



Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis

Exposition von Beschäftigten
gegenüber mineralischen Stäuben
bei der Betonfertigteilherstellung



Regierungspräsidium
Kassel
Hessische Ländermessstelle
für Gefahrstoffe



Landesamt für
Verbraucherschutz

Bayerisches Landesamt für
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit



Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis

**Exposition von Beschäftigten
gegenüber mineralischen Stäuben
bei der Betonfertigteilherstellung**

Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Exposition von Beschäftigten gegenüber mineralischen Stäuben bei der Betonfertigteilherstellung“

Herausgeber: Regierungspräsidium Kassel
Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe
Ludwig-Mond-Straße 33
D-34121 Kassel
www.rp-kassel.hessen.de

Redaktion: Arbeitsgruppe „Betonfertigteilherstellung“

Dr. Anita Csomor, Erolf Brucksch, Petra Brohmann, Dimitri Malinowski
Regierungspräsidium Kassel
Fachzentrum für Produktsicherheit und Gefahrstoffe
Ludwig-Mond-Straße 33
34121 Kassel

Dipl.-Ing. (FH) Knut Berlin
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit
Landesinstitut "Arbeitsschutz und Produktsicherheit; umweltbezogener
Gesundheitsschutz"
Pfarrstraße 3
80538 München

Dipl.-Chem. Henning Müller, Dipl.-Ing. Lutz Peter
Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz
Abt. 6, Arbeitsschutz
Karl-Liebknecht-Straße 4
98527 Suhl

Bilder: Regierungspräsidium Kassel, Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz

Stand: 15.08.2014

Inhalt

1.	<i>Allgemeines</i>	1
2.	<i>Zielsetzung</i>	2
3.	<i>Anwendungsbereich</i>	3
4.	<i>Arbeitsverfahren und Tätigkeiten</i>	4
4.1	<i>Vollautomatisierte Herstellung (Brettfertigung)</i>	4
4.2	<i>Manuelle Betoneinzelteilerfertigung</i>	6
4.3	<i>Nachbehandlung</i>	7
4.4	<i>Reinigung</i>	8
5.	<i>Gefahrstoffe</i>	9
6.	<i>Ermittlung und Beurteilung der Expositionen</i>	10
6.1	<i>Vollautomatisierte Herstellung (Brettfertigung)</i>	11
6.2	<i>Manuelle Betoneinzelteilerfertigung</i>	14
6.3	<i>Nachbearbeitung</i>	16
6.4	<i>Reinigungsarbeiten</i>	17
7.	<i>Schutzmaßnahmen</i>	19
7.1	<i>Schutzmaßnahmen bei der Betonteilerfertigung</i>	20
7.2	<i>Brand- und Explosionsschutz</i>	25
7.3	<i>Schutz vor biologischer Belastung</i>	25
8.	<i>Wirksamkeitsüberprüfung</i>	25
9.	<i>Anwendungshinweise</i>	25
10.	<i>Literatur</i>	26
	<i>Anhang 1: Messstrategie, Messdurchführung und analytische Bestimmung</i>	27
	<i>Anhang 2: Messergebnisse</i>	28

1. Allgemeines

Beton ist ein Baustoff, der aus einer Mischung aus Zement, Gesteinskörnung (Sand, Kies), Wasser sowie verschiedenen Zusatzstoffen hergestellt wird. Betonfertigteile sind Produkte, die an einem anderen Ort als dem endgültigen Ort der Verwendung hergestellt und nachbehandelt werden.

Betonfertigteile werden im Straßen-, Garten-, und Landschaftsbau (Hangbefestigungselemente, Pflastersteine, Lärmschutzwände, Platten etc.) sowie bei Bauvorhaben wie Hallen und Häusern (z.B. Treppen, Keller, Balkone) und im Wasserbau (z.B. Straßenabläufe, Hausanschlussschächte, Abwasserschächte) eingesetzt. Die Herstellung der Betonfertigteile erfolgt je nach Form und Größe sowie der dazu entwickelten Herstellungstechnologie mit unterschiedlich hohem Automatisierungsgrad.

Nach dem Arbeitsschutzgesetz [1] ist der Arbeitgeber verpflichtet, für die von den Arbeitnehmern durchgeführten Tätigkeiten eine Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen und im erforderlichen Fall Maßnahmen zur Sicherheit und zum Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu treffen. Bei der Festlegung der Schutzmaßnahmen ist die Rangfolge der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen zur Minimierung der Gefährdung zu beachten.

Die Gefahrstoffverordnung [2] präzisiert die Forderung nach dem Arbeitsschutzgesetz für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Bei der Herstellung von Betonfertigteilen werden quarzhaltige mineralische Zubereitungen verwendet. Je nach angewandeter Technologie, den Randbedingungen am Arbeitsplatz und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen kann das Produktionspersonal mineralischen Stäuben in unterschiedlich hohem Maße ausgesetzt sein.

Im Rahmen des Projektes wurden in den Jahren 2012 und 2013 von den Messstellen der Bundesländer Bayern, Hessen und Thüringen in betonteilfertigenden Betrieben repräsentative Erhebungen und Bewertungen zur inhalativen Staubbelastung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Maßnahmen zum Schutz vor Stäuben durchgeführt. Aus den Messergebnissen wurden unter Zugrundelegung der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 559 „Mineralischer Staub“ [3] geeignete Schutzmaßnahmen nach dem branchenspezifischen Stand der Technik abgeleitet.

Diese Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis „Exposition von Beschäftigten gegenüber mineralischen Stäuben bei der Betonfertigteilerstellung“ ist eine branchenspezifische Hilfestellung und unterstützt den Arbeitgeber bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und der Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik. Bei ihrer Anwendung kann von einer Einhaltung des Allgemeinen Staubgrenzwertes nach TRGS 900 [5] und Anhang I Nr. 2.3 Abs. 2 der Gefahrstoffverordnung [2] und einer Minimierung der Belastung gegenüber Quarzfeinstaub ausgegangen werden. Grundsätzlich ist zu beachten, dass auch nach Umsetzung der Schutzmaßnahmen eine Belastung durch Quarzfeinstaub besteht. Nach dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass noch ein Krebsrisiko besteht.

2. Zielsetzung

Die Ermittlungen an den Arbeitsplätzen der Betonfertigteilterstellung sollten dazu genutzt werden,

- den Stand der Verfahrens- und Schutztechnik zu ermitteln,
- vorhandene Belastungen durch mineralische Stäube zu ermitteln und Maßnahmen zur Staubminimierung nach dem Stand der Technik vorzuschlagen.
- die gewonnenen Daten zur Erarbeitung einer Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis heranzuziehen und
- für die Anlage 1 zur TRGS 559 „Mineralischer Staub“ [3] (Nr. 1 „Betonindustrie“) valide Expositionsdaten nach dem Stand der Technik zu ermitteln und an den AGS zu übermitteln.

Die ausgewählten Betriebe sollten über einen möglichst weit entwickelten Stand der Technik verfügen, d.h. an den Arbeitsplätzen sind effektive Staubminderungsmaßnahmen durchgehend vorhanden. Kriterien für den Stand der Technik sind z.B. der Automatisierungsgrad von Fertigungsanlagen (weitgehender Ausschluss von manuellen Eingriffsmöglichkeiten durch die Beschäftigten) sowie die räumliche oder organisatorische Trennung von Verfahrensschritten in Verbindung mit Lüftungstechnischen Maßnahmen wie die Erfassung von Stäuben bei offenen nicht gekapselten Verfahrensschritten an der Quelle.

Projektumfang

Im Rahmen des Projektes wurde eine repräsentative Bewertung der relevanten Verfahrensschritte bei der Herstellung von Betonfertigteilen kleiner bis mittlerer Größe hinsichtlich des Arbeitsschutzstandards nach Gefahrstoffverordnung sowie der Belastung durch Stäube (einatembarer Staub (E-Staub), alveolengängiger Staub (A-Staub) sowie Quarzfeinstaub (A-Staub)) in 31 Betrieben der Branche durchgeführt.

3. Anwendungsbereich

Diese Handlungsanleitung gilt für Arbeitsplätze in Betrieben, in denen Betonformteile verschiedener Größe (z.B. Gehwegplatten, Rinnenplatten, Treppen, Pflastersteine, Hangbefestigungselemente, T-Elemente, Zisternen, Lärmschutzwände, Bordsteine und Elemente für die Garten- und Landschaftsgestaltung) hergestellt werden.

Nicht in den Geltungsbereich der Handlungsanleitung fallen die Verfahren/Tätigkeiten:

- Anlieferung der Zuschlagsstoffe (Sand, Kies, Zement) und Deponierung in Silos
- Mischen der Rezepturbestandteile zur Betonherstellung (automatische Dosierung aus Silos über Rohrleitungen), ggf. Einfärben des Betons mit anorganischen Farbpigmenten
- automatisierte und manuelle Oberflächenbearbeitung:
Splitten, Strahlen, Stocken, Schleifen,
Kantenbearbeitung zur künstlichen Alterung (Pflastersteine)
- Lagerung und Verladen von Formteilen (Versand)

Diese Verfahren/Tätigkeiten wurden in den untersuchten Arbeitsbereichen nur zum Teil durchgeführt, messtechnisch aber nicht erfasst, da sie weitestgehend vollautomatisiert und mit entsprechenden technischen Lüftungseinrichtungen versehen sind oder im Außenbereich durchgeführt werden.

Die Handlungsanleitung bezieht sich ausschließlich auf die Gefährdung durch mineralische Stäube. Andere Gefahrstoffe z.B. aus Trennmitteln, Farbzusätzen usw. werden nicht betrachtet.

4. Arbeitsverfahren und Tätigkeiten

Grundsätzlich kann bei der Betonfertigteilerstellung zwischen folgenden Fertigungstechnologien unterschieden werden:

- Vollautomatisierte Herstellung, sog. „Brettfertigung“
- Manuelle Betoneinzelteilerstellung

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Verfahren ist zum einen die Anzahl der produzierten Teile pro Schicht und zum anderen der Feuchtegehalt der Betonmischungen.

Beiden Fertigungstechnologien geht die Herstellung des benötigten Betons voraus. Aus den Zuschlagsstoffen Zement, Wasser und Gesteinskörnungen (Kies, Split, Sand) sowie Zusatzmitteln (Dichtungsmittel, Verzögerer) und Zusatzstoffen (Farbpigmente) wird ein Transportbeton gemischt. In den meisten Fällen ist die Herstellung des Betons (Transport der Einzelkomponenten zum Mischer, Dosierung, Mischen, Austrag in Transportbehälter) automatisiert. Je nach der sich daran anschließenden Fertigungstechnologie (siehe Beschreibungen in den Punkten 4.1 und 4.2) ist die Konsistenz des Transportbetons erdfeucht oder fließfähig.

4.1 Vollautomatisierte Herstellung (Brettfertigung)

Massenhaft hergestellte Betonfertigteile mit relativ geringen Abmessungen und einfachen äußeren Formen (z.B. Pflastersteine, Gehwegplatten, Bordkantensteine, Rohre und Palisaden) werden in vollautomatisierten Verfahren auf stationären Anlagen produziert, die mit den vor- und nachgelagerten Prozessen (Antransport des Betons, Abtransport der Erzeugnisse) gekoppelt sind. Der Transportbeton wird in einer räumlich getrennten automatisierten Mischanlage zeitgerecht in erdfeuchter Konsistenz vorproduziert. In dieser Form ist der Transportbeton noch schütt- und rieselfähig. Der Transport zur Fertigungsanlage erfolgt über Kübelbahnen in Transportbehältern, mit denen die Vorratsbunker der Fertigungsanlage automatisch befüllt werden.

Zur Herstellung der Erzeugnisse fährt das Brett (daher der Name Brettfertigung) in die Anlage. Die Schalung aus Metall senkt sich auf das Brett. Durch Rütteln des Vorratsbunkers bei gleichzeitiger horizontaler Bewegung fällt der Transportbeton gleichmäßig verteilt in die Schalung. In einem ersten Verdichtungsschritt senken sich unter starkem Rütteln passende Stempel auf das Schüttgut in der Schalung. Danach wird der durch die Verdichtung entstandene Volumenschwund durch Nachdosieren von Transportbeton in der beschriebenen Weise ausgeglichen. Der Verdichtungsprozess wiederholt sich. Die Schalung hebt sich und das Brett mit den formfesten Betonteilen wird aus der Fertigungsanlage ausgefahren.

Bei der Rohrherstellung werden Bewehrungen von Hand in die Schalungen eingelegt und zusätzlich von unten ein Zylinder in die Schalung geschoben. Werden Stahlmuffen bzw. Stützringe verwendet, bleiben diese bis zum Erhärten des Betons an den Bauteilen, um die Maße der Bauteilverbindungen einzuhalten.

Die Bretter mit den geformten Erzeugnissen werden automatisch in einen vom Produktionsraum getrennten Lagerbereich transportiert, wo sie bis zum Trocknen verbleiben. Das Lager zum Aushärten dient gleichzeitig als Puffer, mit dem unterschiedliche Zeiten und Stückzahlen der Herstellung und der später stattfindenden Sortierung und Verpackung kompensiert werden können.

Nach der Trocknung werden die Bretter mit den Erzeugnissen aus dem Lager auf eine Sortier- und Konfektionierungsstrecke gebracht. Am Sortierarbeitsplatz entnimmt der Sortierer fehlerhafte Stücke und ersetzt diese durch fehlerfreie Erzeugnisse. Bei größeren Teilen geschieht dies mit Hilfe eines Hebezeugs.

Die Anzahl und Lage der Steine auf dem Brett ist so gewählt, dass sie in ihrer gesamten Fläche den Abmessungen einer Euro-Palette entsprechen. Nach der Sortierung werden die Erzeugnisse automatisch schichtweise auf Euro-Paletten gestapelt. Es schließt sich eine automatische Umreifung bzw. Verpackung der befüllten Paletten an, die danach außerhalb der Fertigungshalle von einem Stapler aufgenommen und im Außenlager für den späteren Versand abgestellt werden.

Die frei gewordenen Bretter werden in der Regel maschinell mit einer Bürstenwalze gereinigt und der Fertigungsanlage wieder zugeführt. Wegen der Rückführung der Bretter vom Ende der Verpackungsstrecke an den Anfang der Fertigungsanlage sind die Produktionsbereiche so gestaltet, dass die Fertigungsanlage und die Sortierstrecke parallel und in gegenläufiger Richtung arbeitend in einer Halle aufgestellt sind.

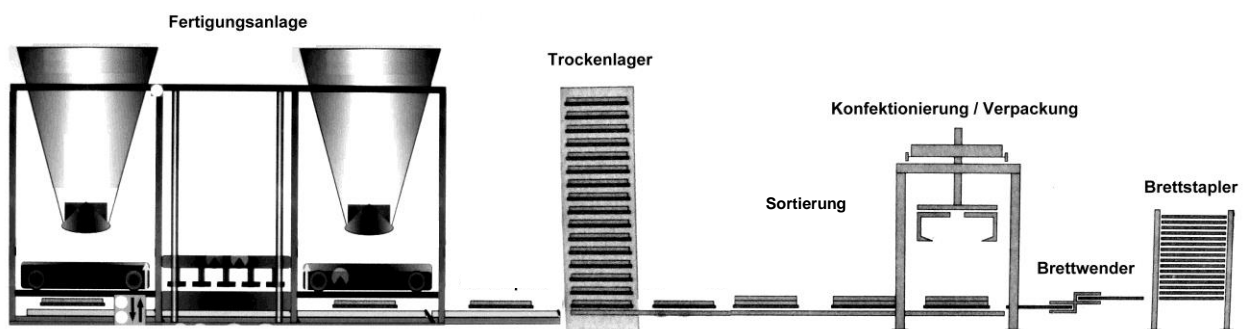


Abbildung 1: schematische Darstellung der automatisierten Herstellung von Betonfertigteilen (Brettfertigung)

Bei der automatischen Herstellung von Betonteilen in der beschriebenen Weise ist im Arbeitsbereich Fertigung ein Anlagenbediener und an der Sortierstrecke ein Sortierer beschäftigt. Die Arbeitsaufgabe des Betonbauers an der Fertigungsanlage gleicht der eines Anlagenbedieners für industrielle Produktion, der die Qualität der hergestellten Erzeugnisse überwacht und ggf. die Anlagenparameter korrigiert.

Während der Produktionsphase ist die Höhe der Staubbelastung des Anlagenpersonals relativ gleichförmig. Expositionsspitzen entstehen nur bei planmäßigen oder unplanmäßigen Eingriffen in die Anlage (Störungsbeseitigung, Sortimentswechsel, Reinigungsarbeiten).

Automatisch hergestellte Betonfertigteile sind im Regelfall nach dem Herstellungsprozess gebrauchsfertig. Nachbearbeitungen der Massenware (z.B. Kantenbearbeitung, Oberflächen strahlen, künstliche Alterung durch Trommeln), die eventuell mit einer Staubexposition einhergehen können, finden nur zu einem Teil für Herstellung von Erzeugnissen für gehobene Verbraucheransprüche statt. Diese Arbeiten geschehen durchweg außerhalb der in dieser Schwerpunktaktion untersuchten Arbeitsbereiche.

4.2 Manuelle Betoneinzelteilerstellung

Die wesentlichen Fertigungsschritte bei der Betoneinzelteilerstellung lassen sich wie folgt unterteilen:

- Formenbau (Schreinerarbeiten)
- Transport des Fertigbetons zur Teileherstellung (z.B. mit Kübelbahnen oder Staplern)
- Abguss in vorbereitete Schalungen oder Formen (Rohlingherstellung)
- Mechanische Betonverdichtung (Rütteln)
- Ausschalen nach Trocknung
- Fertigungsbedingte notwendige manuelle Nacharbeit (Schleifen, Bohren usw.) und manuelle Ausbesserungsarbeiten an Fehlstellen.

Konstruktive Fertigteile wie Treppen, Hangbefestigungselemente, T-Elemente, Zisternen, Lärmschutzwände, Stützen, Binder und Unterzüge werden „handwerklich“ hergestellt. Zur Herstellung der Betoneinzelteile wird eine Schalung oder Form aus unterschiedlichen Materialien (z.B. Stahl, Holz oder Kunststoff) gebaut.

Die Formen werden aufgebaut und anschließend wird Trennmittel aufgebracht um das Anhaften des Betons an der Form zu verhindern. Zur Stabilisierung der größeren Formteile wird ein in räumlich getrennten Arbeitsbereichen hergestellter Bewehrungskorb in die Schalung eingehoben.

Die Form wird mit Beton, der in einer räumlich getrennten automatisierten Mischanlage in flüssiger Konsistenz hergestellt wird, befüllt. Der Transport des Betons zur Form erfolgt über Kübelbahnen oder mittels Staplern in Transportbehältern. Der Abguss erfolgt in die vorbereitete Schalungen oder Formen (Rohlingherstellung).

Zur Verdichtung des Betons und zum Entfernen von Lufteinschlüssen werden Verdichtungseinrichtungen verwendet. Dazu werden die Formen entweder auf Rütteltischen aufgebaut oder bei Formen, die direkt auf dem Boden stehen, werden Innenrüttler in den flüssigen Beton eingefahren. Im Bedarfsfall wird die Form nach der Verdichtung nachbefüllt und die Oberfläche geglättet.

Die so hergestellten Teile bleiben bis zur Erhärtung in der Form/Schalung. Nach der Trocknung (meistens über Nacht) werden die Formteile ausgeschalt. Dazu wird als erstes die Schalung entfernt und dann das hergestellte Betonfertigteile mittels Hebewerkzeugen in den Lagerbereich gebracht oder falls erforderlich einer Nachbehandlung (siehe 4.3) zugeführt.

Nach der Ausschalung werden die Formen und Schalungsteile durch Abkehren und trockenem Abwischen gereinigt und anschließend für die Herstellung eines neuen Betonfertigteiles erneut aufgebaut.

4.3 Nachbehandlung

Eine Nachbehandlung erfolgt nur im Bereich der Herstellung von manuell gefertigten Betoneinzelteilen. Bei der vollautomatisierten Herstellung (Brettfertigung) von Betonsteinen und -platten werden fehlerhafte Produkte generell aussortiert.

Bei der manuellen Betoneinzelteilerstellung sind fertigungsbedingt oftmals Nachbehandlungen und Ausbesserungsarbeiten notwendig, bei denen handgeführte abgesaugte Bearbeitungsgeräte (Bohrmaschinen, Schleifmaschinen usw.) zum Einsatz kommen können. Art und Umfang der Tätigkeiten sind von Anzahl und Größe der Teile abhängig.

Die messtechnischen Erhebungen erfolgten bei Schleifarbeiten an Kanten und Fehlstellen, bei Bohrtätigkeiten und beim Entfernen von in die Formen eingebrachten Kunststoffteilen (z.B. Abdeckkappen).

4.4 Reinigung

Mischer, Fertigungsanlagen sowie Formen müssen regelmäßig gereinigt werden.

Der Zeitaufwand für die Reinigung des Mixers beträgt je nach Größe (0,5 – 1,5 m³) und Form (Planeten- oder Trommel-Mischer) zwischen 30 und 60 Minuten. Diese Arbeiten werden nach Schichtende oder bei Produktumstellung (Farbwechsel, Zusammensetzung des Betons) durchgeführt.

Die Reinigung von Mixern die erdfeuchten Beton herstellen (Brettfertigung), erfolgt manuell mit geeigneten Werkzeugen (Schaber, Bürsten usw.). Dazu wird der Mischer geöffnet und die Beschäftigten entfernen mechanisch von außen die am Rührwerk und der Wandung des Rührers und den Abgussteilen anhaftenden Betonreste. Die Betonreste werden über den Ablauf des Rührers in Abfallgefäße entsorgt.

Bei Mixern, die fließfähigen Beton herstellen (Betonfertigteile), erfolgt die Reinigung mittels Hochdruckreinigern, da der fließfähige Beton nicht an Rührwerk und Wandung anhaftet. Die Betonreste werden ebenfalls über den Ablauf des Rührers in Abfallgefäße entsorgt.

Die Reinigung der Fertigungsanlagen (Abgussmaschine) erfolgt nach Schichtende oder bei Umrüstung auf andere Formen. Bei der Reinigung werden neben Kehrgeräten auch Sauger eingesetzt. Diese Tätigkeit dauert in der Regel eine Stunde, wobei ggf. erforderliche Zwischenreinigungen (z.B. beim Formenwechsel) deutlich kürzer sind.

Bei allen Reinigungsarbeiten an Mixern und der Abgussanlage wird von den Beschäftigten Atemschutz (filtrierende Halbmasken mit Filtern P2) getragen.

Eine Reinigung der Formen bei der Herstellung von Betoneinzelteilen wurde aufgrund der kurzen Dauer nicht separat erfasst. Sie waren Bestandteil von fast allen Probenahmen bei der Entformung der Betoneinzelteile, lagen aber immer deutlich unter 10 % (< 12 min) der Probenahmezeit. Der Umfang der Reinigungsarbeiten richtet sich nach der Größe und Anzahl der entformten Teile und wird von allen Beschäftigten bei der manuellen Betoneinzelteilerstellung durchgeführt.

5. Gefahrstoffe

Bei den beschriebenen Arbeitsverfahren und Tätigkeiten der Betonfertigteilerherstellung können einatembare und alveolengängige Stäube (E- und A-Staub) freigesetzt werden und zur Exposition von Beschäftigten führen. Die Stäube können unterschiedliche Anteile Quarz enthalten und gelten damit nach TRGS 559 [3] als quarzhaltige Stäube (silikogene Stäube). Nach der TRGS 906 [4] sind Tätigkeiten bei denen quarzhaltige, alveolengängige Stäube freigesetzt werden, als krebserzeugend eingestuft.

Bei den Untersuchungen wurden Quarzanteile in der alveolengängigen Staubfraktion von 1 % bis 20 % ermittelt. Eine differenzierte Betrachtung und somit das Erkennen der Ursache für den unterschiedlichen Anteil von Quarz im Staub ist aufgrund der verschiedenartigen Tätigkeiten und der wenigen Messwerte nicht möglich.

Für die einatembare und die alveolengängige Staubfraktion betragen die Arbeitsplatzgrenzwerte 10 mg/m^3 bzw. $1,25 \text{ mg/m}^3$ [5]. Ein gesundheitsbasierter Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) bzw. ein risikobasierter Beurteilungswert nach TRGS 910 liegt für Quarzfeinstaub derzeit nicht vor. Das mit einer Expositionskonzentration von $0,05 \text{ mg/m}^3$ über 40 Berufsjahre verknüpfte zusätzliche Lungenkrebsrisiko kann mehr als 1,5 % betragen [6].

6. Ermittlung und Beurteilung der Expositionen

Im Rahmen einer Schwerpunktaktion wurde von den Ländermessstellen aus Bayern, Hessen und Thüringen in insgesamt 31 Betrieben Ermittlungen über die inhalative Belastung durch Staub durchgeführt. Einige Betriebe verfügten über mehrere Produktionsanlagen bzw. -bereiche.

Zur Ermittlung der Belastung durch E-Staub und A-Staub wurden insgesamt 105 personengetragene Messungen durchgeführt. In den A-Staubfilterproben wurde zusätzlich der Quarzgehalt bestimmt und somit die Quarzfeinstaubkonzentration ermittelt. Dabei erfolgten 61 Messungen bei der vollautomatisierten Herstellung und 18 Messungen bei der manuellen Betoneinzelteilerfertigung. Weitere 8 Messungen erfolgten bei der Nachbearbeitung dieser Teile und 18 Messungen bei Reinigungsarbeiten.



Abbildung 2: Verteilung der 105 personengetragenen Messungen auf die untersuchten Tätigkeitsbereiche

Beurteilung der E-Staubbelastung

Bei 72 % der untersuchten Betriebe lagen die ermittelten E-Staubkonzentrationen unterhalb $1/10$ des Grenzwertes von 10 mg/m^3 . Die höchsten personengetragenen ermittelten E-Staubkonzentration betragen $7,3$ und $2,8 \text{ mg/m}^3$ und wurden bei Tätigkeiten innerhalb der Anlage zur vollautomatischen Herstellung von Betonteilen (Brettfertigung) ermittelt. Die E-Staubprobenahmen erfolgten parallel zu den A-Staubprobenahmen. Das Verhältnis von A- zu E-Staub lag bei 1 zu 2 bis 4, so dass anhand der ermittelten A-Staubkonzentrationen bei Einhaltung des A-Staubgrenzwertes immer auch eine Einhaltung des E-Staubgrenzwertes unterstellt werden kann.

Beurteilung der A-Staub- und Darstellung der Quarzfeinstaubbelastung

Nachfolgend werden nur die im Projekt ermittelten inhalativen Belastungen gegenüber A-Staub und Quarzfeinstaub aus den untersuchten Bereichen dargestellt.

Die Beurteilung der Quarzfeinstaubbelastung gemäß TRGS 559 „Mineralischer Staub“ erfolgte betriebsspezifisch auf Grundlage der durchgeführten Tätigkeiten, der Belastungshöhe und der vorgefundenen Schutzmaßnahmen.

Auf eine übergeordnete Auswertung der Datenkollektive für Quarzfeinstaub wurde wegen eines fehlenden Grenzwertes/Beurteilungsmaßstabes verzichtet.

6.1 Vollautomatisierte Herstellung (Brettfertigung)

Insgesamt wurden bei 21 Betrieben Messungen durchgeführt. Pro Anlage arbeiten in der Regel zwei Beschäftigte am Steuerstand bzw. bei der Sortierung.

In keinem überprüften Betrieb verfügten die Steuerstände und Fertigungsanlagen (Formenbefüllung) über eine technische Raumlüftung.

Es wurden 61 Schichtmittelwerte für die Belastung der in diesen Arbeitsbereichen tätigen Beschäftigten durch A-Staub und Quarzfeinstaub ermittelt.



Abbildung 3: Steuerstand einer Fertigungsanlage

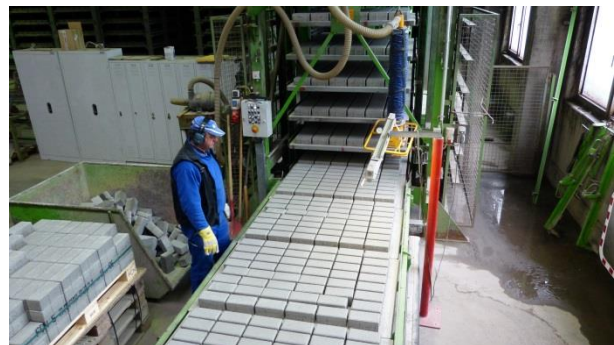


Abbildung 4: Arbeitsbereich Sortierung

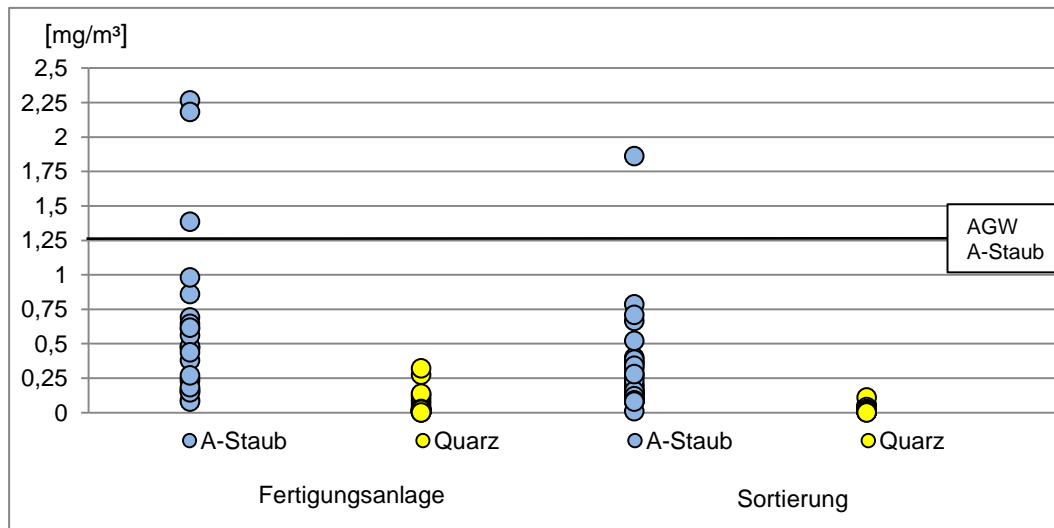


Abbildung 5 : Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der vollautomatisierten Herstellung

Tabelle 1: Belastung durch A-Staub bei der vollautomatisierten Herstellung (Brettfertigung)

Vollautomatisierte Herstellung	Fertigungsanlage	Sortierung
Anzahl der Messwerte	25	36
Minimum in mg/m ³	0,08	0,01
Maximum in mg/m ³	2,27	1,86
Median in mg/m ³	0,47	0,16
Mittelwert in mg/m ³	0,59	0,28
95-Perzentil in mg/m ³	2,02	0,73

Tabelle 2: Belastung durch Quarzfeinstaub bei der vollautomatisierten Herstellung (Brettfertigung)

Vollautomatisierte Herstellung	Fertigungsanlage	Sortierung
Anzahl der Messwerte	25	36
Minimum in mg/m ³	< BSG*	< BSG*
Maximum in mg/m ³	0,320	0,109
Median in mg/m ³	0,020	0,015
Mittelwert in mg/m ³	0,055	0,020
95-Perzentil in mg/m ³	0,250	0,047

*BSG = Bestimmungsgrenze

Das 95-Perzentil der im Bereich der Fertigungsanlage ermittelten Staubkonzentrationen liegt mit 2,02 mg/m³ oberhalb des A-Staubgrenzwertes von 1,25 mg/m³.

Auffällig ist, dass dort trotz Verarbeitung von erdfeuchtem Beton deutlich höhere Konzentrationen an A-Staub und Quarzfeinstaub ermittelt wurden, als bei der Sortierung der trockenen Steine bzw. Platten.

Die Exposition des Anlagenpersonals gegenüber silikogenen Stäuben in der Fertigungsanlage resultiert weniger aus dem eigentlichen Herstellungsprozess, bei dem das verwendete Material noch feucht ist. Vielmehr kommt es zu einer Staubexposition durch die Aufwirbelung der sich im Laufe der Zeit ansammelnden getrockneten Feinanteile durch Rütteln in der Fertigungsanlage, durch Transportvorgänge sowie durch die trockene Reinigung von Arbeitsmitteln bzw. Arbeitsgegenständen (sog. Sekundärverstaubung).

Je länger sich der Beschäftigte im Rahmen seiner Tätigkeit im Abgussbereich (Formenbefüllung) der Fertigungsanlage aufhalten musste, umso höher war die Staubbelastung der er ausgesetzt war.

Ein Aufenthalt der Beschäftigten im Abgussbereich der Fertigungsanlage war nur bei der Kontrolle der Oberfläche und der Maße der produzierten Teile erforderlich.

Eine visuelle Funktionskontrolle der Anlage kann aus entsprechend gestalteten Steuerständen (Sichtkontakt zum Abguss) erfolgen, so dass dazu kein Betreten der Fertigungsanlage erforderlich war.

War ein Sichtkontakt zum Abgussbereich nicht möglich, ist eine Aufenthaltsdauer von mehr als 25 % während der Probenahmezeit (> 30 Minuten) und somit von mehr als zwei Stunden pro Schicht in diesem Bereich erforderlich.

So lassen sich die höheren Konzentrationen eindeutig den Probenahmen zuordnen, bei denen sich die Beschäftigten mehr als 25 % der Probenahmezeit direkt im Bereich der Formenbefüllung aufgehalten haben.

Wenn die Funktionskontrolle der Fertigungsanlage außerhalb der Abgussanlage erfolgte, minimierte sich die Staubbelastung der Beschäftigten erheblich. Sie entspricht dann der Belastung die auch bei der Qualitätskontrolle ermittelt wurde.

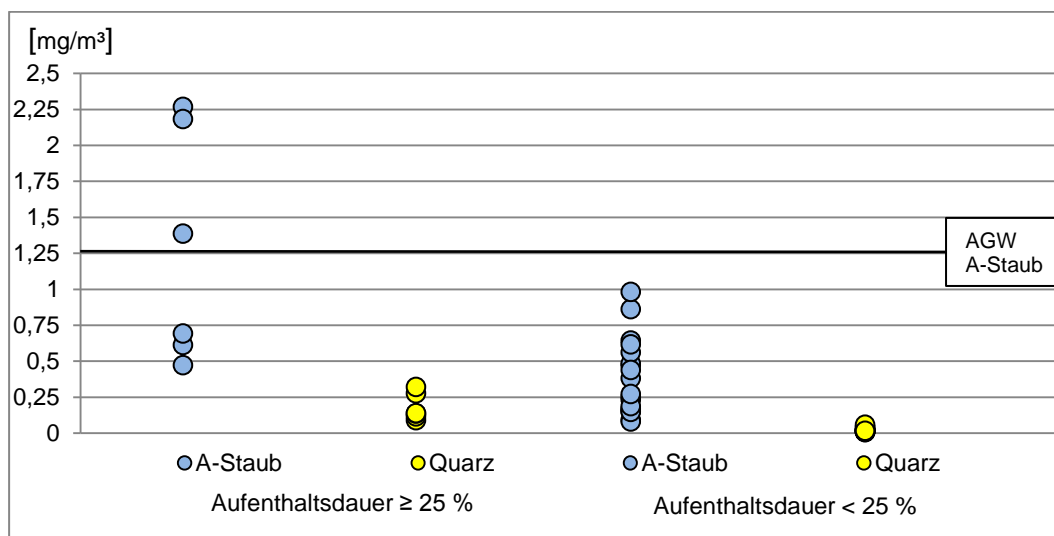


Abbildung 6: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der vollautomatisierten Herstellung in Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer in der Anlage

Tabelle 3: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der vollautomatisierten Herstellung in Abhängigkeit von der Aufenthaltsdauer in der Anlage

Fertigungsanlage	Aufenthaltsdauer ≥ 25%		Aufenthaltsdauer < 25%	
	A-Staub	Quarz-feinstaub	A-Staub	Quarz-feinstaub
Anzahl der Messwerte	6	6	19	19
Minimum in mg/m³	0,47	0,089	0,08	< BSG*
Maximum in mg/m³	2,27	0,320	0,98	0,065
Median in mg/m³	-	-	0,27	0,013
Mittelwert in mg/m³	1,27	0,178	0,38	0,017
95-Perzentil in mg/m³	-	-	0,87	0,043

*BSG = Bestimmungsgrenze

6.2 Manuelle Betoneinzelteilerfertigung

In 10 der 31 untersuchten Betriebe werden Betoneinzelteile gefertigt.

Die A-Staubbelastung bei der Formenbefüllung liegt zwischen 0,07 und 0,30 mg/m³ und beim Entformen zwischen 0,07 und 0,76 mg/m³. Die Werte, die beim Entformen der Betonfertigteile und beim anschließenden Reinigen und Neuaufbau der Formen ermittelt wurden, sind erklärbar höher, da hier mit trockenerem Beton umgegangen wird. Sie liegen aber insgesamt unterhalb des A-Staubgrenzwertes. Die Quarzfeinstaubbelastung liegt unabhängig von der durchgeführten Tätigkeit bei maximal 0,022 mg/m³. In diesem Bereich liegen auch die Ergebnisse der stationär als Grundbelastung ermittelten Quarzfeinstaubbelastung des Arbeitsbereiches.



Abbildung 7: Formenbefüllung



Abbildung 8: Entformen

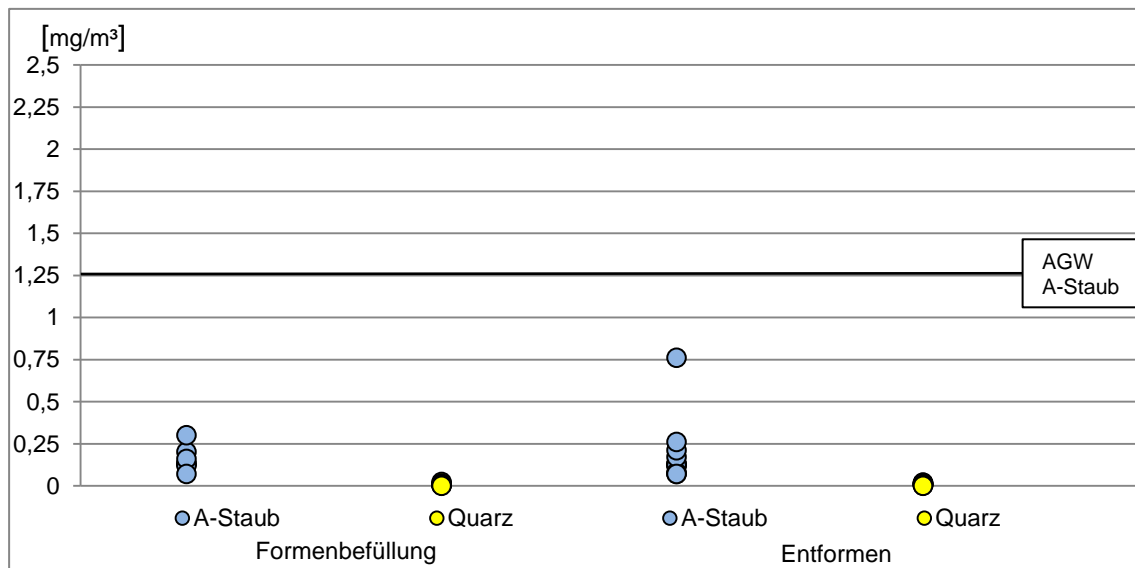


Abbildung 9: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der manuellen Betoneinzelteilerfertigung

Tabelle 4: Belastung durch A-Staub bei der manuellen Betoneinzelteilerfertigung

Manuelle Betoneinzelteilerfertigung	Formenbefüllung	Entformen
Anzahl der Messwerte	7	11
Minimum in mg/m ³	0,07	0,07
Maximum in mg/m ³	0,30	0,76
Median in mg/m ³	-	0,13
Mittelwert in mg/m ³	0,16	0,19
95-Perzentil in mg/m ³	-	0,51

Tabelle 5: Belastung durch Quarzfeinstaub bei der manuellen Betoneinzelteilerfertigung

Manuelle Betoneinzelteilerfertigung	Formenbefüllung	Entformen
Anzahl der Messwerte	7	11
Minimum in mg/m ³	<BSG*	< BSG*
Maximum in mg/m ³	0,022	0,018
Median in mg/m ³	-	0,007
Mittelwert in mg/m ³	0,010	0,009
95-Perzentil in mg/m ³	-	0,018

*BSG = Bestimmungsgrenze

6.3 Nachbearbeitung

Bei der Nachbearbeitung der manuell gefertigten Betoneinzelteile wird auch mit handgeführten Bearbeitungsmaschinen (bohren, schleifen usw.) der Grenzwert für A-Staub in der Regel eingehalten. Die Werte lagen zwischen 0,08 und 0,81 mg/m³. Die ermittelten Quarzfeinstaubkonzentrationen lagen zwischen 0,002 und 0,210 mg/m³. Die höchste Quarzfeinstaubkonzentration wurde beim Abschleifen mit Schleifpapier ermittelt. Bei Verwendung abgesaugter, handgeführter Bearbeitungsmaschinen liegen die Belastungen gegenüber Quarzfeinstaub bei maximal 0,054 mg/m³.



Abbildung 10: Nachbearbeitung einer Fertigwand

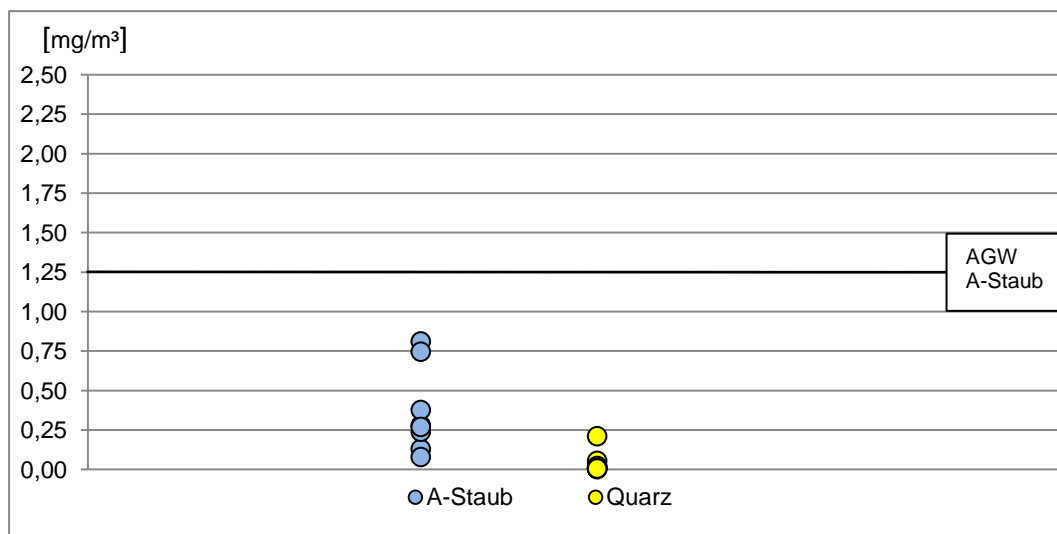


Abbildung 11: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der Nachbearbeitung

Tabelle 6: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei der Nachbearbeitung

Nachbearbeitung	A-Staub	Quarzfeinstaub
Anzahl der Messwerte	8	
Minimum in mg/m ³	0,08	< BGS*
Maximum in mg/m ³	0,81	0,210
Mittelwert in mg/m ³	0,37	0,040

*BSG = Bestimmungsgrenze

6.4 Reinigungsarbeiten

Die Reinigungsarbeiten wurden separat betrachtet und sind nicht in die Schichtmittelwertbildung eingegangen, da sie nach Schichtende und teilweise durch externe Arbeitnehmer durchgeführt wurden.

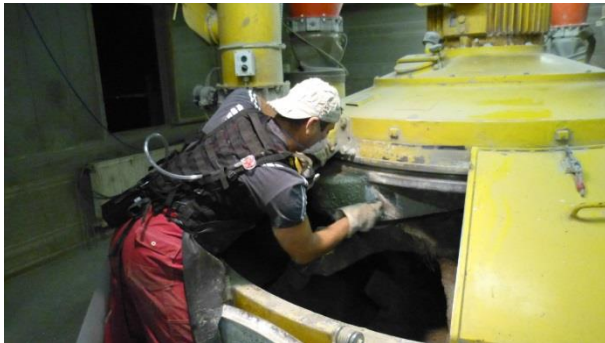


Abbildung 13: Manuelle Reinigung eines Planetenmischers

Bei der Reinigung der Mischer lag ein Drittel der ermittelten A-Staubkonzentrationen über dem Grenzwert. Die Belastungshöhen bei der mechanischen Reinigung und der Reinigung mittels Hochdruckreiniger waren vergleichbar.

Überschreitungen bei der Reinigung der Fertigungsanlage sind auf unsachgemäßes Arbeiten (z.B. Abblasen mit Druckluft) zurück zu führen.

Wenn diese Reinigungsarbeiten mit Saugern durchgeführt werden, wird der A-Staubgrenzwert eingehalten. Die höchste bei diesen Tätigkeiten ermittelte A-Staubkonzentration beträgt $0,45 \text{ mg/m}^3$, die höchste Quarzfeinstaubkonzentration lag bei $0,025 \text{ mg/m}^3$.

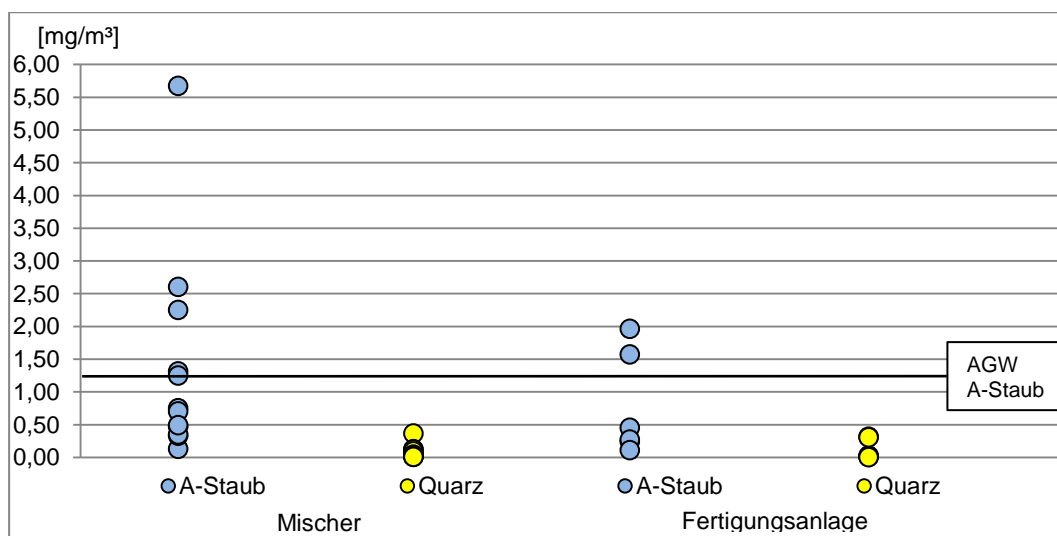


Abbildung 12: Belastung durch A-Staub und Quarzfeinstaub bei den Reinigungsarbeiten

Tabelle 7: Belastung durch und A-Staub bei den Reinigungsarbeiten

Reinigungsarbeiten	Mischer	Fertigungsanlage
Anzahl der Messwerte	12	6
Minimum in mg/m ³	0,13	0,11
Maximum in mg/m ³	5,67	1,96
Median in mg/m ³	0,73	-
Mittelwert in mg/m ³	1,36	0,77
95-Perzentil in mg/m ³	3,98	-

Tabelle 8: Belastung durch Quarzfeinstaub bei den Reinigungsarbeiten

Reinigungsarbeiten	Mischer	Fertigungsanlage
Anzahl der Messwerte	12	6
Minimum in mg/m ³	0,007	< BSG*
Maximum in mg/m ³	0,362	0,316
Median in mg/m ³	0,036	-
Mittelwert in mg/m ³	0,074	0,112
95-Perzentil in mg/m ³	0,230	-

*BSG = Bestimmungsgrenze

7. Schutzmaßnahmen

Bei Arbeitsprozessen, bei denen mit einer erhöhten Staubexposition zu rechnen ist, sind Schutzmaßnahmen anzuwenden. Dabei sind technische und organisatorische Maßnahmen z. T. auch in Kombination erforderlich, um mit der A-Staubbelastung auch die Quarzfeinstaubbelastung deutlich zu minimieren.

Die erforderlichen Schutzmaßnahmen wurden auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse nach Nr. 6, der TRGS 559 „Mineralischer Staub“ [3] und der TRGS 500 [7] abgeleitet.

Die beschriebenen Maßnahmen, führen in der Regel zu einer Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte für A- und E-Staub und einer Reduzierung der Quarzfeinstaubbelastung. Die Quarzfeinstaubbelastung ist von unterschiedlichen Randparametern (z. B. Aufenthaltsdauer im Anlagenbereich, Qualität der Stauberfassung) abhängig, daher sollte der Gefährdungsbeurteilung eine messtechnische Ermittlung der Quarzfeinstaubbelastung vorangehen.

Bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten, bei Betriebsstörungen, bei der Oberflächenbearbeitung oder beim Einsatz weiterer gefahrstoffhaltiger Produkte sind ggf. zusätzliche Schutzmaßnahmen zu treffen. Diese sind betriebsspezifisch festzulegen.

7.1 Schutzmaßnahmen bei der Betonteilefertigung

Zur Verringerung der Einwirkung von Stäuben auf die Beschäftigten gibt es folgende technische und organisatorische Schutzmaßnahmen:

- Einhausung der automatischen Fertigungsanlage (bis auf die Öffnungen für Input und Output), Absaugung des eingehausten Bereiches (bei Luftrückführung darf ein Quarzgehalt von $0,015 \text{ mg/m}^3$ nicht überschritten werden (TRGS 559)). Der Bedienstand für die Anlage sollte sich außerhalb der Einhausung in der Produktionshalle befinden und eine visuelle Kontrolle des Abgussvorganges ermöglichen.



Abbildung 13: Einhausung der automatischen Fertigungsanlage

- Ist eine Einhausung der Fertigungsanlage nicht möglich, muss ein eingehauster und mit einer technischen Lüftung versehener Steuerstand eingerichtet werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass ein direkter Blickkontakt zur Fertigungsanlage möglich ist.

Sollte dies nicht möglich sein, würde eine Videoüberwachung, die eine visuelle Kontrolle des Abgussvorgangs ermöglicht, zu einer deutlichen Minimierung der Aufenthaltsdauer im staubbelasteten Bereich beitragen.



Abbildung 14: Steuerstand mit einer technischen Lüftung

- Die Staubfreisetzung an der Reinigungsstelle für die zurückgeführten Bretter ist zu minimieren, z.B. durch eine Absaugung.



Abbildung 15: Absaugung bei der Brettreinigung

- Arbeitsbereiche sowie die dazugehörigen Anlagenteile müssen mit staubarmen Verfahren (saugen) gereinigt werden. Bei der Verwendung von mobilen Saugern, müssen Geräte mindestens der Staubklasse M verwendet werden.



Abbildung 16: Reinigung der vollautomatisierten Anlage

- An den Mixern vorhandene Absaugvorrichtungen müssen beim Reinigen in Betrieb sein, wenn dies technisch möglich ist. Ist dies nicht der Fall sind externe Absaugungen einzusetzen. Dabei müssen Geräte mindestens der Staubklasse M verwendet werden.

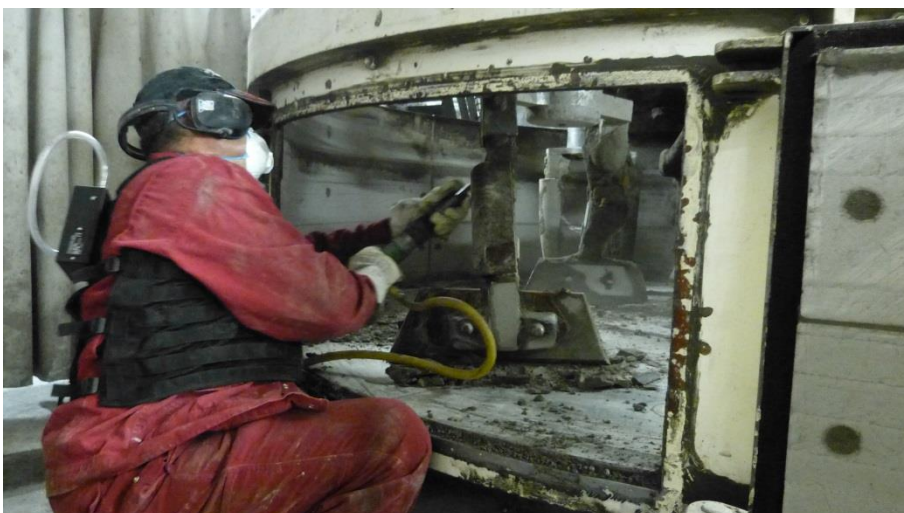


Abbildung 17: Reinigung der vollautomatisierten Anlage

- Die Arbeitsplätze müssen regelmäßig staubarm gereinigt werden, um Staubablagerungen zu vermeiden.



Abbildung 18: Entfernen von groben Staubteilen im Bereich eines abgesaugten Brettwenders



Das Reinigen mit Druckluft ist gemäß GefStoffV Anhang I Nr. 2 nicht zulässig, da es eine hohe und **vermeidbare** Belastung für die Beschäftigten darstellt und zu einer erhöhten Grundbelastung, von der auch andere im Arbeitsbereich anwesende Beschäftigte betroffen sind, führt.

- Handgeführte Geräte zur Bearbeitung der Betonteile müssen abgesaugt werden.



Abbildung 19: Nachbearbeitung einer Fertigbauwand mit einem abgesaugten Tellerschleifer

Persönliche Schutzausrüstung

Die Beschäftigten sind mit Sicherheitsschuhen der Schutzkategorie S2 nach DIN EN ISO 20345 [8] und geeigneter Arbeitskleidung auszustatten.

Für einzelne Arbeitsbereiche und bei bestimmten Tätigkeiten ist vom Arbeitgeber Atemschutz bereitzustellen. Dabei sind die berufsgenossenschaftlichen Regeln zu beachten [9]. Das Tragen belastender persönlicher Schutzausrüstung als ständige Maßnahme anstelle technischer oder organisatorischer Schutzmaßnahmen ist nicht zulässig.

Bei allen Reinigungsarbeiten und bei Wartungs- und Servicetätigkeiten, die einen längeren Aufenthalt in der Fertigungsanlage erfordern, ist Atemschutz mindestens der Schutzklasse FFP2 zu tragen.

Halbmasken mit Partikelfilter bieten gegenüber Einmalmasken einen besseren Dichtsitz und einen besseren Schutz und sind deshalb vorzuziehen. Alternativ dazu können auch gebläseunterstützte Hauben verwendet werden. Diese haben den Vorteil, dass sie keinen Atemwiderstand haben und somit keinen belastenden Atemschutz darstellen.



Bei allen Tätigkeiten, für die trotz technischer und organisatorischer Maßnahmen eine Einhaltung der Grenzwerte nicht sichergestellt ist, muss persönliche Schutzausrüstung (Atemschutz FFP 2) getragen werden.

Betriebsanweisung und Unterweisung

Für alle Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen nach TRGS 555 [10] zu erstellen. In der Betriebsanweisung sind auch Art und Häufigkeit der Reinigungstätigkeiten und der Einsatz persönlicher Schutzausrüstungen festzulegen. Die Beschäftigten sind mindestens einmal jährlich arbeitsplatzbezogen anhand der Betriebsanweisung in einer für sie verständlichen Form und Sprache zu unterweisen.

Arbeiten an Maschinen und Anlagen dürfen nur von Beschäftigten ausgeführt werden, die dazu befugt sind und diese Arbeiten selbständig sicher durchführen können.

7.2 Brand- und Explosionsschutz

Die Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre ist an den Arbeitsplätzen nicht zu erwarten.

7.3 Schutz vor biologischer Belastung

Unter ungünstigen Lüftungsbedingungen kann bei hoher Luftfeuchtigkeit an den Wänden - insbesondere in Ecken und Nischen - Schimmel entstehen, der zur biologischen Belastung der Beschäftigten führt.

8. Wirksamkeitsüberprüfung

In regelmäßigen Abständen oder nach Änderungen von Verfahren, Anlagen und technischer Schutzmaßnahmen ist die Funktion und Wirksamkeit der vorhandenen technischen Schutzmaßnahmen insbesondere durch Funktionsprüfung der Lüftungsanlagen mindestens jährlich zu überprüfen. Dabei sind insbesondere die von Herstellern vorgeschriebenen Intervalle für Prüfungen und Wartungen einzuhalten. Alle Prüfungen, Wartungs- und ggf. durchzuführende Instandsetzungsmaßnahmen an den Anlagen sind zu dokumentieren.

Die Umsetzung der getroffenen Schutzmaßnahmen und die sachgerechte Anwendung von Schutzmaßnahmen sind vom Arbeitgeber zu überwachen.

9. Anwendungshinweise

Der Anwender dieser Handlungsanleitung muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt auch die Prüfung, ob diese Handlungsanleitung unverändert gültig ist. Insbesondere ist zu überprüfen, inwieweit sich die Grenzwerte bzw. Beurteilungsmaßstäbe der freigesetzten Gefahrstoffe verändert haben. Die Überprüfung kann im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 5 Arbeitsschutzgesetz erfolgen.

Andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung für hier nicht erfasste Arbeitsbereiche des Betriebes, in denen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erfolgen und für die diese Handlungsanleitung nicht gilt, bleiben bestehen.

Diese Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis ist auf der Homepage der Bundesanstalt für Arbeitsschutz unter www.baua.de verfügbar.

10. Literatur

- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), zuletzt geändert Oktober 2013 (BGBl. I S. 3836)
- [2] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen
(Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643);
zuletzt geändert am 15. Juli 2013 (BGBl. I S. 2514)
- [3] TRGS 559 „Mineralischer Staub“ Ausgabe: Februar 2010 zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2011 S. 578-579 [Nr. 29]
- [4] TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ Ausgabe: Juli 2005, zuletzt geändert und ergänzt: März 2007
- [5] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ Ausgabe: Januar 2006, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2014 S. 271-274 v. 2.4.2014 [Nr. 12]
- [6] Begründungen zur Bewertung dieser Tätigkeiten oder Verfahren „Quarz (in Form alveolengängiger Stäube)“ Ausgabe 2002, abrufbar unter http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/906/906-quarzfeinstaub.pdf?_blob=publicationFile (Stand 03.06.2014)
- [7] TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ Ausgabe: Januar 2008 (GMBI Nr. 11/12 S. 224-258 v. 13.03.2008) ergänzt: Mai 2008
- [8] DIN EN ISO 20345 „Persönliche Schutzausrüstung – Sicherheitsschuhe“ (ISO 20345:2011 Ausgabedatum: April 2012)
- [9] Benutzung von Atemschutzgeräten (BGR/GUV-R 190) Dezember 2011
- [8] TRGS 500 Schutzmaßnahmen
- [10] TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“ Ausgabe: Januar 2013, GMBI 2013 S. 321-327 v. 7.3.2013 [Nr. 15]
- [11] TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“; Ausgabe: Januar 2010, geändert und ergänzt: GMBI 2014 S. 254-257 v. 2.4.2014 [Nr. 12]
- [12] Messverfahren für Gefahrstoffe Kennzahl 7284 „Einatembare Fraktion“ veröffentlicht in der IFA Arbeitsmappe 31. Lieferung 10/2003, Erich Schmidt Verlag
- [13] Messverfahren für Gefahrstoffe Kennzahl 6068 „Alveolengängige Fraktion“ veröffentlicht in der IFA Arbeitsmappe Lieferung 10/2003, Erich Schmidt Verlag
- [14] Messverfahren für Gefahrstoffe Kennzahl 8522 Nr. 1 „Quarz“, veröffentlicht in der IFA Arbeitsmappe 34. Lieferung 4/2005, Erich Schmidt Verlag

Anhang 1: Messstrategie, Messdurchführung und analytische Bestimmung

Die Arbeitsplatzmessungen wurden nach TRGS 402 [11] vorrangig personengetragen zur Ermittlung der Konzentration des alveolengängigen Staubes (A-Staub) durchgeführt.

Zur Charakterisierung des Emissionsverhaltens von Verfahrensschritten- wurden zusätzlich zeitlich parallel ortsfest die Konzentrationen des einatembaren Staubes (E-Staub) und des alveolengängigen Staubes im Arbeitsbereich bestimmt.

Die Messungen wurden bei normalem Betriebsablauf mit möglichst hoher, jedoch bei mindestens durchschnittlicher Arbeitsbereichsauslastung durchgeführt.

Reinigungsprozesse (z.B. Reinigung des Mixers oder des Arbeitsplatzes worst-case Betrachtung) wurden zusätzlich mittels separater Probenahme erfasst.

Die personengetragenen und stationären Probenahmen wurden mit Personal Air Samplern bei einem Volumenstrom von 10 l/min auf geeigneten Filtern vorgenommen.

Die Probenahmezeit betrug mindestens zwei Stunden, es sei denn, der untersuchte technologische Schritt war kürzer.

Analytik

Die Bestimmung der E-Staubkonzentrationen erfolgte gravimetrisch nach dem anerkannten Verfahren Nr. 7284 für die Bestimmung der einatembaren Fraktion nach BIA-Arbeitsmappe [12].

Die Bestimmungsgrenze für E-Staub lag bei 0,01 mg/m³ für 1200 l Probeluftvolumen.

Die Bestimmung der A-Staubkonzentrationen erfolgte gravimetrisch nach dem anerkannten Verfahren Nr. 6068 für die Bestimmung der alveolengängigen Fraktion nach BIA-Arbeitsmappe [13].

Die Bestimmungsgrenze für A-Staub lag bei 0,01 mg/m³ für 1200 l Probeluftvolumen.

Das angewandte Verfahren für die Bestimmung der Quarzfeinstaubkonzentration orientierte sich am Messverfahren 8522 Nr. 1 „Quarz“, veröffentlicht in der BIA-Arbeitsmappe [14].

Durch integrale Extinktion über die Doppelbande 779/798 cm⁻¹ und deren Vergleich mit einem externen Standard erfolgt die quantitative Auswertung der Quarzfeinstaubkonzentration.

Die Bestimmungsgrenze für Quarzfeinstaub lag bei 0,006 mg/m³ für 1200 l Probeluftvolumen.

Anhang 2: Messergebnisse

Nachfolgend sind die Ergebnisse der in den 31 Betrieben ermittelten A-Staub und Quarzfeinstaubbelastung als arithmetische Mittelwerte für folgende Tätigkeiten zugeordnet.

In einzelnen Betrieben liegen keine Daten aus den Tätigkeitsbereichen F oder T vor.

F = Feuchtbereich

automatische Formenbefüllung (Brettfertigung) bzw.
manuelle Formenbefüllung (Betoneinzelteilerfertigung)

T = Trockenbereich

Sortieren von Pflastersteine/Platten (Brettfertigung) bzw.
Entformen/Ausschalen (Betoneinzelteilerfertigung)

M = Misch Tätigkeiten

Tätigkeiten in F und T, die nicht eindeutig zugeordnet werden können.

N= Nachbearbeitung

Betoneinzelteilerfertigung

Tabelle 9: Arithmetische Mittelwerte der Messergebnisse von A-Staub und Quarzfeinstaub

Betriebs-Nr.	Tätigkeit	A-Staub [mg/m ³]	Quarzfeinstaub [mg/m ³]	Betriebs-Nr.	Tätigkeit	A-Staub [mg/m ³]	Quarzfeinstaub [mg/m ³]
1	F	0,54	0,102	6	F	0,16	0,016
	T	0,32	0,029		T	0,10	0,014
2	F	0,27	0,008	7	F	0,16	0,013
	T	0,26	0,007		T	0,21	0,007
3	F	0,13	<BSG*	8	F	0,47	0,065
	T	0,13	0,008		T	0,52	0,036
4	F	0,16	0,008	9	F	0,31	0,025
	T	0,11	0,016		T	0,04	0,109
5	F	0,39	0,078	10	F	2,27	0,274
	T	0,15	0,028		T	0,19	0,039

Betriebs-Nr.	Tätigkeit	A-Staub [mg/m ³]	Quarz-feinstaub [mg/m ³]
11	F	0,19	0,018
	T	0,23	0,021
12	F	0,64	0,022
	T	0,67	0,023
13	F	1,39	0,137
	T	0,16	<BSG*
14	F	0,56	0,006
	T	0,79	0,006
15	N	0,56	0,008
16	F	0,62	0,021
	T	0,71	0,021
17	F	0,44	0,013
	T	0,22	0,011
18	F	0,86	0,027
19	F	2,18	0,320
20	M	0,62	0,010
21	M	0,50	0,042

Betriebs-Nr.	Tätigkeit	A-Staub [mg/m ³]	Quarz-feinstaub [mg/m ³]
22	T	0,12	0,010
23	N	0,27	<BSG*
24	F	0,980	0,020
25	F	0,30	0,006
	T	0,76	0,007
26	F	0,32	0,007
	T	0,01	0,010
27	M	0,13	0,010
28	F	0,07	<BSG*
	T	0,07	<BSG*
29	F	1,86	0,010
	T	0,19	0,010
30	T	0,08	<BSG*
31	F	0,27	<BSG*

BSG* = Bestimmungsgrenze

