigte nicht ausreichend im Umgang mit Mensch-Maschine-Schnittstellen geschult werden,

erhöht sich die Unfallgefahr [27]. Bei den anspruchsvollen und verantwortungsvollen Tätigkeiten im Tiefbau gehen Unfälle [20] häufig mit Umwelt- und Sachschäden, aber auch mit hohen Gefährdungen für die Beschäftigten einher [28]. Somit ist bei den Beschäftigten an komplexen Mensch-Maschine-Schnittstellen mit psychischen Belastungen, aber auch mit negativen körperlichen Auswirkungen [26] (wie erhöhtem Adrenalin-, Noradrenalin- und Cortisolausschüttungen, erhöhtem Blutdruck, Puls und Blutzucker) zu rechnen [29]. Außerdem kommt es mit zunehmendem Alter häufig zu Einschränkungen der Sehkraft aufgrund langsamerer Akkommodations- und Adaptionsprozesse zwischen Nah- und Fernbereich sowie hellen und dunklen Bereichen [30]. Dadurch können sich Schwierigkeiten beim Umschalten zwischen dem Beobachten des Baustellenverkehrs und dem Bedienen von Informations- und Kommunikationstechnologien an der Mensch-Maschine-Schnittstelle ergeben.

Im Rahmen der Prävention rechnet man durch die in Kürze erwartete Überarbeitung einer Europäischen Norm zu Schnellwechseleinrichtungen mit diesbezüglich erhöhten Sicherheitsanforderungen für die gesamte Baubranche [31]. Allerdings bedarf es weiterer Forschung zur Frage, wie Gefährdungen durch das Herabfallen von Lasten sicher verhindert werden können (bspw. durch Käfigsicherungen bei Bohrpfahl- und Rammarbeiten). Grundsätzlich erfordern Baumaschinen adäquate Schnittstellen zum Menschen – auch im Hinblick auf die Softwareergonomie. Um Risiken für die Beschäftigten im Tiefbau trotz zunehmender Arbeitsverdichtung möglichst gering zu halten, gilt es, bei der Entwicklung von Maschinensoftware Usability-Standards zu berücksichtigen: Dialogprinzipien, Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Fehlertoleranz, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit [32]. Eine adäquate Qualifikation der Beschäftigten (in Form von Schulungen, Fortbildungen und/oder gezielten Unterweisungen zu den Schnittstellen zwischen Mensch und Baumaschinen) ist ebenfalls notwendig, denn mangelnde Qualifikation und Erfahrung können im Tiefbau verheerende Folgen haben [20]. Die Forschung zu und Entwicklung von Maschinen, die nachhaltig an die tatsächlichen Bedürfnisse von Bedien- und Fahrpersonal angepasst sind, sowie die Förderung technischer Weiterentwicklungen (bspw. von Systemen zur Erkennung von Personen im Umfeld einer Erd- und Straßenbaumaschine) sollten Gefährdungen im Zusammenhang mit der Komplexität von Mensch-Maschine-Schnittstellen weiter reduzieren.

2.2 Fachkräftemangel

Der Fachkräftemangel trifft die Baubranche in hohem Maße [33] und damit auch den Tiefbau: Wenngleich sich einzelne Berufszweige (z. B. Baugeräteführung) weiterhin hoher Beliebtheit erfreuen, mussten Betriebe in der Berufsgruppe „Bau, Architektur, Vermessung und Gebäudetechnik“ 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 [34].

Trotz getrüübter Konjunkturaussichten für die Gesamtwirtschaft sind die Auftragsbücher in der Baubranche voll [35]. Der Mangel an geeigneten Arbeitskräften gilt jedoch bei vielen Baubetrieben seit einiger Zeit als bedeutsamster produktionsbehindernder Faktor [36]. 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 [35].

Trotz zunehmender Ausbildungsverhältnisse (+ 3,4 % zwischen 2019 und 2020) [37] und guter Zukunfts- und Berufsperspektiven konnte das für die Fachkräfteversorgung in der Baubranche wichtige Handwerk im Jahr 2018 nicht alle Ausbildungsplätze besetzen [38]. Der Umstand, dass inzwischen in der Altersgruppe der 20- bis 24-Jährigen mehr als jede und jeder zweite die Fachhochschul- oder Hochschulreife (53 %) erreicht [39], dürfte sich auf den Fachkräftemangel in der Branche zusätzlich erschwerend auswirken [38]. Durch Kooperationen mit Berufsverbänden und

hochwertige Qualifikationsmöglichkeiten kann die Attraktivität der Berufe im Tiefbau erhöht werden. Der Einsatz von Baumaschinen im Tiefbau macht die dazugehörigen Berufe für viele Auszubildende interessant. Allerdings sind auch Anerkennung und Wertschätzung für eine berufspraktische Ausbildung und Arbeit [38] und – besonders im Tiefbau – ein gewisses Maß an Qualifikation notwendig. Die Anwerbung weiterer Frauen für eine Ausbildung in der Baubranche ist unter bestimmten Bedingungen ebenfalls denkbar und könnte den Fachkräftemangel reduzieren. Das Fachkräfteeinwanderungsgesetz, das im März 2020 in Kraft getreten ist, soll außerdem qualifizierten Menschen aus Nicht-EU-Staaten den Weg nach Deutschland ebnen [40]. Ob das neue Gesetz seine Wirkung tut, muss sich jedoch erst noch zeigen, denn eine vergleichbare berufliche Qualifikation und gute Deutschkenntnisse lassen sich vermutlich nur selten finden [33].

Fachkräftemangel, gepaart mit demografischen Entwicklungen und Arbeitsverdichtung, erhöht den Druck auf die bestehenden Belegschaften und hat das Potenzial, gesundheitlich beeinträchtigend zu wirken.

2.3 UV-Strahlung, thermische Exposition und ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse

Der Großteil der Beschäftigten des Baugewerbes – auch der Tiefbaubranche – arbeitet im Freien und ist damit Kälte und Hitze, aber auch ultravioletter Strahlung (UV-Strahlung) und ungünstigen Sicht- und Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt [41].

2.3.1 UV-Strahlung

Die im Sonnenlicht enthaltene solare UV-Strahlung gefährdet Menschen [42] besonders im Zeitraum zwischen April und September, mit der höchsten Strahlungsintensität zwischen 10 und 15 Uhr [41]. Beschäftigte, die viel im Freien arbeiten (zum Beispiel im Erdbau, Straßenbau, aber auch Versorgungsleitungsbau) sind sowohl kurzfristigen als auch langfristigen Gefährdungen ausgesetzt. Dies ist auch bei bewölktem Himmel, im Schatten und – durch Reflexion – in der Nähe von hellen Flächen (wie Kiesflächen, Sand und Wasser) der Fall [41]. Je kürzer die Wellenlänge der UV-Strahlen, desto energiereicher und gefährlicher ist die Strahlung für die Menschen [42].

Zu den kurzfristigen Gefährdungen durch die UV-Strahlung gehören Sonnenbrände [41]. 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 [42]. 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 Krebserkrankungen, 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 groß. 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 [42].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden im Wirtschaftszweig „Tiefbau“ von der BG BAU insgesamt 1 138 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 5103 „Hautkrebs, UV-Strahlung“ anerkannt [43].

Neben den Gefährdungen durch solare UV-Strahlung entstehen auf Baustellen beim Schweißen (wie im Pipelinebau) und thermischen Brennschneiden Gefährdungen durch nicht sichtbare UV- und Infrarot-Strahlung. Daraus können Haut- und Augenschäden resultieren, auch Blendung durch intensive sichtbare Strahlung ist möglich. Aufgrund dessen verlangen Schweißarbeiten an wechselnden Einsatzorten eine besondere Sorgfalt bei der Vorbereitung und Ausführung [20].

Im Baugewerbe lassen sich technische und organisatorische Präventionsmaßnahmen (z. B. Sonnenschutz) häufig nur eingeschränkt umsetzen [44]. Deshalb ist es im Zusammenhang mit UV-Strahlung wichtig, Beschäftigte und Arbeitgeber für das Tragen bzw. das systematische Angebot von persönlicher Schutzausrüstung (z. B. Bauhelme mit Nackenschutz, körperbedeckende Kleidung) zielgruppengerecht zu sensibilisieren und zu unterweisen. Die Entwicklung von UV-Schutz-Creme, die den Baustaub nicht auf der Haut bindet, dürfte deren Akzeptanz unter den Beschäftigten erhöhen. Außerdem sollte eine entsprechende Kultur für das Thema (inklusive regelmäßiger Vorsorgeuntersuchungen) bereits im Rahmen der Primärprävention und/oder im Rahmen von Präventionskampagnen etabliert werden. Zusätzlich sollte von rechtlichen Möglichkeiten zur Durchsetzung der UV-Schutz-Vorschriften Gebrauch gemacht werden.

2.3.2 Thermische Exposition

Unfälle mit Verbrennungen sind im Tiefbau keine Seltenheit [45]; sie resultieren häufig aus unachtsamen Arbeiten mit Bitumen im Straßenbau [46]; dabei kann Termindruck durch zunehmende Arbeitsverdichtung eine ursächliche Rolle spielen (s. unten). Bei solchen Unfällen werden die Haut und das darunterliegende Gewebe der Beschäftigten geschädigt oder zerstört. Das reicht von Verbrennungen ersten Grades (wie Hautrötungen, Schwellungen und Schmerzen) bis hin zu Verbrennungen dritten Grades (wie zerstörte Nervenzellen und Defekte, die Hauttransplantationen notwendig machen) [45]. In diesem Kapitel sollen auch Arbeitsumgebungsbedingungen der Beschäftigten im Tiefbau (wie Hitze, Kälte und Zugluft) beleuchtet werden: Zunehmende extreme Hitzeperioden (39) [47] mit sehr hohen Temperaturen von mehr als 30° C über mehrere Tage [41] können Beschäftigte bei der Arbeit im Freien stark belasten [48], gehen aber zumeist mit weniger drastischen gesundheitlichen Folgen einher: Neben der Belastung des Kreislaufs [41] können extreme Temperaturen auch zu akuten Hitzeerkrankungen führen [49]. Dazu gehören Sonnenstich (Reizung der Hirnhäute durch übermäßige Wärmeeinwirkung auf den Kopf) und Hitzeerschöpfung (Überwärmung des gesamten Körpers führt zu Dehydration und zu 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 [49]. Langandauernde Hitzeperioden und Luftverunreinigungen führen außerdem zu hohen Ozonwerten, die bei einigen Beschäftigten zusätzlich Augen- und Atemwegsreizungen auslösen können [50].

Auf der anderen Seite erschweren im Winter Kälte und gefrorener Boden die Arbeit der Beschäftigten im Tiefbau und erhöhen die Unfallgefahr. Der menschliche Körper reagiert auf Kälte mit einer Minderdurchblutung des Körperoberflächengewebes, um die Kerntemperatur des Körpers auf +37 °C zu halten [51]. Kälte (Temperaturen unter dem Gefrierpunkt oder auskühlender Wind) führt somit zur Verminderung der körperlichen Sensibilität, Geschicklichkeit und des Reaktionsvermögens [49]

sowie zur Einschränkung der Beweglichkeit. Aufmerksamkeit und Leistungsvermögen der Beschäftigten nehmen ab [51]. Es kann zu Unterkühlung oder örtlichen Erfrierungen (insbesondere an Fingern und Zehen) kommen [49]. Wiederkehrende längerfristige Expositionen gegenüber Kälte begünstigen die Entstehung chronischer Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems (z. B. Rheuma). Kälteexpositionen verlangsamt zudem das Abklingen von Krankheiten (z. B. von Erkältungen oder bestehenden Muskel-Skelett-Beschwerden) [51].

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 allein rund 28 900 meldepflichtige Arbeitsunfälle, darunter knapp 6 800 Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle [52].

Im Zusammenhang mit Hitze/Kälte ist es wichtig, Beschäftigte und Arbeitgeber für das Tragen bzw. das systematische Angebot von persönlicher Schutzausrüstung (z. B. für den Umgang mit Bitumen) zielgruppengerecht zu sensibilisieren und zu unterweisen. Anreize wie Prämien könnten bei der Umsetzung helfen (bspw. die Ausstattung der Arbeitsplätze von Maschinenführenden mit Klimaanlagen).

2.3.3 Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse

Die Beleuchtung sollte in Abhängigkeit von der Tätigkeit variieren: Während Erdarbeiten, Hilfs- und Lagerarbeiten 50 Lux benötigen, werden bei anspruchsvollerer Montage und Oberflächenbehandlung 200 Lux empfohlen. Gefahrenbereiche auf Baustellen (bspw. Kreuzungen von Fuß- und Fahrzeugverkehr) benötigen außerdem eine zweckmäßige Beleuchtung, um Unfälle zu vermeiden [53]. Ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse gefährden die Beschäftigten besonders im Tunnelbau und bei Schichten in den frühen Morgenstunden während der dunklen Jahreszeit [54; 55].

Eine schwache Beleuchtung 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 die Fehler- sowie Unfallhäufigkeit [52-54], die jedoch – besonders bei der Arbeit mit Baumaschinen und bei Straßenbauarbeiten im fließenden Verkehr – schnell verheerende Auswirkungen haben können: Beschäftigte können ange- oder überfahren, beim Schwenken von Maschinen eingequetscht und getroffen oder aber durch herabfallende Lasten/Arbeitseinrichtungen gefährdet werden [20]. Die Beleuchtung hat aber nicht nur direkten Einfluss auf das Sehvermögen, sondern beeinflusst auch das vegetative Nervensystem und physiologische Parameter wie Blutdruck, Herzrate, Körperkerntemperatur oder Hormonhaushalt. Zudem beeinflusst die Beleuchtung 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 [54].

Zu ungünstigen Sichtverhältnissen kommt es auch beim Bedienen von unübersichtlichen Baumaschinen im Tiefbau: Wenngleich die meldepflichtigen Unfälle mit hydraulischen Löffelbaggern seit Anfang der 2010er-Jahre deutlich zurückgegangen sind, liegen die Unfallzahlen für Minibagger sowie Radlader, Lader und Schaufellader weiter auf hohem Niveau [56]. Dies hängt auch mit der ungünstigen Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen zusammen (s. oben) [57]: Eine unangemessene Menge und Beschaffenheit von Informationen [57], die u. a. Einsicht in rückwärtige Bereiche der Maschine erlauben sollen [58], können die Maschinenführenden einerseits überfordern und zu Unfällen führen [57].

Andererseits können der Einsatz, die Weiterentwicklung und die Förderung von Sichthilfen wie Spiegeln und im zunehmenden Maße Kamera-Monitor-Systemen [58], auch für den rechten Seitenbereich der Maschinen, sowie die Anwendung von Gestaltungsanforderungen für Sichthilfen [58] und Anzeigen können laut einer Studie des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) dabei helfen, eine 360-Grad-Rundumsicht an Baumaschinen zu ermöglichen und damit ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse – die es trotz des Einsatzes von Scheinwerfern gibt – zu reduzieren [57]. Die sensorbasierte Personenerkennung hingegen bedarf in diesem Zusammenhang aufgrund der unübersichtlichen Situationen auf dem Bau noch weiterer Forschungsanstrengungen und höherer Zuverlässigkeit. Darüber hinaus kann Warnkleidung der Klasse 2 oder 3, bei erhöhter Gefährdung [20] und eine aktive Beleuchtung mittels Leuchtdioden an der Kleidung die Sichtbarkeit der Beschäftigten erhöhen [59]. Neben der Anhebung von Herstellernormen sollte(n) die Beleuchtung von Arbeitsplätzen mithilfe von Vorschriften (wie der ASR A3.4) rechtlich durchgesetzt und Bauherren bei Verstößen zur Verantwortung gezogen werden.

2.4 Arbeitsverdichtung, längere Arbeitszeiten, Verantwortungsausweitung:

Termin- und Zeitdruck, besonders im Frühling/Sommer, wird laut einer Studie des Arbeitsmedizinischen-sicherheitstechnischen Dienstes (ASD) von den Beschäftigten der Bauwirtschaft und des Reinigungsgewerbes zunehmend als psychische Belastung wahrgenommen – gemeinsam mit erhöhtem Arbeitsaufkommen und Überforderung [60]. Insbesondere Beschäftigte, die wochen- oder monatsweise wechselnde Einsatzorte haben, sind von hoher Arbeitsintensität und zeitlicher Entgrenzung betroffen [61]. Dennoch waren psychische Beanspruchungen in der Baubranche im Jahr 2018 – sowohl bei Männern als auch bei Frauen – lediglich unterdurchschnittlich stark ausgeprägt [18].

Wenn Arbeitsvolumen und dafür kalkulierte Zeit nicht zusammenpassen, lässt sich dies kurzfristig durch Mehrarbeit auffangen. Wird dies aber zur Regel, drohen Belastung und gesundheitliche Beanspruchung. Übernimmt nicht qualifiziertes Personal die Mehrarbeit und benötigt dafür mehr Zeit als ursprünglich eingeplant, steigt der Zeitdruck zusätzlich. Fehlende Qualifikation und Zeitdruck führen zudem oft zu Mängeln beim Arbeitsergebnis, die Nacharbeit erfordern. So summieren sich Mehraufwände und können einen Dominoeffekt für den gesamten Bauablauf haben [60]. Mittlerweile fühlt sich jede bzw. jeder zweite von Termindruck Betroffene im Baugewerbe belastet. Darunter sind v. a. Beschäftigte in Vorarbeiter- und Polierposition, Baumaschinen- und Kranführende sowie Fachkräfte in Funktionen, die mit besonderer Verantwortung gegenüber der Unternehmensführung, aber auch den anderen Beschäftigten verbunden sind [60]. Demnach lassen sich Kosten-, Zeit- und Termindruck sowie hohe Verantwortung besonders auch bei der Arbeit in Bau- und Objektleitung antreffen. 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 [62]; im Straßenbau kommt der Druck zunehmend auch vonseiten der Allgemeinheit, die zunehmend auf schnelle Wiedereröffnung der Verkehrswege drängt.

Laut dem DGB-Index „Gute Arbeit Report“ waren im Jahr 2017 40 % Beschäftigten im Baugewerbe nach der Arbeit oft oder sehr oft zu erschöpft, um sich noch um private oder familiäre Angelegenheiten zu kümmern. 28 % der Beschäftigten hatten zudem Schwierigkeiten, private Interessen mit ihrer Arbeit zeitlich zu vereinbaren [63].

Darüber hinaus fordern Fachkräftemangel und die Preisentwicklung dringend benötigter Materialien die Unternehmen der Tiefbaubranche [64]. Der Wettbewerb zwischen deutschen Baubetrieben und europäischen Entsendebetrieben ist jedoch geringer ausgeprägt als im Hochbau; dafür steht der

Tiefbau zusätzlich in Konkurrenz zum Landschafts- und Gartenbau [65]. Der Wettbewerb geht häufig zu Lasten der Gehälter in der deutschen Tiefbaubranche [36] und kann weitere Arbeitsverdichtung zur Folge haben.

Im Zusammenhang mit der Arbeitsverdichtung führen Zeitdruck, umfangreiche Überstunden, unzureichendes Pausenregime sowie Arbeit auf Abruf [66] 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 Folgen wie Herzinfarkte, Magengeschwüre und Schlaganfälle.

Aus Stress, Zeitdruck und daraus folgender Unachtsamkeit resultiert außerdem oft menschliches Versagen und/oder sicherheitswidriges Verhalten, auf das ein Großteil der Arbeitsunfälle zurückgeführt werden kann [67]. Die Folgen solcher Unfälle in einer gefährdungsreichen Branche wie dem Tiefbau können erheblich sein: Zusammenstöße mit Baumaschinen und -fahrzeugen und im Straßenbau mit Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs, Abstürze (z. B. an Baugruben- und Böschungskanten), Verbrennungen durch den Umgang mit heißen Massen (wie Asphalt), Elektrounfälle an elektrischen Freileitungen, erdverlegten Kabeln oder anderen elektrischen Anlagen (z. B. im Rohleitungsbau), Brände und/oder Explosionen durch Brenn- und Schweißarbeiten sowie Unfälle durch vernachlässigte Wartung und Instandsetzung von Baumaschinen. Ein besonderes Unfallrisiko und damit verknüpft eine zusätzliche psychische Belastung bestehen im Tiefbau zudem für Baggerfahrende, denn immer noch werden im Zuge von Tiefbauarbeiten Kampfmittel gefunden [20].

Anhaltend erhöhte Muskelspannung aufgrund von Stress durch Arbeitsverdichtung geht oft mit Schmerzen im Rücken-, Schulter- und Nackenbereich einher [62] und kann so die ohnehin körperlich fordernde Arbeit in der Branche (s. unten) erschweren (Kombinationsbelastungen).

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. Schwerwiegende Unfallfolgen lassen sich außerdem bspw. durch die Weiterentwicklung von Fahrer-Rückhaltesystemen und anderer intelligenter Lösungen vermeiden, die verhindern, dass Fahrende bei nicht angelegten Anschnallgurten aus Maschinen geschleudert werden.

2.5 Demografischer Wandel und unausgewogenen Altersstruktur

Seit dem Jahr 2011 ist die Bevölkerung in Deutschland wegen der gestiegenen Geburtenrate und der Zuwanderung auf 83,17 Millionen (Stand: Ende 2019) gewachsen [68]. Gleichzeitig leben und arbeiten die Menschen in Deutschland immer länger. Insofern steigt das Durchschnittsalter der Erwerbstätigen [69].

Laut Umfrage der Betriebskrankenkasse (BKK) betrug das Durchschnittsalter der Beschäftigten im Tiefbau im Jahr 2017 43,6 Jahre. Es lag damit knapp über dem branchenübergreifenden Durchschnittswert von 42,3 Jahren [70]. Jedoch ist der Anteil der 50+-Jährigen in der Branche von 2013 (35,3 %) bis 2017 (39,7 %) stetig angestiegen [71]. Außerdem wiesen die Beschäftigten der Hoch- und Tiefbauberufe im höheren Alter (ab 50 Jahren) im Jahr 2017 über alle Berufshauptgruppen hinweg die zweitgrößte Zahl der Arbeitsunfähigkeitstage auf [70]. Dies ist möglicherweise ein Beleg für die hohen Anforderungen, die die Tätigkeiten in diesen Branchen mit sich bringen.

Somit stellen sich dem Unfallversicherungsträger zunehmend Fragen des alters- und altersgerechten Arbeitsschutzes: Bei gleichzeitiger Arbeitsverdichtung (s. oben) gefährden körperliche Anstrengung und daraus resultierende Muskel-Skelett-Erkrankungen die Gesundheit der alternden Belegschaften in besonderem Maße [72]. Maßnahmen zur Prävention 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. Schon die konsequentere Durchsetzung des Arbeitszeitgesetzes könnte Gefährdungen durch den demografischen Wandel reduzieren.

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

Bautätigkeiten im Tiefbau sind – trotz vermehrtem Maschineneinsatz – fast immer mit körperlicher Belastungen verbunden. Im Rahmen von arbeitsmedizinischen Untersuchungen haben Beschäftigte folgende Belastungsangaben gemacht: Die Arbeiten mit schweren Lasten (Heben, Halten, Tragen sowie Ziehen und Schieben von schweren Lasten) sind in der Tiefbaubranche fast allgegenwärtig (97 %), bspw. beim Pflastern und Setzen von Bordsteinen (besonders ohne Versetzhilfe). Ein Großteil der Beschäftigten der Branche (67 %) berichtete außerdem von körperlicher Schwerarbeit, unter der man eine körperlich anstrengende Tätigkeit mit gleichzeitigem Einsatz großer Muskelgruppen und hohem Sauerstoffverbrauch versteht und die z. T. auch im Bücken, Knien und Hocken ausgeführt werden muss. Während Zwangshaltungen (mit verdrehtem Oberkörper) im Tiefbau im Vergleich zur gesamten Baubranche nur unterdurchschnittlich verbreitet sind (27 %), treten Arbeit mit schweren Lasten und körperliche Schwerarbeit in der Branche überdurchschnittlich häufig auf. Insofern ist es wenig verwunderlich, dass bei mehr als einem Viertel der Beschäftigten im Tiefbau – ähnlich wie in der gesamten Baubranche – Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems diagnostiziert wurden. Im Rahmen von arbeitsmedizinischen Untersuchungen wurden im Tiefbau besonders Verspannungen im Schulter-/Nackebereich, im Bereich des unteren Rückens sowie Funktionseinschränkungen der Kniegelenke diagnostiziert. Im Vergleich zu den anderen Gewerken der Bauwirtschaft traten Funktionseinschränkungen der Ellenbogen- und Schultergelenke bei den Beschäftigten im Tiefbau überdurchschnittlich häufig auf, wenngleich sie nur wenige Beschäftigte belasteten [73].

Aufgrund der hohen körperlichen Belastungen belegen die Beschäftigten im Tiefbau (mit einer relativ ungünstigen Alters- und Geschlechtsstruktur im Vergleich zu allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten insgesamt) im Jahr 2018 den neunten Platz der Berufsgruppen mit den meisten AU-Tagen aufgrund von Muskel-Skelett-Erkrankungen [18]: Die Beschäftigten im Hoch- und Tiefbau ab einem Alter von 50 Jahren erreichten mit 1 402 AU-Tagen je 100 Beschäftigte branchenübergreifend sogar 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 [70].

Die stationäre Versorgung bei Krankheiten des Muskel-Skelett-Systems im Berufssegment „Baugewerbe“ fiel im Jahr 2017 sowohl für Beschäftigte mit einem Alter ab 50 Jahren (197 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 [70].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden von der BG BAU im Wirtschaftszweig „Tiefbau“ insgesamt 74 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2108 „Lendenwirbelsäule, Heben und Tragen“ anerkannt [43].

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 [74]. Insofern verwundert es nicht, dass in Westdeutschland im Jahr 2019 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 [75].

Bei Beanspruchungen des Muskel-Skelett-Systems sollten im Rahmen der Prävention zukünftig verstärkt technische Möglichkeiten genutzt werden. Dazu zählen Maschinen mit Anbaugeräten bei Verdichtungsarbeiten, ferngesteuerte Maschinen, technische Arbeits- und Hilfsmittel für den Materialtransport (z. B. Transportzangen, Vakuumentheber und Versetzhilfen bei Pflasterarbeiten und beim Setzen von Bordsteinen, absenkbarer Anhänger und Verladerrampen) und neue technologische Hilfen (z. B. Exoskelette [76]) oder ergonomische Sitze. Die Nutzung spezieller persönlicher Schutzausrüstung sowie Schulungen und Präventionskampagnen können ebenfalls dabei helfen, Muskel-Skelett-Erkrankungen zu vermeiden. Neuartige technische (Weiter-) Entwicklungen sollten dabei gefördert werden. Zusätzlich dazu sollte von rechtlichen Möglichkeiten zur Durchsetzung von Vorschriften im Hinblick auf Gefährdungen durch ergonomische Mängel Gebrauch gemacht werden.

2.7 Lärm

Im Tiefbau sind die Beschäftigten durch den Kontakt und/oder die Nähe zu Maschinen, Fahrzeugen und Geräten hohen Lärmemissionen ausgesetzt: bei Abbrucharbeiten durch Fräsen, Trennschleifer, Abbau- und Bohrhämmer sowie durch Bagger mit Meißeleinrichtungen, bei der Steinbearbeitung (z. B. durch Fugenschneider), bei der Holzbearbeitung (z. B. durch Baustellenkreissägen), bei der Metallbearbeitung (z. B. durch Winkelschleifer), bei der Betonverdichtung mit Rüttelbohlen (z. B. durch Betonfertiger im Straßenbau), beim Führen des Spritzkopfes bei Betonspritzarbeiten sowie bei Verbauarbeiten im Kanalbau (z. B. beim Ein- und Ausbau der Spreizen und Spindeln durch Hammerschläge), bei Rammarbeiten (z. B. mit Schlagrammen), beim Rohrvortrieb im Schlagverfahren mit Bodendurchschlagraketen sowie bei Arbeiten an und mit Bodenverdichtungsgeräten (z. B. Explosionsstamper, Rüttelplatten, Vibrationswalzen) [20]. Darüber hinaus sind Beschäftigte im Straßenbau in unmittelbarer Nähe von Beton- und Schwarzdeckenfertigern, aber auch bei Gleisbau- und Tunnelbauarbeiten hohen Lärmexpositionen ausgesetzt [77]. Beengte Verhältnisse (bspw. im Rohrleitungsbau) können die Lärmexposition durch Schallreflexion noch verstärken und auch die Lärmexposition durch andere Gewerke ist in der Branche häufig [20].

Infolge einer andauernd hohen Lärmeinwirkung kommt es bei zahlreichen Beschäftigten der Branche zur Schädigung des Gehörs. So wurden im Zeitraum von 2010 bis 2019 von der BG BAU im Tiefbau insgesamt 2 213 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 2301 „Lärmschwerhörigkeit“ anerkannt. Letztere war damit die mit Abstand häufigste anerkannte Berufskrankheit für den Wirtschaftszweig [43].

Neben den auralen Wirkungen durch hohe Schalldruckpegel im Tiefbau können aber auch extra-aurale Wirkungen auftreten, die nicht von der Höhe des Schalldruckpegels abhängen. Ständige, wenn auch nicht gehörschädigende Geräuschpegel werden zu einer Dauerbelastung, die körperliche Stressreaktionen bei den Beschäftigten hervorruft [78]. So kommt es infolge der Lärmexposition in der Regel zur Beeinflussung weiterer physiologischer und psychischer Regulationsmechanismen (vegetativ, endokrin, mental, emotional) der Beschäftigten: 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 verringert Lärm in der Regel die

Leistungsfähigkeit der Beschäftigten, z. B. durch Ablenkung, 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 [78].

Da Schwerhörigkeit oft erst nach vielen Jahren auftritt, werden die Gefährdungen durch Lärmexposition von vielen Menschen nicht ausreichend wahrgenommen.

Aufgrund fehlender oder schlecht erreichbarer Stromanschlüsse werden im Tiefbau vorzugsweise Geräte mit Verbrennungsmotoren genutzt, der Einsatz von Akkugeräten oder aber die Kapselung von Geräten könnte hier Abhilfe schaffen. Auch die Entwicklung personengerägener Geräte, die mittels Sensoren auf einer Farbskala anzeigen, ob sich Beschäftigte in Lärmbereichen befinden, wäre ein Beitrag zum Gehörschutz. Grundsätzlich erscheint eine frühzeitige und wiederholte Information und Sensibilisierung der Beschäftigten ebenso wie der Arbeitgeberseite (bspw. anlässlich des „Tages gegen den Lärm“) relevant, um spätere Lärmschwerhörigkeit in der Belegschaft zu vermeiden. Dabei sollte die ganze Palette der technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen eine Rolle spielen, vom Einsatz lärmarmen Arbeitsmittel (z. B. die oben erwähnten Maschinen/Geräte mit Elektroantrieb) und Verfahren (z. B. hydraulische Pile-Driver-Verfahren anstelle von Schlagrammen [79]), über die arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge, bis zum Angebot und Einsatz von Gehörschutz und Otoplastiken). Neben verhaltenspräventiven Maßnahmen spielt vor allem die technische Weiterentwicklung von Maschinen und Verfahren eine wichtige Rolle, um weitere Erfolge in der Bekämpfung von Lärmschwerhörigkeit zu erzielen.

2.8 Mobilitätsanforderungen/Verkehrsdichte

Zunehmende Mobilitätsanforderungen und Verkehrsdichte sind überall dort relevante Aspekte, wo Menschen zu ihrem Arbeitsplatz anreisen müssen [80].

Im Baugewerbe findet sich laut Befragungsergebnissen zum DGB-Index 2020 der höchste Anteil von Beschäftigten mit mobiler Arbeit: 70 % der Beschäftigten gaben im Jahr 2020 mindestens eine Form mobiler Arbeit an. Dazu gehört in der Baubranche besonders die Arbeit bei Kundschaft (63 %). Die Arbeit auf wechselnden Baustellen ist sicherlich ein charakteristisches Merkmal des Baugewerbes [16].

Der BAuA-Arbeitszeitbefragung aus dem Jahr 2020 zufolge arbeiteten im Baugewerbe sogar ungefähr 75 % der Beschäftigten an wechselnden oder mobilen Arbeitsorten. Beschäftigte in Bau- und Ausbauberufen haben deutlich häufiger als Beschäftigte in anderen Berufen hauptsächlich wochen- oder monatsweise, aber auch innerhalb der Woche und täglich wechselnde Einsatzorte [61]. Besonders Beschäftigte von größeren und spezialisierten Tiefbauunternehmen sind oft deutschlandweit im Einsatz. Durch wechselnde Baustellen kommt es teilweise auch im Tiefbau zu täglichen An- und Abfahrtszeiten zur Baustelle. Bei internationalen Aufträgen müssen die Beschäftigten in der Baubranche sogar über lange Distanzen pendeln, mitunter sogar für die ganze Arbeitswoche [81].

Je länger die Strecke und je höher der Zeitaufwand ist, desto belastender wird die Mobilität empfunden. Der Zeitaufwand fällt dabei stärker ins Gewicht als die Wegstrecke. Eine ganz unmittelbare Gefahr beruflich bedingter Mobilität besteht in einer deutlich erhöhten Unfallwahrscheinlichkeit. Während Arbeitswege im statistischen Mittel 1,14 Verletzte auf 1 Mio. Kilometer verursachen, sind es nur 0,53 Verletzte pro eine Mio. Kilometer im Verkehr allgemein. Gründe dafür werden in den

reduzierten Verhaltensspielräumen gesehen. Durch größeren Zeitdruck, ein hohes Stauaufkommen, Verspätungen, aber auch durch überfüllte öffentliche Verkehrsmittel, häufiges Umsteigen und lange Umsteigezeiten kommt es zu einem erhöhten Stresserleben. Zudem kann die Mobilität im Rahmen von Arbeitswegen weniger selbst geplant werden. In der Folge spielt Müdigkeit als Risikofaktor eine größere Rolle als bei privater Mobilität. Hinzu kommen Risiken durch die Nutzung mobiler Informations- und Kommunikationstechnik in Fahrzeugen [82].

Mehr als jeder und jede zweite Beschäftigte mit wochen- oder monatsweise wechselnden Einsatzorten erlebt Termin- und Leistungsdruck (54 %), Entgrenzung sowie damit verknüpfte Überstunden (63 %) [61]. Mit dem Pendeln einhergehende unerwünschte gesundheitliche Folgen wie Erschöpfung, chronische Müdigkeit, Schlafstörungen, Muskelverspannungen, Kopfschmerzen oder Verdauungsbeschwerden [83] treten ab einer Dauer von 45 Minuten pro Wegstrecke auf [84] und könnten somit zumindest für bundesweit Beschäftigte im Tiefbau relevant sein [85]. Grundsätzlich leidet mit steigender Pendeldistanz und vor allem beim Wochenpendeln die ausgeglichene 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. Nun soll eine Lösung für eine verbindliche Einführung einer Wegezeitentschädigung geschaffen werden [86].

Die Belastungen und die stark erhöhte Unfallwahrscheinlichkeit durch Arbeitswege lassen sich bspw. durch Fahrsicherheitstrainings für Betroffene reduzieren.

2.9 Interkulturelle und sprachliche Anforderungen

Mitte 2019 gab es 18,2 % ausländische sozialversicherungspflichtige Beschäftigte im Baugewerbe [87]. Der Anteil der ausländischen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Tiefbau ist zwischen 2013 und 2017 von 8,6 % auf 12,2 % angestiegen [71] und lag damit leicht über dem branchenübergreifenden Durchschnitt von 10,9 % [88]. Im Zuge des branchenweiten Fachkräftemangels und demografischen Wandels werden neben Alter und Qualifikation der Beschäftigten vermutlich auch Sprache und Kultur im Tiefbau zunehmend heterogener. Wo unterschiedliche Nationalitäten und Kulturen aufeinandertreffen, kann es auch zu Missverständnissen und Auseinandersetzungen kommen. Unzureichende Sprachkenntnisse ausländischer Beschäftigter finden sich im Tiefbau zwar längst nicht so häufig wie im Hochbau, stellen den Arbeitsschutz jedoch insofern vor Herausforderungen, als dass Gefährdungsbeurteilungen und Unterweisungen teilweise nicht ohne weiteres verstanden werden. Darüber hinaus kann das hiesige Verständnis für Sicherheit und Gesundheit vom kulturellen Selbstverständnis einzelner zugewanderter Arbeitskräfte abweichen und einen Sozialisierungsprozess erforderlich machen.

Insofern sollten im Rahmen der Prävention kulturelle Besonderheiten untersucht und Strategien in Bezug auf den Arbeitsschutz entwickelt werden. Darüber hinaus versuchen die BG BAU und ihre versicherten Unternehmen bereits auf vielfältige Weise (z. B. mit Piktogrammen, mehrsprachigen Betriebsanleitungen und -anweisungen, Unterweisungen, Sicherheitshinweisen und Vorschriften sowie Förderung von Bildungsangeboten) die sprachlichen Anforderungen an die Beschäftigten zu reduzieren.

2.10 Vibrationen

Belastungen des Menschen durch Vibrationen am Arbeitsplatz lassen sich – abhängig von ihrer Einwirkstelle – in Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen unterscheiden [89].

Ganzkörper-Schwingungen (GKV) wirken von Maschinen und Fahrzeugen über den Sitz oder die Füße auf den Menschen ein. Im Tiefbau treten besonders hohe Schwingungsintensitäten beim Führen von Maschinen und Fahrzeugen auf, bspw. auf Gabelhubwagen, Muldenkippern, Radladern, Baggerladern, (Raupen-)Baggern und Staplern [90]. Laut Ergebnis arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen der BG BAU aus dem Jahr 2014 waren 28 % der maschinenführenden Beschäftigten im Tiefbau durch GKV belastet, das waren mehr als doppelt so viele wie im baubranchenweiten Durchschnitt [73]. 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 [90]. Über Jahre einwirkende GKV im Sitzen können außerdem bandscheibenbedingte Schädigungen der Wirbelsäule (Berufskrankheit Nr. 2110) verursachen [89]. Möglicherweise wirken sich derartige Schwingungen auch auf das Verdauungssystem, die weiblichen Fortpflanzungsorgane und die peripheren Venen aus. Dies bedarf jedoch noch weiterer Forschung [90]. 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 [90].

Hand-Arm-Vibrationen (HAV) betreffen Beschäftigte im Baugewerbe in besonderem Maße [89]. Einwirkungen von HAV treten zumeist bei der Benutzung handgehaltener oder handgeführter kraftbetriebener Maschinen und Arbeitsgeräte mit einem rotierenden oder oszillierenden Mechanismus auf (z. B. Verdichtungsgeräten und Schleifmaschinen). Aber auch Einzelstöße durch stationäre bzw. mobile Maschinen (z. B. Nagler, Bolzensetzer) können die Beschäftigten durch Vibrationen gefährden [89]. Im Rahmen der zuvor erwähnten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen der BG Bau aus dem Jahr 2014 berichteten 44 % der Beschäftigten im Tiefbau über Teilkörperschwingungen während ihrer Tätigkeiten. Das ist ein für die gesamte Baubranche überdurchschnittlicher Wert [73]. 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 in Fingern und Händen verursachen [89].

Niederschwellige Informationen und Hinweise auf besonders gefährdende Tätigkeiten im Tiefbau und dazugehörige Präventionsmaßnahmen wären von Nutzen. Schutz vor Vibrationen bieten technische Lösungen: vibrationsarme Sitze, vibrationsarme und/oder ferngesteuerte Maschinen (z. B. Stemmgeräte und Verdichter), vibrationsarme Werkzeuge (z. B. rückschlagfreie Hämmer), Fahrzeuge oder Roboter. Ähnlich wie im Absatz Lärm weiter oben beschrieben, kann auch hier die Weiterentwicklung und gezielte Förderung innovativer Technik zur Prävention von Schwingungsbelastungen wesentlich beitragen. Außerdem sollten organisatorische Maßnahmen (wie Beschränkung vibrationsintensiver Arbeiten auf bestimmte Zeiten, Unterweisungen und arbeitsmedizinische Vorsorge) und persönliche Schutzausrüstung (z. B. Vibrationsschutzhandschuhe ausschließlich für HAV mit Schwingungsanteilen mit Frequenzen über 150 Hz (9 000 U/min)) systematisch zum Einsatz kommen [91]. Zusätzlich sollte von rechtlichen Möglichkeiten zur Durchsetzung von Vorschriften zur Vibrationsminderung Gebrauch gemacht werden.

2.11 Kanzerogene und mutagene Substanzen

Fast ein Drittel der Beschäftigten im Tiefbau (29 %) gaben 2014 der BG Bau gegenüber an, von gefährlichen Arbeitsstoffen belastet zu sein; das sind mehr als in der gesamten Baubranche (23 %) [73].

Dieselmotoremissionen, mineralische Stube, Bitumen und Epoxidharze gehören zu den besonders relevanten kanzerogenen und mutagenen Substanzen, mit denen die Beschäftigten im Tiefbau in Beruhung kommen: Darüber hinaus werden im Tiefbau z. T. auch Maschinen in gefahrstoffkontaminierten Bereichen eingesetzt (z. B. auf Mülldeponien oder Altlaststandorten), wo die Betroffenen mit Gefahr- und Biostoffen aus belasteten Böden, Baustoffen sowie Deponiegut in Kontakt kommen können [20].

Im Rahmen der Prévention sollten neben Sensibilisierung durch niederschwellige Informations- und Beratungsangebote auch die Weiterentwicklung und Möglichkeiten von (innovativer) persönlicher Schutzausrüstung im Fokus stehen.

2.11.1 Stube

Die Wirkungsweise von Stuben ist abhängig von deren Art, von der Dauer und Höhe der Exposition, vom Ort der Ablagerung in den Atemwegen und von der Teilchengröße [92]. Je kleiner der Partikeldurchmesser bzw. der aerodynamische Durchmesser ist, desto tiefer können die Partikel in die Lunge eindringen [93]. Grundsätzlich lassen sich Stube hinsichtlich Partikelform und -größe unterscheiden: Als einatembare Staub (E-Staub) bezeichnet man den Massenanteil aller Schwebstoffe, die durch Mund und Nase eingeatmet werden und einen aerodynamischen Durchmesser von maximal 100 µm haben [93]. Alveolengängiger Staub (A-Staub) bezeichnet den Massenanteil der eingeatmeten Partikel, die bis in die Lungenbläschen vordringen [93].

Stube von Asbest, Quarz, künstlichen Mineralfasern und Kalk oder auch unlösliche Stube, die nicht anderweitig reguliert sind, wirken irritativ bzw. fibrogen. Fibrogene Stube bewirken vorwiegend Gewebeveränderungen in der Lunge [93]. Sie können aber bspw. auch toxisch (z. B. Farbstube und Cadmium), sensibilisierend (z. B. Nickel und Chromate (Zementstaub)) wirken. Stube (u. a. von Asbest, Arsen, Chromaten und Azofarbstoffe) können kanzerogen wirken [93]. 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 [93]. Die durch Faserstube verursachte Asbestose wird im Kapitel 2.11.2 erläutert. In seltenen Fällen kann sogar Explosionsgefahr bestehen und die Beschäftigten gefährdet. Dies passiert, wenn brennbare Stube (bspw. Metall- und Holzstube) mit Luft eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden, die entzündlich ist [94].

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 [92]. Beschäftigte im Tiefbau sind bei Sanierungsarbeiten besonders durch Stube gefährdet: Mit starker Staubentwicklung ist beim Stemmen und Meißeln von Betonflächen, beim maschinellen Trockenschneiden sowie beim Schleifen, Fräsen und Bohren zu rechnen, sofern hier nicht Absaugungen zum Einsatz kommen [95]. Bei offenen Tunnelvortriebsmaschinen entsteht besonders beim Abbau an der Ortsbrust sowie bei der Förderung Staub [20].

Präventionsmaßnahmen zur Verhältnis- und Verhaltensprevention (wie Staubminimierung durch Staubschilder oder Bedusung mit Wasser, Entstaubung durch Absaugungen, persönliche Schutzausrüstung) können die Gefährdungen der Beschäftigten reduzieren [20; 92], wenn sie von der Zielgruppe wahr- und angenommen werden.

Mineralische Stube (ohne Faserstube)

In der Regel handelt es sich im Tiefbau und insbesondere bei Abbrucharbeiten um mineralischen Mischstaub [92]. Dieser Mischstaub enthält erfahrungsgemäß auch Quarzfeinstaub [92; 96]. Der Quarz kann dabei im Splitt oder im Füller eines Straenbelags enthalten sein [97]. 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 [95]. Sie reichen von chronischer Bronchitis und Allergien [98], über Lungenemphyseme [99] und Silikosen (Staublungen), bis hin zu Krebs [98]. So sind Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stuben aus kristallinem Siliciumdioxid in Form von Quarz und Cristobalit ausgesetzt sind, als krebserzeugend eingestuft [100]. Für einige mineralische Stube gelten Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) [95].

Zielgruppenangepasste Information und Sensibilisierung mit Blick auf vorhandene Lösungen und Maßgaben zur Prävention (staubarme Maschinen/Geräte wie Steinscheren und Verfahren, technische Maßnahmen wie Luftreiniger, Absaugungen, Nebelkanonen und persönliche Schutzausrüstung dürften in der Branche auch weiterhin eine zentrale Rolle spielen, um Gefährdungen durch Stube im Tiefbau zu reduzieren.

2.11.2 Faserstube

Asbest gehört zu den Faserstuben, also zu den luftgetragenen anorganischen Partikeln, 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 deren Längen-Durchmesser-Verhältnis 3 : 1 überschreitet: Das sind die sogenannten WHO-Fasern, die in den tieferen Atemwegen gesundheitliche Schäden verursachen können [93].

Asbest

Asbest war in Deutschland bis etwa 1990 in vielen Baustoffen enthalten [101]. 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 jedoch heutzutage immer noch bei ASI-Arbeiten (geregelt über die TRGS 519) mit Asbest in Kontakt [102]. Dies ist im Tiefbau bspw. beim Fräsen von Straßenbelägen der Fall, wenn asbesthaltige mineralische Rohstoffe im Straßenbelag verwendet wurden [97].

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 Lunge, des Kehlkopfs, des Brust-, Rippen- oder des Bauchfells sowie des Herzbeutels verursachen [103]. Asbest ist somit als krebserzeugend nach Kategorie 1 A eingestuft [100], und das bereits seit 1970. Es kann – mit Latenzzeiten von im Mittel rund 40 Jahren – zu berufsbedingten Krebserkrankungen führen [103; 104]. Mesotheliome werden in 80 - 90 % der Fälle durch Asbestfasern ausgelöst [105].

Im Zeitraum von 2010 bis 2019 wurden von der BG BAU im Wirtschaftszweig „Tiefbau“ insgesamt 123 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 4103 „Asbestose, Asbest“, 98 Berufskrankheiten mit der BK-Nr. 4105 „Mesotheliom, Asbest“ und 71 Berufskrankheiten mit der BK-Nr.4104 „Lungen-/ Kehlkopf-/ Eierstockkrebs, Asbest“ von der BG BAU anerkannt [43].

Auch beim sicheren Umgang mit Faserstuben stehen niederschwellige, zielgruppengerechte Informationen zu geeigneten Ersatzmaterialien [106] sowie zu geeigneten Schutzmaßnahmen im Vordergrund. Zu den technischen Möglichkeiten gehören z. B. die Wasserberieselung des

Branchenbild Tiefbau inklusive Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (2020)

Fräsrotors und der Einsatz dichter Fräswalzengehäuse; als organisatorische Maßnahme kann man die Anzahl der Beschäftigten und Expositionsdauer begrenzen; Arbeitskleidung und Atemschutz schließlich sind wichtige personenbezogene Maßnahmen [97].

2.11.3 Bitumen

Die Beschäftigten im Tiefbau sind besonders bei folgenden Arbeiten gegenüber Bitumen exponiert: beim Transport, beim Fugenverguss mit Heißbitumen, bei der Herstellung und Beförderung von Asphalt, beim Verarbeiten von Walzasphalt im Straßenbau sowie beim maschinellen und händischen Verarbeiten von Gussasphalt (wie beim Heißverarbeiten von Bitumen im Gießverfahren) [46]. Im Straßenbau wird heutzutage ein Asphaltmischgut aus Gesteinskörnungen und Bitumen hergestellt [107]. Man unterscheidet Walz- und Gussasphalteinbau: Im Straßenbau wird zumeist der Walzasphalt verwendet. Der Gussasphalt wird für besondere Zwecke im Straßenbau und als Estrich im Wohnungsbau eingesetzt [108]. Bei der Heißverarbeitung wird Bitumen erhitzt, sodass Dämpfe und Aerosole auftreten. Die Höhe der Emissionen und Belastung der Beschäftigten sind abhängig von der Verarbeitungstemperatur, die bei Walzasphalt bis 180 °C und beim Gussasphalt bis 230 °C beträgt [46]. Der Dampf und das Aerosol bei der Heißverarbeitung von Oxidationsbitumen sind im Bezug auf den Menschen als wahrscheinlich krebserzeugend eingestuft (Kategorie 1B, Richtlinie 67/548/EWG) und werden als bedenklich im Hinblick auf ihre Keimzellmutagenität (Kategorie 2) eingeschätzt [100].

Der gesundheitsbasierte Grenzwert von 1,5 mg/m³ (bezogen auf Bitumenkondensat-Standard) für Dampf und Aerosol bei der Heißverarbeitung von Destillations- und Air-Rectified-Bitumen, also schwach angeblasenes Bitumen, wurde im März 2020 in der TRGS 900 im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gemacht. U. a. für den Walz- und Gussasphalt gilt für den AGW eine Übergangsfrist bis zum Ende 2024 [109], denn bei der Verarbeitung von Walz- und Gussasphalt wird der AGW für die Exposition gegenüber Bitumen in der Regel überschritten [109].

Eine intensive arbeitsmedizinische Betreuung sowie Untersuchung auf eventuelle Belastungen der Atemwege erscheint bei allen Gussasphaltarbeiter/-innen im Rahmen der Prävention sinnvoll. Aus Sicht des Arbeitsschutzes sind Bohlenabsaugung, Absaugungen an Asphaltstraßenfertigern und Niedrigtemperatur-Asphaltemöglichkeiten für den Schutz der Beschäftigten beim Umgang mit heißem Asphalt. Von der Entwicklung der Niedrigtemperatur-Asphaltemöglichkeiten verspricht sich die Asphaltindustrie auch weniger Dämpfe und Aerosole beim Einbau und weniger Emissionen an der Mischanlage [108]. Persönliche Schutzausrüstung (wie gebläseunterstützter Atemschutz) sollte nur die Ultima Ratio sein, nicht zuletzt, weil sie häufig mit anderen Belastungen oder Gefährdungen wie einem eingeschränktem Sichtfeld einhergehen [110].

2.11.4 Dieselmotoremissionen

Im Baugewerbe werden dieselbetriebene Baumaschinen und -fahrzeuge seit Anfang der 1950er-Jahre eingesetzt [111]. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer gibt es auch heutzutage noch Maschinen und Fahrzeuge ohne Dieselpartikelfilter, obwohl die Pflicht zum Nachrüsten besteht [112]. Arbeiten mit Dieselmotoren (z. B. von Rüttelplatten) erfolgen meist ebenerdig im Freien, aber gerade im Tiefbau auch in ganz oder teilweise geschlossenen Arbeitsbereichen wie Hallen, Tiefgaragen, Tunnelbauwerken, Baugruben, Schächten und Gräben [20; 113]. In Abhängigkeit davon sind Beschäftigte im Tiefbau durch Dieselmotoremissionen mehr oder weniger gefährdet [102].

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.) [114]. Tätigkeiten mit

Expositionen gegenüber Abgasen von Dieselmotoren sind als krebserzeugend eingestuft [100]. Insbesondere in (halb-)geschlossenen Räumen (s. oben) können dieselbetriebene Baumaschinen ohne Dieselpartikelfilter Beschäftigte gefährden [113]. Die Durchsetzung der Nachrüstpflicht von Partikelfiltern bzw. Anreize zur Weiterentwicklung und Anschaffung neuer, emissionsfreier oder -armer Maschinen/Motoren und Katalysatoren könnten zusammen mit Lüftungsmaßnahmen Abhilfe schaffen.

2.11.5 Epoxidharze

Im Baugewerbe werden Epoxidharze vermehrt in Produkten eingesetzt [115]. Epoxidharz-Produkte finden sich im Tiefbau für Beschichtungen (u. a. für Tiefgaragen), für Betonsanierungen (u. a. im Tunnelbau), zum Korrosionsschutz, zur Rissverharzung und -verpressung, sowie im Zusammenhang mit Kanalsanierungen [116] und Brückenbau [117]. 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 [118].

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 [118]. Einzelne Komponenten der Epoxidharze wirken wahrscheinlich beim Menschen karzinogen (Kategorie 1B) und können vermutlich vererbare Mutationen in Keimzellen von Menschen auslösen (Kategorie 2) [100].

In den Jahren 2011 bis 2013 wurden jährlich mehr als 250 neue bestätigte Fälle von durch Epoxidharze verursachten Hauterkrankungen bei verschiedenen Unfallversicherungsträgern registriert. Ein Trend zu geringeren Erkrankungszahlen ist nicht erkennbar und Testsubstanzen für Epikutantests sind knapp [115]. Insofern sollte die Prävention auch bei der Entwicklung weiterer Testsubstanzen ansetzen. Eine Auflistung lösungsmittelfreier Epoxidharze als Alternative könnte helfen, die Exposition zu reduzieren.

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 konsequenten Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen sollten Unternehmen ihre Beschäftigten in Hygiene- und Schulungsmaßnahmen zum Umgang mit Epoxidharzen und der damit einhergehenden Gefährdungen sensibilisieren und die Notwendigkeit persönlicher Schutzausrüstung herausstellen [115]. Auch ein verpflichtendes Angebot von Aufenthalts- und Sanitärcontainern, die extern gereinigt werden, kann helfen, die Beschäftigten vor Gefährdungen durch Epoxidharze zu schützen.

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

Zu den Sozialräumen auf Baustellen gehören sowohl Pausen-, als auch Sanitärräume und ggf. vereinzelt sogar Bereitschaftsräume. Die Sanitärräume umfassen Toiletten, Waschelegenheiten und – bei stärker schmutzenden Tätigkeiten – auch Waschräume 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 Schichtwechselln sind darüber hinaus auch Unterkünfte vorzusehen, in denen übernachtet werden kann [119]. Leider existieren deutschlandweit keine Studien zum Zustand solcher Räumlichkeiten im

Baugewerbe, obwohl eine mangelhafte Einrichtung von Sozialräumen das Betriebsklima negativ beeinflussen [120] und somit das Wohlbefinden der Beschäftigten beeinträchtigen kann.

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 [81]. In wieweit diese Ergebnisse auch auf die deutsche Baubranche übertragbar sind, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen.

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

3 Fazit

Die Zukunft der Branche Tiefbau 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.

Der Tiefbau ist besonders durch den Einsatz schwerer Baumaschinen geprägt, deren Teilautomatisierung voranschreitet. Dabei entstehen teils komplexe Mensch-Maschinen-Schnittstellen, deren inadäquate Gestaltung Unfälle und Überforderung zur Folge haben kann. Unbesetzte Stellen und Ausbildungsplätze sind Ausdruck des Fachkräftemangels, der in der Branche mittlerweile als produktionshemmender Faktor gilt. Es wird 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. Gesundheitsschädigende UV-Strahlung tritt im Tiefbau häufig bei Arbeiten im Freien, aber auch beim Schweißen und thermischen Brennschneiden auf. Trotz massiver Sensibilisierungskampagnen der zuständigen Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft bleibt der sichere Umgang mit der Sonne eine Herausforderung in der Branche. Zusätzlich belasten Hitze (auch beim Umgang mit Bitumen im Straßenbau) und Kälte die Beschäftigten an zahlreichen Außenarbeitsplätzen. Gesundheitliche Folgen reichen von Hitzeerschöpfung bis Unterkühlung und lassen auch die Unfallgefahr (inklusive Verbrennungen) im Baugewerbe steigen. Letztere wird auch negativ beeinflusst durch ungünstige Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse, die im Schichtbetrieb und im Tunnelbau häufig sind. Termin-, Zeit-, Kosten- und – für einige Tätigkeitsgruppen – Verantwortungsdruck sowie die besondere Unfallgefahr im Tiefbau führen dazu, dass sich die Beschäftigten zunehmend erschöpft fühlen. Trotz noch durchschnittlicher Altersstruktur ist der Anteil der älteren Beschäftigten im Tiefbau in den letzten Jahren stetig gewachsen. Dabei ist vor allem zu bedenken, dass die branchenspezifischen hohen körperlichen Anforderungen für Beschäftigte ab 50 Jahren ein besonderes gesundheitliches Risiko bergen. Dazu zählen 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 verstärkt sich ihr gesundheitsbeeinträchtigendes Potenzial und dürfte ein Grund dafür sein, dass die AU-Tage im Tief- und Hochbau branchenübergreifend zu den höchsten gehören. 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 auch Stress und kann die zur Regeneration wichtige Work-Life-Balance ungünstig beeinflussen. Inwieweit sich Defizite im Hinblick auf (soziale) Räumlichkeiten am Arbeitsort und deren Ausstattung in Deutschland negativ auf das Wohlbefinden

der Beschäftigten im Baugewerbe auswirken, bleibt mangels verlässlicher Erhebungen offen. Die im Risikoobservatorium befragten Präventionsfachleute sehen hierin nichtsdestoweniger einen arbeitsschutzrelevanten Faktor von besonderer Bedeutung. Neben vielfältigen physikalischen und psychischen Herausforderungen spielen Gefahrstoffe mit ihrem kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischen Potenzial bei Arbeiten im Tiefbau immer noch eine wichtige Rolle. Insbesondere schwerlösliche mineralische Stäube (wie Quarzfeinstaub) und Asbest stellen im Tiefbau (immer noch) eine erhebliche Gefährdung für die Beschäftigten dar. Außerdem spielen Bitumen, Dieselmotoremissionen und Epoxidharze eine Rolle. Langfristig Abhilfe schaffen können nur alternative, emissionsarme Geräte, Maschinen und Verfahren sowie Ersatzstoffe (wenngleich diese für Abbrucharbeiten zu spät kommen). Solche Lösungen erhöhen die Sicherheit ohne Zutun und besondere Motivation auf Beschäftigtenseite. Dessen ungeachtet sind Motivation und Wissen wichtige Voraussetzungen für gelingenden Arbeitsschutz. Niederschwellige Informationsangebote und Sensibilisierungsmaßnahmen helfen mit Blick auf alle genannten Risiken der Branche, Bewusstsein für das Gefährdungspotenzial bei Beschäftigten und Arbeitgebenden zu schaffen und sicheres und gesundes Handeln zu befördern.

Einige Faktoren, die zu Belastungen der Beschäftigten im Tiefbau führen können, entziehen sich dem Zugriff der gesetzlichen 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.

Literatur

- [1] Struktur des Bauvolumens nach Baubereichen in Deutschland im Jahr 2018. Hrsg.: Statista, Hamburg 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/202210/umfrage/struktur-des-bauvolumens-nach-nachfragebereichen-in-deutschland/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [2] Tiefbau. Hrsg.: Marktplatz Mittelstand GmbH & Co. KG, Nürnberg 2020
<https://www.bauunternehmen.org/lexikon/tiefbau/> (abgerufen am 22.12.2020)
- [3] Berufe im Spiegel der Statistik – Tiefbau. Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=BG322®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am 26.08.2020)
- [4] Berufe im Spiegel der Statistik – Alle Berufe (Insgesamt). Hrsg.: Insitut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB), Nürnberg 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=ABO®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am 26.08.2020)
- [5] BKK Gesundheitsreport 2020. Mobilität – Arbeit – Gesundheit. Hrsg.: BKK Dachverband, Berlin 2020
<https://www.bkk-dachverband.de/publikationen/bkk-gesundheitsreport/bkk-gesundheitsreport-2020>. (abgerufen am 17.02.2021)
- [6] Branchenreport 2019 – Tiefbau. Hrsg.: Deutscher Sparkassen Verlag (DSV), Stuttgart 2019
<https://www.dsgv.de/sparkassen-finanzgruppe/publikationen/branchenservice.html> (abgerufen am 25.08.2020)
- [7] Umsatz im Tiefbau in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2019. Hrsg.: Statista, Nürnberg 2020
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/251664/umfrage/umsatz-im-tiefbau-in-deutschland/> (abgerufen am 17.02.2021)
- [8] Index zum Auftragseingang im Tiefbau in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2019. Hrsg.: Statista, Hamburg 2020
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/254914/umfrage/auftragseingang-im-tiefbau-in-deutschland/> (abgerufen am 26.08.2020)
- [9] Umsatz im Bauhauptgewerbe im August 2020: -3,4 % zum August 2019. Hrsg.: Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Wiesbaden 2020
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/11/PD20_444_441.html (abgerufen am 17.02.2021)
- [10] Baugewerbe Hrsg.: ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V., München 2021
<https://www.ifo.de/branchenatlas/baugewerbe> (abgerufen am 13.07.2021)
- [11] Anzahl der tätigen Personen im Tiefbau in Deutschland von November 2018 bis November 2020. Hrsg.: Statista, Hamburg 2021
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/666811/umfrage/beschaefigtenanzahl-im-tiefbau-in-deutschland-nach-monaten/> (abgerufen am 17.02.2021)
- [12] Anzahl der Betriebe im Tiefbau in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2019. Hrsg.: Statista, Hamburg 2020
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/254846/umfrage/betriebsanzahl-im-tiefbau-in-deutschland/> (abgerufen am 26.08.2020)

- [13] 3. Gefahrtarif der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU). Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin
https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/mitgliedschaft_beitrag/3._Gefahrtarif_BG_BAU_Stand_01_09_2017.pdf (abgerufen am 25.03.2020)
- [14] Aufgaben und Satzung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/die-bg-bau/ueber-uns/aufgaben-und-satzung/> (abgerufen am 25.03.2020)
- [15] Gefahrtarif. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2017
https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/mitgliedschaft_beitrag/3._Gefahrtarif_BG_BAU_Stand_01_09_2017.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [16] DGB-Index Gute Arbeit. Jahresbericht 2020. Schwerpunktthema Mobiles Arbeiten. Hrsg.: Institut DGB-Index Gute Arbeit, Berlin 2020
<https://index-gute-arbeit.dgb.de/++co++b8f3f396-0c7f-11eb-91bf-001a4a160127> (abgerufen am 17.02.2021)
- [17] Arbeit und Gesundheit. Generation 50+. BKK Gesundheitsreport 2018. Hrsg.: Franz Knieps & Holger Pfaff, Berlin 2018
https://www.bkk-dachverband.de/fileadmin/user_upload/BKK_Gesundheitsreport_2018.pdf (abgerufen am 24.02.2021)
- [18] Psychische Gesundheit und Arbeit. Hrsg.: F. Knieps & H. Pfaff, Berlin 2019
https://www.bkk-dachverband.de/fileadmin/Artikelsystem/Publikationen/2019/BKK_Gesundheitseport_2019_eBook.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [19] Gesundheitsreport – Arbeitsunfähigkeiten. Hrsg.: Techniker Krankenkasse, Hamburg 2020
<https://www.tk.de/resource/blob/2081662/6382c77f2ecb10cc0ae040de07c6807f/gesundheitsreport-au-2020-data.pdf> (abgerufen am 14.01.2021)
- [20] Branche Tiefbau. DGUV Regel 101-604. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2019
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/DGUV-Regeln/101_604.pdf (abgerufen am 04.01.2021)
- [21] Gleisbau und Instandhaltung. Hrsg.: PMC Media House GmbH, Leverkusen 2021
<https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/gleisbau-und-instandhaltung/> (abgerufen am 04.01.2021)
- [22] Planumssanierungsmaschinen. Hrsg.: PMC Media House GmbH, Leverkusen 2021
<https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/fahrzeuge/grossmaschinen/planumssanierungsmaschinen/> (abgerufen am 04.01.2021)
- [23] Der Mensch ist alternativlos. Hrsg.: Krafthand Medien GmbH, Bad Wörishofen 2017
<https://www.baumaschinendienst.de/artikel/der-mensch-ist-alternativlos-6025/> (abgerufen am 17.02.2021)
- [24] Maschinen für den Schwellenaustausch. Hrsg.: PMC Media House GmbH, Leverkusen 2021
<https://www.gleisbau-welt.de/lexikon/fahrzeuge/grossmaschinen/gleisumbaumaschinen/maschinen-fuer-den-schwellenaustausch> (abgerufen am 17.02.2021)
- [25] Thierbach, M.: Schnellwechseinrichtungen an Baumaschinen – sicher mit besserer Norm. Hrsg.: Kommission für Arbeitsschutz und Normung (KAN), Sankt Augustin 2019
<https://www.kan.de/publikationen/kanbrief/eu-und-normung/schnellwechseinrichtungen-an-baumaschinen-sicher-mit-besserer-norm/> (abgerufen am 13.07.2021)

- [26] Robelski, S.: Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt. Mensch-Maschine-Interaktion. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund/Berlin/Dresden 2016
https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2353-4d.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (abgerufen am 04.01.2021)
- [27] Bengler, K.; Gross, B.: Digital und sicher unterwegs – Mobile Endgeräte im Fahrzeug. DGUV Forum 6 (2018), S. 13-17
https://forum.dguv.de/issues/archiv/2018/05_DGUV_Forum_6_2018.pdf
- [28] Voigt, A.: Sicherer Betrieb von Erdbaumaschinen / 3 Gefährdungen durch Erdbaumaschinen. Hrsg.: haufe.de/arbeitsschutz, Freiburg 2021
https://www.haufe.de/arbeitsschutz/arbeitsschutz-office/sicherer-betrieb-von-erdbaumaschinen-3-gefaehrdungen-durch-erdbaumaschinen_idesk_PI957_HI11200621.html (abgerufen am 04.01.2021)
- [29] Die körperlicher Stressreaktion – Ein Überblick. Hrsg.: Universität Trier, Trier 2008
https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb1/prof/PSB/TKP/Unterlagen_Lehre_2007_2008/Biospsychologie_-_ausgewaehlte_Probleme/koerperliche_Stressreaktion_SoSe08sw.pdf (abgerufen am 12.01.2021)
- [30] Schlag, B.; Weller, G.: Wie verhalten sich Ältere im Verkehr und warum? Hrsg.: Technische Universität Dresden, Dresden 2013
<https://www.aelttere-verkehrsteilnehmer.de/pdf/schlag.pdf> (abgerufen am 12.01.2021)
- [31] Winkler, P.; Münch, V.: Wenn der Löffel nicht richtig verriegelt ist. Baumaschinentechnik. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://bauportal.bgbau.de/bauportal-42020/thema/tiefbau/wenn-der-loeffel-nicht-richtig-verriegelt-ist/> (abgerufen am 13.07.2021)
- [32] Einsatz mobiler Informations- und Kommunikationstechnologie an Arbeitsplätzen. Technische Rahmenkriterien. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2015
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2966>
- [33] Niewalda, S.: "Das Problem wird sich noch verschärfen". Hrsg.: Süddeutsche Zeitung, München 2020
<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/susanne-niewalda-baubranche-das-problem-wird-sich-noch-verschaerfen-1.4825364> (abgerufen am 20.07.2020)
- [34] Burstedde, A.; Seyda, S.: Wo der Engpass am größten ist. Hrsg.: Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Köln 2020
<https://www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/beitrag/alexander-burstedde-susanne-seyda-wo-der-engpass-am-groessten-ist.html> (abgerufen am 20.07.2020)
- [35] Guthardt, S.: Das sind die wichtigsten Trends am Bau. Hrsg.: Deutsche Handwerks Zeitung, Bad Wörishofen 2019
<https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de/das-sind-die-wichtigsten-trends-am-bau/150/3094/395986> (abgerufen am 20.7.2020)
- [36] Abwanderung von Fachkräften aus der Bauwirtschaft: Was tun? Hrsg.: ARCHmatic – Alfons Oebbeke, Ludwigshafen 2018
<https://www.baulinks.de/webplugin/2018/1521.php4> (abgerufen am 20.7.2020)
- [37] 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)
- [38] Zu wenige Handwerker für den Bau. Hrsg.: Frankfurter Allgemeine, Frankfurt am Main 2018
<https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/bauen/zu-wenig-handwerker-fuer-den-bau-wegen-fachkraeftemangel-15734246.html> (abgerufen am 20.07.2020)

- [39] 20- bis 24-Jährige: Mehr als die Hälfte hat Abitur. Hrsg.: Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Wiesbaden 2019
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/02/PD19_055_213.html
(abgerufen am 25.03.2020)
- [40] Fachkräftemangel als größtes Geschäftsrisiko bewertet. Hrsg.: Allgemeine Bauzeitung, Berlin 2019
<https://allgemeinebauzeitung.de/abz/unternehmen-im-handwerk-fachkraeftemangel-als-groesstes-geschaeftrisiko-bewertet-36489.html> (abgerufen am 20.07.2020)
- [41] Hitzewellen, UV-Strahlung und bodennahes Ozon. Hrsg.: PECO-Institut für nachhaltige Entwicklung e.V., Berlin 2020
<http://www.stoprisiko.de/hitze-und-hitzewellen/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [42] Hautkrebs auf dem Vormarsch. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 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)
- [43] S. Schneider: *Persönliche Mitteilung*: Anerkennung von Berufskrankheiten in den Branchen "Hochbau", "Tiefbau" und "Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe". (2020)
- [44] Betriebsanweisung – Arbeiten im Freien bei Hitze. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Berlin 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Betriebsanweisungen/06_BA_Arbeiten_im_Freien_20190325_NE_2.pdf (abgerufen am 29.09.2020)
- [45] Konerding, J.: Erste Hilfe: Verbrennungen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Berlin 2019
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Zeitschrift/Beileger_Kompetenzzentrum_02_2019_Erste_Hilfe_Verbrennungen.pdf (abgerufen am 15.01.2021)
- [46] Bitumen, G.: Sachstandsbericht 2006. Gesprächskreis Bitumen. Hrsg.: Gesprächskreis Bitumen, Flörsheim am Main 2006
https://www.bgbau.de/fileadmin/user_upload/Sachstand.pdf (abgerufen am 06.01.2021)
- [47] 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
- [48] UV-Strahlung und Hitze – Schützen Sie sich! Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 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)
- [49] Gefährdung durch UV-Strahlung – Hitze und Kälte. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2019
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Bausteine/d_505/d_505.pdf
(abgerufen am 19.08.2020)
- [50] Atemwegsreizung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/sicherheitsdatenblatt/atemwegsreizung/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [51] Kattenbeck, K.: Gesundheitsschutz bei Kältearbeitsplätzen. Hrsg.: Staatliches Amt für Arbeitsschutz, Coesfeld 2005
<https://d-nb.info/982038828/34> (abgerufen am 11.10.2019)

- [52] Wetterfeste Baustelle: Sicher durch den Herbst. Hrsg.: Industriegewerkschaft Bauen – Agrar – Umwelt, Frankfurt am Main 2019
<https://igbau.de/Wetterfeste-Baustelle-Sicher-durch-den-Herbst.html> (abgerufen am 19.08.2020)
- [53] Künstliche Beleuchtung auf Baustellen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2019
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/bausteine/a_024/a_024.htm (abgerufen am 19.08.2020)
- [54] Beleuchtung, Licht. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Dortmund 2018
https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefaehrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Arbeitsumgebungsbedingungen/Beleuchtung-Licht/Beleuchtung-Licht_node.html (abgerufen am 02.07.2018)
- [55] Beleuchtung. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2021
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/bau/bau679/5.htm (abgerufen am 12.01.2021)
- [56] C. Thomann: *Persönliche Mitteilung*: Unfallstatistik zu Baumaschinen / Geräten der Erdbewegung und Kippen. (2021)
- [57] Koppenborg, M.; Naber, B.; Nickel, P.: Unfallprävention bei Baumaschinen: Analyse der Informationsaufnahme von Baggerführern. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2014
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2014_048.pdf (abgerufen am 04.01.2021)
- [58] Nutzung von Sichthilfen zur Vermeidung von Unfällen bei Baggerarbeiten. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2018
<https://www.dguv.de/ifa/forschung/projektverzeichnis/ifa5141.jsp> (abgerufen am 04.01.2021)
- [59] Aktive Beleuchtung an Warnkleidung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) Berlin 201
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3689> (abgerufen am 06.11.2020)
- [60] Imhof, S.; Wahl-Wachendorf, A.: Belastungen abbauen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2018
https://zeitschriften.bgbau.de/BG_BAU_aktuell_03_2018/html5.html#/20 (abgerufen am 20.07.2020)
- [61] Wöhrmann, A. M.; Backhaus, N.; Tisch, A.; Michel, A.: BAuA-Arbeitszeitbefragung: Pendeln, Telearbeit, Dienstreisen, wechselnde und mobile Arbeitsorte. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2020
https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F2452.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (abgerufen am 19.01.2021)
- [62] Bauleitung ohne Stress. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2006
https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A17.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (abgerufen am 20.07.2020)
- [63] DGB-Index Gute Arbeit. Der Report 2017. Hrsg.: Institut DGB-Index Gute Arbeit, Berlin 2017
<https://igbau.de/Binaries/Binary9980/dgb-index-gute-arbeit-report-2017.pdf> (abgerufen am 20.07.2020)
- [64] Branchenreport Tiefbau. Hrsg.: Deutscher Sparkassen-Verlag (DSV), Stuttgart 2019
<https://www.dsgv.de/sparkassen-finanzgruppe/publikationen/branchenservice.html> (abgerufen am 08.10.2020)

- [65] Siefken, H.: Knausrig kalkulierende Konkurrenz Hrsg.: handwerk.com, Hannover 2018
<https://www.handwerk.com/tiefbauer-schimpft-galabau-betriebe-verzerren-wettbewerb>
(abgerufen am 07.01.2021)
- [66] Damit es gelassen läuft! Tipps, damit Sie und Ihre Mitarbeiter gesund bleiben. Hrsg.:
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2015
<https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/Arbeitsschutz/bau631.pdf> (abgerufen am
20.07.2020)
- [67] Unfallursachen am Arbeitsplatz erkennen und durch konkrete Maßnahmen unterbinden
Hrsg.: Safety Xperts, Bonn 2019
<https://www.safetyxperts.de/arbeitsschutz/arbeitsunfall/unfallursachen-am-arbeitsplatz/>
(abgerufen am 18.01.2021)
- [68] Rudnicka, J.: Bevölkerung – Zahl der Einwohner in Deutschland von 2008 bis 2018 Hrsg.:
Statista, Hamburg 2019
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1217/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-seit-2002/> (abgerufen am 10.02.2020)
- [69] Pfaff, F. K. H.: Arbeit und Gesundheit – Generation 50+. BKK Gesundheitsreport 2018.
Hrsg.: BKK Dachverband, Berlin 2018
<https://www.bkk-dachverband.de/publikationen/bkk-gesundheitsreport.html>
- [70] 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)
- [71] Berufe im Spiegel der Statistik – Tiefbau. Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt- und
Berufsforschung (IAB), Nürnberg 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=BG322®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am
06.10.2020)
- [72] Branchenreport Gebäudereinigung. Arbeitszeiten und Arbeitsverhältnisse. Hrsg.:
ArbeitGestalten Beratungsgesellschaft mbH, Berlin 2017
<https://www.arbeitgestaltengmbh.de/assets/projekte/Joboption-Berlin/Broschuere-B Branchenreport-GebRein.pdf> (abgerufen am 23.03.2020)
- [73] Betriebsärztlicher Gesundheitsbericht für Tiefbauer. Hrsg.: Arbeitsmedizinischer Dienst der
BG BAU, Berlin 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Themen/Arbeitsschutz/Arbeitsmedizin_Vorsorge/Gesundheit sbericht-Tiefbauer.pdf (abgerufen am 08.010.2020)
- [74] Brucker, B.: Muskel-Skelett-Erkrankungen vermeiden. Hrsg.: Sicherheitsbeauftragter.de,
Heidelberg 2017
<https://www.sifa-sibe.de/ergonomie/viel-hilft-viel-bei-der-praevention/> (abgerufen am 17.
August 2020)
- [75] Tarifliche Altersvorsorgelösungen für die Bauwirtschaft. Hrsg.: Service und Vorsorge für die
Bauwirtschaft (SOKA-BAU), Wiesbaden 2020
<https://www.soka-bau.de/soka-bau/medien/nachrichten/beitrag/tarifliche-altersvorsorgeloesungen-fuer-die-bauwirtschaft> (abgerufen am 17.02.2021)
- [76] Schick, R.: Einsatz von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen. Hrsg.: Deutsche
Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2018
https://forum.dguv.de/issues/archiv/2018/01_DGUV_Forum_1_2_2018.pdf (abgerufen am
13.07.2021)
- [77] Lärmquellen in der Praxis. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin
2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/laermquellen-in-der-praxis/> (abgerufen am 12.01.2021)

- [78] Belastung und Gefährdung durch Lärm. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/laerm-und-vibrationen/belastung-und-gefaehrdung-durch-laerm/> (abgerufen am 19.08.2020)
- [79] Kurz, P.: Geräuschemissionen auf Baustellen und wie sie zu vermeiden sind. Hrsg.: Baublatt, Garching bei München 2020
<http://www.baublatt.de/startseite/2019/08/27/gerauschemissionen-auf-baustellen-und-wie-sie-zu-vermeiden-sind/>
- [80] Dauth, W.; Haller, P.: Klarer Trend zu längeren Pendeldistanzen. Berufliches Pendeln zwischen Wohn- und Arbeitsort. Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), Nürnberg 201
<http://doku.iab.de/kurzber/2018/kb1018.pdf> (abgerufen am 08.07.2019)
- [81] Chance für eine sichere Bauwirtschaft? Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2018
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Zeitschrift/Wandel_der_Arbeitswelt_.pdf (abgerufen am 20.07.2020)
- [82] Jens Hupfeld, S. B., Regina Herdegen: Arbeitsbedingte räumliche Mobilität und Gesundheit. Hrsg.: Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), Berlin 2013
https://www.iga-info.de/fileadmin/redakteur/Veroeffentlichungen/iga_Reporte/Dokumente/iga-Report_25_raeumliche_Mobilitaet_Gesundheit.pdf (abgerufen am 17.02.2021)
- [83] Ebert-Rall, T.: Pendler in der Stressfalle? Hrsg.: ÄrzteZeitung, Berlin 2018
https://www.aerztezeitung.de/kooperationen/pro_dialog/article/961992/mobilitaet-pendler-stressfalle.html (abgerufen am 08.07.2019)
- [84] Jens Hupfeld; Sören Brodersen; Herdegen, R.: Arbeitsbedingte räumliche Mobilität und Gesundheit. Hrsg.: Initiative Gesundheit und Arbeit (iga), Berlin 2013
https://www.iga-info.de/fileadmin/redakteur/Veroeffentlichungen/iga_Reporte/Dokumente/iga-Report_25_raeumliche_Mobilitaet_Gesundheit.pdf (abgerufen am 08.07.2019)
- [85] 2007: Tätigkeitsbeschreibung von Schachtmeister/in vom 23.02.2007. Hrsg.: Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg
<https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/archiv/4190.pdf> (abgerufen am 08.10.2020)
- [86] IG BAU nimmt Schlichterspruch zur Bau-Tarifrunde an. Hrsg.: Industriegewerkschaft Bauen-Aggar-Umwelt (IG BAU), Frankfurt am Main 2020
<https://igbau.de/IG-BAU-nimmt-Schlichterspruch-zur-Bau-Tarifrunde-an.html> (abgerufen am 17.09.2020)
- [87] Tabelle: Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Ausländer nach Wirtschaftszweigen. Hrsg.: Institut der deutschen Wirtschaft Köln Medien GmbH, Köln 2019
- [88] Berufe im Spiegel. Alle Berufe (Insgesamt). Hrsg.: Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), Nürnberg 2018
<http://bisds.iab.de/Default.aspx?beruf=ABO®ion=1&qualifikation=0> (abgerufen am 25.03.2020)
- [89] Ganzkörper- und Hand-Arm-Vibrationen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 202
<https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/vibrationen/index.jsp> (abgerufen am 17.08.2020)
- [90] Handbuch zum Thema GKV. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2007
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/fac/vibration/pdf/eu_gkv_handbuch.pdf (abgerufen am 17.08.2020)

- [91] Schutz vor Vibrationen. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2016
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2511> (abgerufen am 29.09.2020)
- [92] Einführung – weniger Staub am Bau. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/staub/einfuehrung-weniger-staub-am-bau/> (abgerufen am 10.09.2020)
- [93] Köhler, M.: Stäube / 1 Gesundheitsgefahren. Hrsg.: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, Freiburg 2020
https://www.haufe.de/arbeitsschutz/arbeitsschutz-office/staeube-1-gesundheitsgefahren_idesk_PI957_HI2456318.html (abgerufen am 10.09.2020)
- [94] Branche Abbruch und Rückbau. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 201
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3363> (abgerufen am 17.08.2020)
- [95] Gesundheitsgefahren durch Staub. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/staub/gesundheitsgefahren-durch-staub/> (abgerufen am 20.07.2020)
- [96] Quarz - silikogener Staub. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/ga_bau/f_g/g60441.htm (abgerufen am 19.08.2020)
- [97] Götz, M.; Mattenklott, M.: Staubexposition beim Fräsen von Straßenbelägen. Sachstandsbericht. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2005
https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/grl/pdf/2005_213.pdf (abgerufen am 06.01.2021)
- [98] Schluss mit Staub. Lösungen für staubarmes Arbeiten in der Bauwirtschaft. Hrsg.: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Bonn 2016
<https://igbau.de/Binaries/Binary9263/schluss-mit-staub.pdf> (abgerufen am 20.07.2020)
- [99] 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)
- [100] Liste der krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Stoffe (KMR-Stoffe) Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3517> (abgerufen am 17.08.2020)
- [101] 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)
- [102] Nowak, D.: Krebserregende Stoffe im Alltag. Hrsg.: Deutsche Krebsgesellschaft (dkg), Berlin 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)
- [103] Asbest. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
<https://www.bgbau.de/service/haeufig-nachgefragt/unfallversicherung-a-z/asbest/> (abgerufen am 14.09.2020)

- [104] 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, Hamburg 2019
<https://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2019/9971/pdf/Dissertation.pdf> (abgerufen am 19.08.2020)
- [105] 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)
- [106] Umgang mit "neuen" und "alten" Mineralwolle-Dämmstoffen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft für Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
handlungshilfen_gb/daten/BAU/G_minwolle/inhalt.htm (abgerufen am 29.09.2020)
- [107] Straßenbeläge und Straßenschäden. Hrsg.: Straßen.NRW - Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen, Gelsenkirchen 2021
<https://www.strassen.nrw.de/de/planung-bau/bautechnik/strassenbelaege.html> (abgerufen am 06.01.2021)
- [108] Rühl, R.; Devivere, M. v.: Verringerung der Belastungen beim Asphalteinbau. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau), Berlin
https://www.bgbau.de/fileadmin/user_upload/OSHABitumen_DEU.pdf (abgerufen am 06.01.2021)
- [109] Musanke, U.; Nies, E.; Welge, P.: Der neue Arbeitsplatzgrenzwert für Bitumen – Schritte zur Umsetzung. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020
<https://forum.dguv.de/ausgabe/4-2020/artikel/der-neue-arbeitsplatzgrenzwert-fuer-bitumen-schritte-zur-umsetzung> (abgerufen am 13.07.2021)
- [110] Nies, E.: Dämpfe und Aerosole aus Bitumen bei der Heißverarbeitung. Hrsg.: Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG, Stuttgart 2020
<https://www.asu-arbeitsmedizin.com/impressum> (abgerufen am 13.07.2021)
- [111] Dieselmotoremissionen und Lungenkrebs: Zusammenfassung epidemiologischer Studien. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2015
<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2264> (abgerufen am 19.08.2020)
- [112] Neumann, W.; Dahmann, D.; Erhard, T.; Flemming, B.; Hebisch, R.; Nies, E.; Rühl, R.; Spod, U.; Ziegler, C.; Zikoridse, G.: Die neue TRGS 554 "Abgase 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
- [113] Expositionen gegenüber Dieselmotoremissionen (DME) von Baumaschinen und -fahrzeugen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Gisbau/DMEExpoBaumasch._Tunnel2020.04.30.pdf (abgerufen am 17.08.2020)
- [114] Abgase von Dieselmotoren. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 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)
- [115] 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

- [116] Baubranche. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2020
<https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/Arbeiten-mit-Gefahrstoffen/Stoffinformationen/Epoxidharze/Baubranche.html> (abgerufen am 15.09.2020)
- [117] Epoxidharze – problematische Problemlöser. Hrsg.: Bauverlag BV GmbH, Gütersloh 2015
https://www.this-magazin.de/artikel/tis_Epoxidharze_problematische_Problemloeser_2384817.html
(abgerufen am 06.01.2021)
- [118] Vorsicht beim Umgang mit Epoxidharzen. Eine Information für Bauarbeiter. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Broschuere_Flyer/epoxidharze_676_1.pdf (abgerufen am 19.08.2020)
- [119] Sozialräume auf Baustellen. Hrsg.: Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Berlin 2020
https://www.bgbau.de/fileadmin/Medien-Objekte/Medien/Bausteine/a_025/a_025.pdf
(abgerufen am 20.07.2020)
- [120] Schmauder, M.: Arbeitswissenschaften. Fernstudium. Hrsg.: Institut für Arbeitsingenieurwesen (AiW) & Technische Universität Dresden, Dresden 2005
<https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/itla/aiw/ressourcen/dateien/studium/lehrfachbeschreibungen/fernstudium.pdf?lang=de> (abgerufen am 20.07.2020)

Autorinnen:

Eva Flaspöler und Ina Neitzner

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)