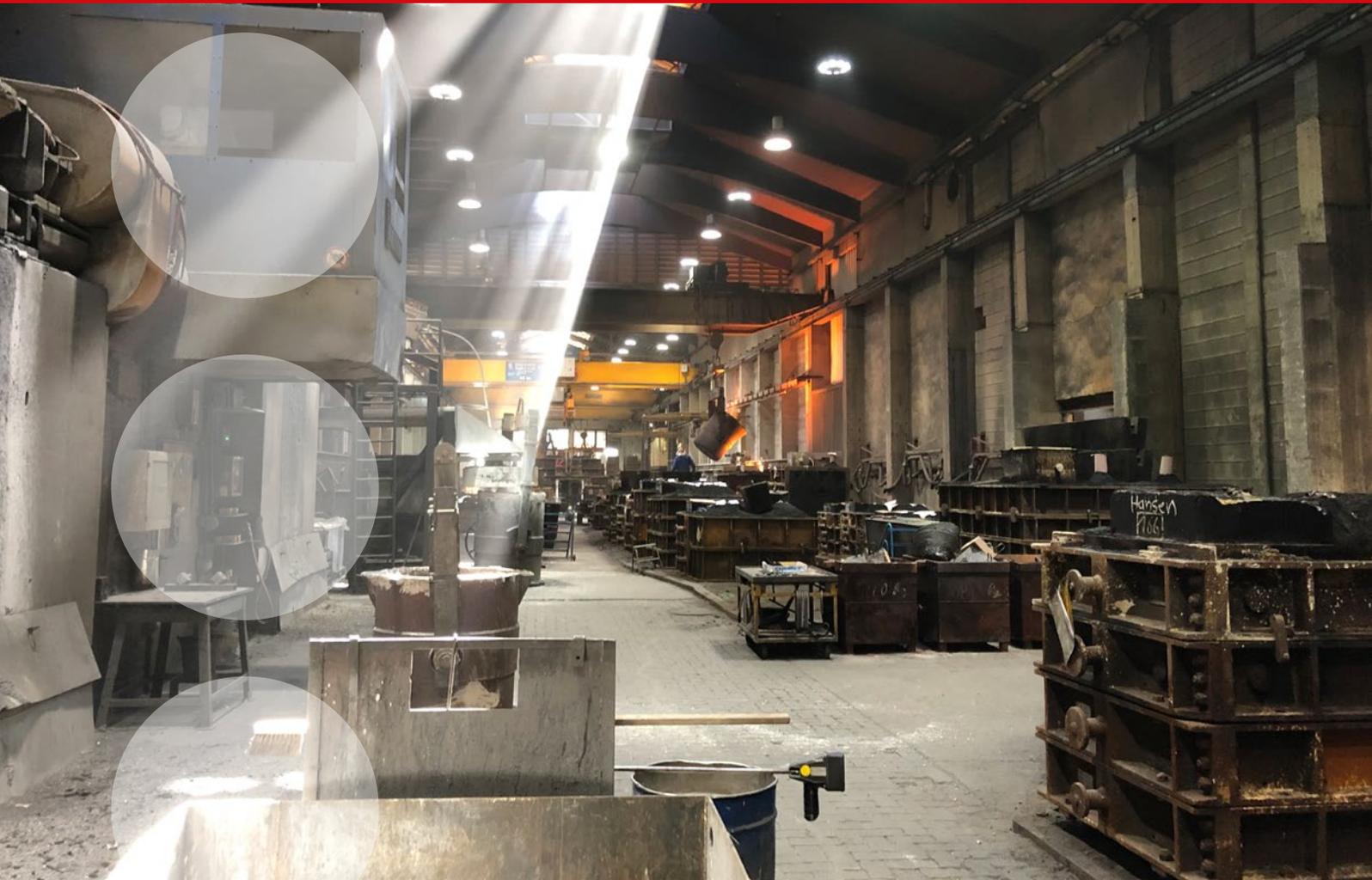


209-095

DGUV Information 209-095



Quarzhaltiger Staub in der Gießerei-Industrie

Branchenlösungen gemäß TRGS 559

Impressum

Herausgegeben von: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Hütten-, Walzwerksanlagen, Gießereien des
Fachbereichs Holz und Metall der DGUV

Ausgabe: März 2023
Januar 2025: Austausch der Abb. 17

Satz und Layout: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., Berlin

Bildnachweis: Titelbild und Abb. 8: © Dossmann GmbH Eisengießerei
und Modellbau; Abb. 3, 19, 21a und 21b und 25: © Metall-
gießerei Schüle GmbH; Abb. 2: © VSP Foneria S.P.A./CAEF;
Abb. 4, 5, 7, 11, 12, 22, 23 und 24 © Gienanth GmbH;
Abb. 6: © industrieblick – stock.adobe.com;
Abb. 10: © Eisengießerei Hans Dhonau e.K.;
Abb. 13: © F. Beschorner; Abb. 14 und 15: © BGHM Woyzel-
la; Abb. 16 und 18: © A.Beduareck/BDG; Abb. 17: © D. Be-
necke - BGHM; Abb. 20: © K. Guldner

Copyright: Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.
Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit
ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bezug: Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger oder
unter www.dguv.de/publikationen > Webcode: p209095

Quarzhaltiger Staub in der Gießerei-Industrie

Branchenlösungen gemäß TRGS 559

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort	5	4	Expositionsniveau bei branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen 18
1 Beschreibung der staubrelevanten Tätigkeiten	6	5	Schutzmaßnahmenkonzept 19
1.1 Übersicht.....	6	5.1	Branchenübergreifende Maßnahmen 19
1.2 Transport, Lagerung und Aufbereitung quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe.....	7	5.2	Spezifische Maßnahmen für Transport, Lagerung und Aufbereitung quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe 23
1.3 Form- und Kernherstellung.....	8	5.3	Spezifische Maßnahmen für die Form- und Kernherstellung 25
1.4 Gießerei/Schmelzbetrieb.....	9	5.4	Spezifische Maßnahmen für Gießerei/Schmelzbetrieb..... 26
1.5 Auspacken.....	10	5.5	Spezifische Maßnahmen für das Auspacken..... 26
1.6 Gussputzen.....	10	5.6	Spezifische Maßnahmen für das Gussputzen..... 27
2 Grundlegende Schutzmaßnahmen nach Anhang I Nr. 2.3 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)	12	5.7	Europäisches Netzwerk Quarz – NepSi..... 29
3 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nach den branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen	14	6	Literaturverzeichnis 30
3.1 Allgemeines.....	14	6.1	Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln 30
3.2 Zerkleinern, Mischen, Fördern quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe (Aufbereitung) zur Herstellung von Form- und Kernsand.....	14	6.2	DGUV Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit..... 30
3.3 Form- und Kernherstellung.....	14	6.3	Normen..... 31
3.4 Gießerei Schmelzbetrieb.....	15	6.4	Weitere Publikationen und Informationsquellen. 31
3.5 Auspacken.....	16		
3.6 Gussputzen.....	16		

Vorwort

Diese Branchenlösungen beschreiben begründete Ausnahmen für Arbeitsbereiche/Branchen der Gießerei-Industrie, in denen der Beurteilungsmaßstab für Quarz (A-Staub) von $0,05 \text{ mg/m}^3$ derzeit noch nicht unterschritten wird.

Gießereien, die nicht mit quarzhaltigem mineralischen Basisformstoff oder mit metallischen Dauerformen arbeiten, sind von dieser Branchenlösung ausgenommen.

Gemäß TRGS 559 liegt der Schwerpunkt auf einer Beschreibung der technischen Schutzmaßnahmen nach den branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen im Sinne einer Minimierung der Staubexposition. Es erfolgt eine Bewertung, ob der Beurteilungsmaßstab für Quarz (A-Staub) in Höhe von $0,05 \text{ mg/m}^3$ (entspricht $50 \mu\text{g/m}^3$) unter Anwendung branchenüblicher Betriebs- und Verfahrensweisen unterschritten werden kann.

Dazu wurden Messdaten verwendet, die vom Messtechnischen Dienst der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) im Zeitraum von 2015 – 2019 in Betrieben ermittelt und in die MEGA-Datenbank des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) eingepflegt wurden. Zusätzlich wurden Einschätzungen von Expertinnen und Experten mit einbezogen.

Für den Fall der Überschreitung einer Quarz (A-Staub)-Konzentration von $0,05 \text{ mg/m}^3$ werden für einzelne Arbeitsbereiche/Tätigkeiten Maßnahmen beschrieben, deren sinnvolle Auswahl zu einer weiteren Reduktion der Staubexposition führen und in einem gemäß TRGS 559 Nummer 3.4.3 notwendigen Schutzmaßnahmenkonzept

münden soll. Das Schutzmaßnahmenkonzept selbst muss der einzelne Betrieb unter Berücksichtigung der betrieblichen Situation erstellen. Er kann sich dazu an dem in Abschnitt 5 dieser Schrift beschriebenen Maßnahmenkonzept orientieren.

Der einzelne Betrieb kann von den in den Branchenlösungen vorgeschlagenen Vorgehensweisen abweichen. In diesem Fall muss er die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen selbst beschreiben, das damit bisher erreichte Expositions-niveau ermitteln und beurteilen, ob der Beurteilungsmaßstab für Quarz (A-Staub) unterschritten wird. Ist das nicht der Fall, muss er das Schutzmaßnahmenkonzept nach den Vorgaben der TRGS 559 selbst erstellen. Das gilt auch für die nicht in der Tabelle in Abschnitt 4 gelisteten Arbeitsbereiche/Tätigkeiten. Die Wirksamkeit dieses Schutzmaßnahmenkonzepts muss dann ebenfalls individuell überprüft werden.

Zur Erarbeitung eines Schutzmaßnahmenkonzepts kann auch auf den NepSi-„Leitfaden für bewährte Verfahren“ des europäischen Netzwerks Quarz zurückgegriffen werden. Die NepSi stellt auf ihrer Internetseite kostenlose Schulungsunterlagen und Hilfsmittel zur Erarbeitung von Schutzmaßnahmenkonzepten zur Verfügung.

Die Branchenlösungen wurden von den Sozialpartnern der Branche Gießereien mit Unterstützung des Sachgebiets „Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub“ der DGUV erarbeitet und im Sachgebiet „Hütten-, Walzwerksanlagen, Gießereien“ des Fachbereichs „Holz und Metall“ der DGUV konsolidiert.

1 Beschreibung der staubrelevanten Tätigkeiten

1.1 Übersicht

Die Branchenlösungen gelten für Gießereien, in denen verlorene Formen aus gebundenem Sand auf Quarzbasis verwendet und folgende Tätigkeiten ausgeführt werden:

- Transport, Lagerung und Aufbereitung quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe

- Form- und Kernherstellung
- Gießerei/Schmelzbetrieb
- Auspacken
- Gussputzen

Abbildung 1 zeigt den allgemeinen Ablauf bei der Herstellung von Gussprodukten in Sandformgießereien.



Abb. 1 Prozessschritte bei der Herstellung von Gussprodukten

1.2 Transport, Lagerung und Aufbereitung quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe

Zur Erzeugung der Negativform zum Eingießen der Metallschmelze und Darstellung des eigentlichen Gussstücks werden in Sandform-Gießereien Formstoffe mit einem überwiegenden Anteil an Quarzsand verwendet. Die tongebundenen Formstoffe sind Mischungen aus Sand, Ton, Wasser und Zusatzstoffen. Der Quarzsandanteil liegt bei 80 % –90 %. In Sandform-Gießereien wird der Formstoff als Formsand bezeichnet.

Ein möglichst großer Anteil von Altsanden wird nach dem Abguss und dem Ausschlagen der Formen wieder dem Aufbereitungsprozess zugeführt. Dabei werden, neben Sandtransporteinrichtungen, verschiedene Aggregate wie Brecher, Mischer, Kühlsysteme, Metallabscheider, Siebe, Entstaubungsanlagen und andere Maschinen eingesetzt. Der Neusandanteil wird durch die Sandregenerierung möglichst gering gehalten.

Die Tätigkeitsbereiche von beschäftigten Personen können den nachfolgend aufgeführten, für die Formstoff-Aufbereitung von quarzhaltigen mineralischen Rohstoffen typischen Verfahrensschritten zugeordnet werden. Wieviel Staub bei den Verarbeitungsprozessen entsteht, wird dabei durch Art, Menge und Feuchte der Einsatzstoffe und Produkte, durch die Produktions- und Verarbeitungsverfahren und durch die maschinelle Ausstattung der Zerkleinerungs-, Förder- und Mischanlagen sowie der Verladeeinrichtungen beeinflusst.

Die Formstoff-Aufbereitung umfasst in der Regel folgende Einzelvorgänge:

- **Anlieferung und Lagerung (Logistik)**
Anlieferung, zum Beispiel durch Bahn, LKW oder Silofahrzeuge als Schüttgut, in Big Bags oder als Sackware. Trockene Lagerung auf Halden, in Rohstoffboxen oder in geschlossenen Räumen bzw. in Silos.
- **Innerbetrieblicher Transport**
Transport und Materialaufgabe, zum Beispiel durch Radlader, Kastenbeschicker, Stetigförderer (mechanisch, pneumatisch), Big-Bag-Entleerung, Sackaufgabe (manuell, automatisch).
- **Zerkleinern und Kühlen**
Sammeln des Altsands, Abscheiden metallischer Verunreinigungen, Beseitigen von Sandknollen und Kernbruch durch Brechen (Walzenbrecher, Backenbrecher, Rotationsfeinbrecher), Mahlen (Kugelmühlen, Prallmühlen), Zerkleinern (Siebtrommeln, Schwingsiebe), Kühlen (Band-, Wirbelschicht- oder Trommelkühler), Homogenisieren (Trommel).
- **Klassieren durch Sieben oder Sichten**
- **Abwiegen und Mischen**
Abwiegen, Dosieren und Mischen der Fraktionen (Alt- und Neusand, Binder, Wasser) und Zuschlagstoffe maschinell oder manuell zur Herstellung des verarbeitbaren Form- und Kernsands. Fördern zu den Form- und Kernanlagen zur Erzeugung der Kerne und der Gussform.
- **Wartungs-, Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten**
Die einzelnen Aggregate (besonders Mahl-, Sieb- und Förderanlagen) sind einem erhöhten Verschleiß ausgesetzt. Sie werden daher ständigen Kontrollen unter-



Abb. 2 Formsand-Förderband

zogen und unterliegen regelmäßigen Wartungen und Reparaturen. Die Dauer einer dabei möglichen Exposition kann nur wenige Minuten betragen, zum Beispiel bei Kontrollgängen oder beim Durchschreiten von staubexponierten Betriebsbereichen, sich aber auch über die gesamte Arbeitsschicht erstrecken. Da dem Wartungspersonal oft auch die vorbereitende Reinigung des entsprechenden Arbeits- oder Anlagenbereichs zufällt, können bei diesen Tätigkeiten erhöhte Staubexpositionen auftreten.

1.3 Form- und Kernherstellung

In der Form- und Kernherstellung werden zwei Arten von Formsand verwendet. Der Modellsand wird unmittelbar auf das Modell aufgebracht. In der Kernmacherei werden die Sandformen aus Kernsand zur Erzeugung der inneren Hohlräume und Hinterschneidungen hergestellt.

Die Verdichtung des Formsands erfolgt durch Einsatz von Druckluftstampfern von Hand oder in Formanlagen und Kernschießmaschinen über kombinierte Verdichtungsverfahren (Rütteln, Pressen, Schleudern, Schießen). Bei kunstharzgebundenen Formstoffen erfolgt die Verfestigung durch chemisches Aushärten. Durch das Zusammenführen der Grundform und der Kerne wird in der Formerei eine tongebundene Negativform erstellt. Das Einlegen der Kerne erfolgt von Hand oder unter Einsatz von Einlegerobotern.

Während der Form- und Kernherstellung kommt es aufgrund der Handling-Vorgänge zu einer hohen mechanischen Beanspruchung der Sandformen und -kerne. Das führt zum Abrieb oder Abplatzen von trockenem, zerbröselndem Material. Der anfallende Staub kann an der Entstehungsstelle meist nicht vollständig erfasst werden. Die Gussform wird in der Regel von Hand repariert und von Formsandresten befreit. Der in diesen Prozessschritten anfallende Staub gelangt in der Regel auf den Boden, wo er verteilt und aufgewirbelt wird.



Abb. 3 Formhälften mit eingelegten Kernen

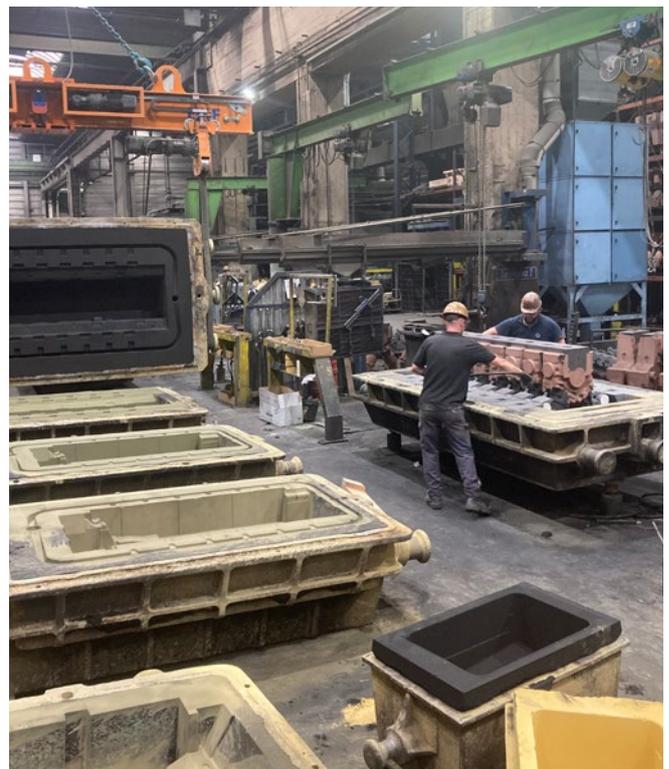


Abb. 4 Formkasten

Zur Verbesserung der Oberfläche des Gussstücks und als Schmelze/Formstoff-Trennschicht werden die Formen mit sogenannten Schlichten überzogen. Schlichten sind Suspensionen, die aus feinkörnigem Formgrundstoff, Bindemitteln und Wasser oder Alkohol als Trägerflüssigkeit bestehen. Vor der Zuführung der Form in die Gießerei wird die Schlichte mit Luft oder unter Wärmeeinfluss getrocknet.

Das Aufbringen der Schlichte erfolgt durch Eintauchen, Streichen oder Aufspritzen von Hand oder mit Kraneinsatz sowie in automatischen Tauchanlagen.

Eine Exposition mit mineralischem Staub kann beim Ansetzen von Schlichten erfolgen. Der Abrieb nach der Verfestigung ist als gering zu betrachten.

1.4 Gießerei/Schmelzbetrieb

Schmelzöfen und Pfannen im Schmelz- und Gießbetrieb werden mit feuerfesten Stoffen ausgekleidet. Sie schützen die Aggregate und Einrichtungen vor den hohen Temperaturen und bestehen aus mineralischen oder keramischen Produkten.

Im Schmelzbetrieb wird das zum eigentlichen Gießvorgang in der Gießerei benötigte flüssige Metall erschmolzen. Das Zusammenstellen der Rohstoffe aus Schrott, Kreislaufmaterial, Vorlegierungen und Zuschlagsstoffen wird Gattierung genannt. Je nach Werkstoff und Stückgewichten werden unterschiedliche Schmelzaggregate eingesetzt.

Je nach Energieträger zur Wärmeerzeugung wird nach Elektroöfen (zum Beispiel Induktionsschmelzöfen, Widerstandsofen oder Lichtbogenöfen) oder brennstoffbeheizten Öfen (Kupolöfen mit Koks als Energieträger, gas- oder ölbeheizte Öfen) unterschieden.

Im Bereich des Schmelzbetriebs ist beim Aufschmelzen, beim Abgießen, bei Reparaturarbeiten, beim Ausbruch und bei der Schlacke- und Krätzeentfernung mit Stäuben, Gasen und Metallrauchen zu rechnen.

Bevor die Schmelze dem Abguss zugeführt wird, erfolgt üblicherweise eine Nachbehandlung durch Zusatz bestimmter Stoffe oder Spülen mit Gasen zur Beeinflussung der Schmelzequalität.

Das feuerflüssige Metall wird in vorgewärmte Kran-, Stopfen- oder Handpfannen gegossen und mit Pfannentransportwagen, Kranen, Tragmittel oder Flurförderzeugen zum Abguss in die Gießerei befördert. An Formanlagen kann die Schmelze über Gießeinrichtungen auch direkt in die Form gegossen werden.



Abb. 5 Gießanlage

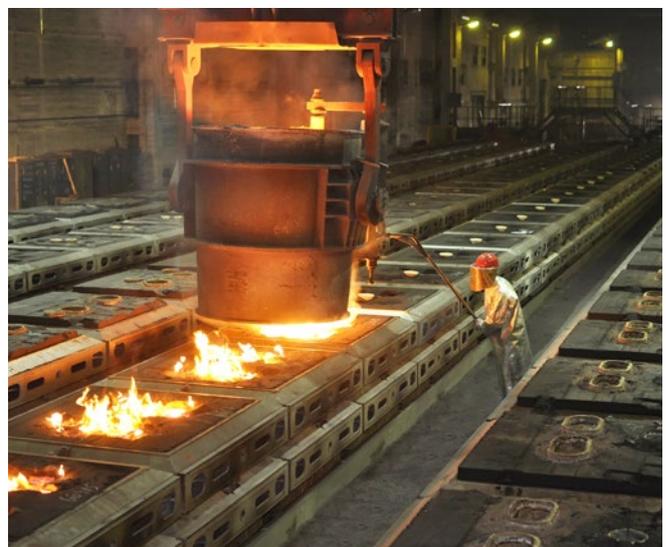


Abb. 6 Stopfenpfanne über Gieß-Straße

Beim Entfernen von Hochtemperaturwollen aus künstlichen Mineralfasern (KMF, insbesondere AES-Wollen), die über 900 °C beansprucht werden (Wartung, Reparatur, Demontage), ist damit zu rechnen, dass silikogener Staub freigesetzt wird.

1.5 Auspacken

Beim Auspacken wird der Formstoff vom Gussstück getrennt. Vor dem Auspacken müssen die Gussteile erstarrt und ausreichend abgekühlt sein. Das Trennen erfolgt entweder manuell, über Auspackroste durch Schwingbewegung oder Auspacktrommeln durch Rotation. Auch ein sogenanntes Auspackstrahlen in Strahlkabinen kann in Gießereien vorgenommen werden. In automatischen Form- und Gießanlagen für klein- bis mittelgroße Gussstücke erfolgt das Auspacken über Ausstoßanlagen und/oder lange Trennrinnen.

Nach dem Trennen wird der Formstoff in die Aufbereitung und das Gussstück über Hebezeuge, Manipulatoren oder Stetigförderer in die Putzerei befördert.



Abb. 7 Komplette eingehauste Auspackstation für große Gussstücke

Die Beschäftigten sind beim manuellen Auspacken erhöhten A-, E- und Quarzstaubexpositionen ausgesetzt, besonders, wenn pneumatische und hydraulische Auspacker und manuell genutzte Ausschlaghämer benutzt werden. Daher sollte ein Arbeiten von Hand möglichst vermieden werden. An handbetriebenen Anlagen muss in geeigneter Weise abgesaugt werden und es ist Persönliche Schutzausrüstung entsprechend der für das Unternehmen spezifisch erstellten Gefährdungsbeurteilung zu tragen.

Bei staubintensiven Tätigkeiten ist den Beschäftigten geeigneter Atemschutz zur Verfügung zu stellen. Als Atemschutz können Halbmasken mit Partikelfilter (mindestens P2), partikelfiltrierende Halbmasken/Feinstaubmasken (mindestens FFP2) oder gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (mindestens TH2P) verwendet werden (siehe DGUV Regel 112-190, Benutzung von Atemschutzgeräten). Weitere Informationen werden in Abschnitt 5.1.4 – Persönliche Maßnahmen beschrieben.

1.6 Gussputzen

In der Gussputzerei wird das Gussteil von Einguss- und Speisersystem, Gussgrat und Formsandresten befreit.

Die Gussteile werden mit Hänge- oder Transporteinrichtungen über Strahlanlagen (Putzhäuser) befördert, um eine Oberflächenreinigung zu erzielen. Als Strahlmittel kommen körnige metallische oder keramische Griesse oder Kügelchen zum Einsatz. Sie werden mit hoher Geschwindigkeit (Energie) auf die zu reinigende Oberfläche geschleudert. Anhaftungen von Formsand oder lose Metallteile werden dabei entfernt.

Beim anschließenden Gussputzen werden überständige Geometrien wie Grate und Unebenheiten entfernt. Das kann manuell mit handgeführten Schleifmaschinen oder in vollautomatischen Putzanlagen mit Robotern erfolgen. Der Einsatz von Manipulatoren kann die Zugänglichkeit der zu bearbeitenden Stellen erleichtern und gerade bei manuellen Tätigkeiten ergonomisch sinnvoll sein.



Abb. 8 Strahlen großer Gussteile

Wurden die Formsand-Anhaftungen durch die Auspack- und Strahlvorgänge nicht vollständig entfernt, kann beim Gussputzen silikogener Staub der A- und E-Fraktion entstehen. Quarzfeinstaub wird auch über Verschleppung aus vorgelagerten Fertigungsbereichen in die Putzerei getragen.

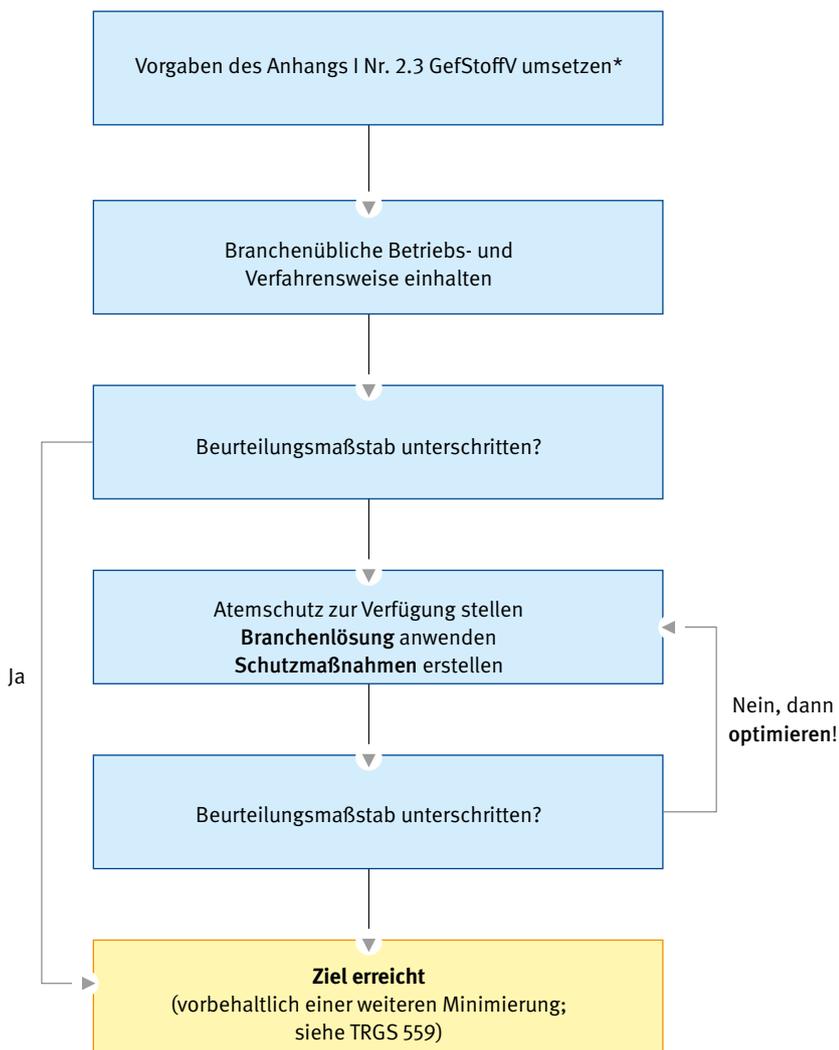
2 Grundlegende Schutzmaßnahmen nach Anhang I Nr. 2.3 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)

Unabhängig von der Expositionshöhe und unabhängig von den branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen sind grundsätzlich bei Tätigkeiten mit quarzhaltigem Staub mindestens die in Anhang I Nummer 2.3 GefStoffV

aufgelisteten Schutzmaßnahmen („Ergänzende Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber einatembaren Stäuben“) zu beachten:

2.3 Ergänzende Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber einatembaren Stäuben

- (1) Die Gefährdungsbeurteilung nach § 6 bei Tätigkeiten mit Stoffen, Gemischen und Erzeugnissen, die Stäube freisetzen können, ist unter Beachtung ihres Staubungsverhaltens vorzunehmen.
- (2) Bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber einatembaren Stäuben, für die kein stoffbezogener Arbeitsplatzgrenzwert festgelegt ist, sind die Schutzmaßnahmen entsprechend der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 so festzulegen, dass mindestens die Arbeitsplatzgrenzwerte für den einatembaren Staubanteil und für den alveolengängigen Staubanteil eingehalten werden.
- (3) Maschinen und Geräte sind so auszuwählen und zu betreiben, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Staub emittierende Anlagen, Maschinen und Geräte müssen mit einer wirksamen Absaugung versehen sein, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist und die Staubfreisetzung nicht durch andere Maßnahmen verhindert wird.
- (4) Bei Tätigkeiten mit Staubexposition ist eine Ausbreitung des Staubs auf unbelastete Arbeitsbereiche zu verhindern, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.
- (5) Stäube sind an der Austritts- oder Entstehungsstelle möglichst vollständig zu erfassen und gefahrlos zu entsorgen. Die abgesaugte Luft ist so zu führen, dass so wenig Staub wie möglich in die Atemluft der Beschäftigten gelangt. Die abgesaugte Luft darf nur in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden, wenn sie ausreichend gereinigt worden ist.
- (6) Ablagerungen von Stäuben sind zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, sind die Staubablagerungen durch Feucht- oder Nassverfahren nach dem Stand der Technik oder durch saugende Verfahren unter Verwendung geeigneter Staubsauger oder Entstauber zu beseitigen. Das Reinigen des Arbeitsbereichs durch Kehren ohne Staub bindende Maßnahmen oder Abblasen von Staubablagerungen mit Druckluft ist grundsätzlich nicht zulässig.
- (7) Einrichtungen zum Abscheiden, Erfassen und Niederschlagen von Stäuben müssen dem Stand der Technik entsprechen. Bei der ersten Inbetriebnahme dieser Einrichtungen ist deren ausreichende Wirksamkeit zu überprüfen. Die Einrichtungen sind mindestens jährlich auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen, zu warten und gegebenenfalls in Stand zu setzen. Die niedergelegten Ergebnisse der Prüfungen nach den Sätzen 2 und 3 sind aufzubewahren.
- (8) Für staubintensive Tätigkeiten sind geeignete organisatorische Maßnahmen zu ergreifen, um die Dauer der Exposition so weit wie möglich zu verkürzen. Ergibt die Gefährdungsbeurteilung nach § 6, dass die in Absatz 2 in Bezug genommenen Arbeitsplatzgrenzwerte nicht eingehalten werden können, hat der Arbeitgeber geeignete persönliche Schutzausrüstung, insbesondere zum Atemschutz, zur Verfügung zu stellen. Diese ist von den Beschäftigten zu tragen. Den Beschäftigten sind getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeitskleidung und für die Straßenkleidung sowie Waschräume zur Verfügung zu stellen.



* Wird bereits durch diesen Schritt eine Unterschreitung des Beurteilungsmaßstabes erreicht, sind die nachfolgenden Schritte nicht mehr notwendig

Abb. 9 Fließschema zur Umsetzung der Vorgaben der TRGS 559

3 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen nach den branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen

3.1 Allgemeines

Branchenübliche Betriebs- und Verfahrensweisen sind die in der Praxis genutzten und bewährten Kombinationen von Einzelmaßnahmen für einen Arbeitsprozess. Diese entsprechen nicht notwendigerweise dem Stand der Technik. Sie stellen aber die in der Praxis genutzten Kombinationen von Einzelmaßnahmen in einer Branche dar, mit denen ein möglichst hohes Schutzniveau erreicht werden soll. Diese Einzelmaßnahmen sind noch vor der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts nach Abschnitt 5 dieser Schrift umzusetzen.

In den folgenden Abschnitten 3.2 bis 3.6 werden für die dort genannten begründeten Ausnahmen die jeweils branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen sowie die damit verbundenen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen zur Expositionsminderung beschrieben.

3.2 Zerkleinern, Mischen, Fördern quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe (Aufbereitung) zur Herstellung von Form- und Kernsand

Zur Herstellung von formgerechtem Fertigsand werden in Formstoff-Aufbereitungsanlagen folgende Prozessschritte durchgeführt:

- Brechen, Mahlen, Kühlen, Mischen und Homogenisieren des Rücklaufsands aus der Auspackstation
- Feuchteregulierung zur Staubreduzierung
- Zuführen und Dosieren von Alt-, Neusand, Bindemittel und Formstoffzusätzen
- Einstellen der Formstoffeigenschaften
- Rückführung abgesaugter Feinanteile in den Formstoffkreislauf
- Fördern des Form- und Kernsands an die jeweiligen Formplätze (Kernschießmaschinen, Formanlagen, Handformanlagen)

Bei der Aufbereitung von quarzhaltigen mineralischen Rohstoffen in der Gießerei-Industrie stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:

- Die einzelnen Aufbereitungsstufen sind weitgehend durch elektronische Steuerelemente und zentrale Schaltwarten automatisiert, um u. a. den Aufenthalt des Bedienpersonals in der Anlage zu minimieren.
- Vorhandene Leitstände sind fremdbelüftet und gegebenenfalls klimatisiert.
- Stark staubende Zerkleinerungs- und Mischvorgänge werden in der Regel in eingehausten Anlagen durchgeführt.
- In der Regel sind alle staubemittierenden Aggregate und Materialübergabestellen an eine zentrale oder mehrere dezentrale Entstaubungsanlagen angeschlossen. Die Stauberfassung erfolgt durch geeignete Erfassungselemente direkt an der Emissionsquelle.
- Arbeitsbereiche zur manuellen Handhabung von Material (z. B. Befüllen, Zugabe/Entnahme von Material) sind mit Stauberfassungseinrichtungen ausgerüstet.
- Es handelt sich oft um komplexe, nicht als Einheit erstellte Anlagen mit teilweise älteren und nicht aufeinander abgestimmten Anlagenkomponenten. Produktionsspezifische Abweichungen sind möglich.

3.3 Form- und Kernherstellung

Beim Handformen arbeiten die Beschäftigten in direktem Kontakt mit den Formstoffen. Bei Arbeiten im Bereich von Durchlaufmischern wird der Formstoff in Form- oder Kernkästen verteilt und manuell und mithilfe von Druckluftstampfern verdichtet. Neben den Inhaltsstoffen der chemischen Binder sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch unmittelbar silikogenen Stäuben ausgesetzt. Als Schutzmaßnahme müssen die Stäube und Gase erfasst und abgesaugt werden.

Bei der Fertigung verlorener Formen und Kerne stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:



Abb. 10 Formanlage mit vorgeschalteten Formstoffmischer

- Einfüllen des Formsands aus geringer Fallhöhe und mit geringer Fallgeschwindigkeit.
- Oftmals können in Handformereien die Formkästen, aufgrund ihrer Größe oder infolge von häufig wechselnden Dimensionen, nicht eingehaust werden.
- An Handform-Arbeitsplätzen auf Arbeitstischen werden die Formkästen dreiseitig eingehaust. Die Stäube werden an der Rückwand der Haube abgesaugt.
- Der Formsand wird zum optimalen Verdichten feucht und somit staubarm gehalten. Branchenüblich und Stand der Technik ist ein Wassergehalt von 1,5 – 2,0 %.
- Eine Stauberfassung kann auch über eine Ringabsaugung im Bereich der Formsandbefüllung erfolgen.
- Im Bereich der Einlegeplätze für Kerne an teilautomatischen Formanlagen fällt kein silikogener Staub an. Der feuchte Formsand fällt beim Einlegen der Kerne nach unten und wird z. B. über Förderbänder abgezogen.
- Bei den Transport- und Handlingvorgängen über Rollen oder Laufbänder kann Staub entstehen, der an den Entstehungsstellen nur schwer erfasst werden kann. Der grobe Material-Abrieb fällt zum Teil auf den Boden, wo er verteilt und aufgewirbelt werden kann.

- Anfallende Verunreinigungen sind möglichst umgehend mit geeigneten Industriestaubsaugern zu entfernen.

3.4 Gießerei Schmelzbetrieb

Beim Schmelzen metallischer Werkstoffe und beim Gießen stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:

- Staubemissionen im Gieß- und Schmelzbetrieb werden möglichst nah am Entstehungsort mit Erfassungshauben (Wirbelhauben) abgesaugt. Absaugmengen an einzelnen Erfassungsstellen werden über eine integrierte Steuerung geregelt.
- Die Nachbehandlung der Schmelze (Impfen mit z. B. Magnesiumdraht) findet in separaten Behandlungskabinen mit Ablufterfassung statt.

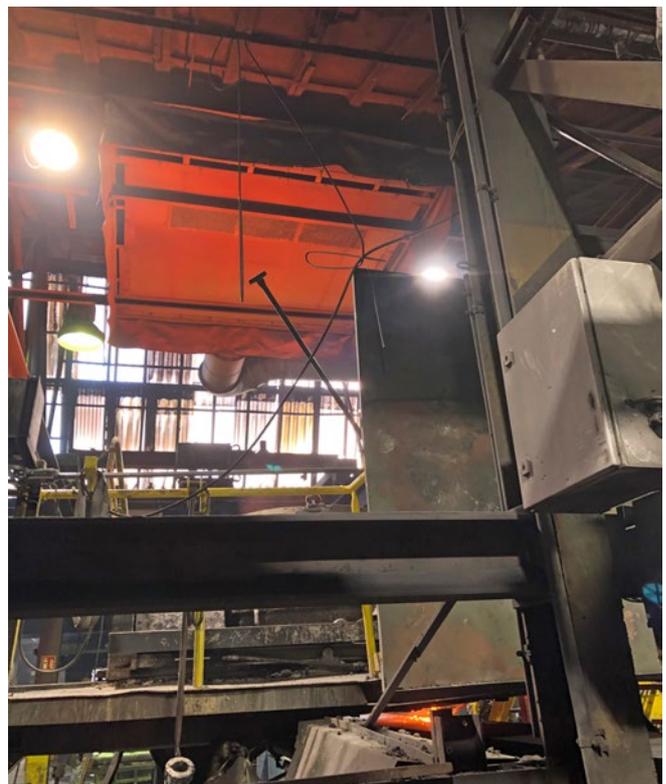


Abb. 11 Erfassungshaube im Schmelzbetrieb

- Bei Großguss in Formgruben oder mit großen Formkästen ist eine Erfassung der Gießgase und silikogenen Stäuben nicht möglich. Erfassungen innerhalb der Form mit eingeformten Lanzen oder großen Hauben oberhalb der Form führten bisher zu keinen betriebs-tauglichen Maßnahmen.
- Reparaturarbeiten an Schmelzöfen und Pfannen mit Feuerfestauskleidung (Ausbrechen und Zustellen) wird in separaten Räumen mit Raumbelüftung und unter Tragen persönlicher Atemschutzausrüstung durchgeführt.
- Zur Reinigung von Anlagen und Arbeitsbereichen sind geeignete Industriestaubsauger und Kehrsaugmaschinen zu verwenden.

3.5 Auspacken

Beim Auspacken von Gussprodukten stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:

- Das Auspacken erfolgt in geschlossenen Anlagen und Räumen mit Ablufferfassung.
- Ausstoßanlagen, Trennrinnen und Ausleerrüttelroste für kleine bis mittelgroße Gussteile sind in der Regel eingehaust. Die Quarzfeinstaubexposition reduziert sich durch integrierte Absaugung am Entstehungsort.
- Manuelle Auspacker sind in der Regel eingehaust und werden in der Auspack-Kabine abgesaugt. Das Öffnen der Kabine erfolgt erst nach ausreichender Absaugzeit. Das Tragen von Atemschutz ist erforderlich.
- Staubablagerungen in der Absaugkabine werden regelmäßig und nach Bedarf durch Saugen oder Feuchtwischen entfernt. Das Tragen von Atemschutz ist dabei erforderlich.
- Zur Reduzierung quarzhaltiger Stäube ist, besonders bei manuellen Auspackvorgängen, ein geeignetes Zu-/Abluft-/Raumluftkonzept anzuwenden.

- Eine regelmäßige Reinigung muss organisiert werden (Reinigungskonzept).
- **Das Reinigen des Arbeitsbereichs durch trockenes Kehren oder Abblasen der Staubablagerungen mit Druckluft ist grundsätzlich nicht zulässig.**
- Die Funktion der Absaugung wird permanent überwacht.

3.6 Gussputzen

Beim Strahlen von Gussprodukten stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:

- Das Strahlen erfolgt in gekapselten Strahlkabinen mit Stauberfassung. Standard-Verfahren sind Schleuderstrahlen und Druckluftstrahlen. Strahlkabinen für große Gussteile von mehreren Metern (z. B. Zylinderkurbelgehäuse für Schiffsdieselmotoren) sind Stand der Technik.
- Unternehmer und Unternehmerinnen müssen dafür sorgen, dass die Strahlmaschinen und Strahlanlagen auf ordnungsgemäße Installation, Funktion und Aufstellung geprüft sind und sicherheitstechnische Mängel systematisch erkannt und abgestellt werden.
- Beim Freistrahlen von großformatigen Gussteilen in Strahlräumen sind die Beschäftigten gegenüber Quarzfeinstaub exponiert. Sie müssen geeignete Persönliche Schutzausrüstung tragen. Die Verwendung glatter und reißfester einteiliger Schutzanzüge (Kombinationsanzüge ohne Außentaschen) in Verbindung mit Atemschutzgeräten für Strahlarbeiten hat sich bewährt. Nach TRGS 559, Kapitel 4.2.4 ist bei staubintensiven Tätigkeiten, bei denen die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass die Schutzwirkung (maximale Belastung) von P2- oder FFP2-Masken überschritten werden kann, Atemschutz der höheren Kategorie (P3 oder FFP3) erforderlich. Bevorzugt sind gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (Frischluf- oder Druckluftschlauchgeräte mit Haube oder Helm einzusetzen, z. B. TH2P (maximale Belastung an Quarz (A-Staub) $20 \times 0,05 \text{ mg/m}^3$). Die Atemluftzufuhr muss so eingerichtet sein, dass eine

ausreichende und zuträgliche Luftversorgung sichergestellt ist, auch bei Unterbrechung der Frischluftzufuhr.

- Zum Schutz der Beschäftigten müssen arbeitshygiene-sche Maßnahmen ergriffen werden. Beim Freistrahlen ist zu beachten, dass die Schutzanzüge unmittelbar nach dem Verlassen des Strahlraums von anhaftendem Strahlstaub gereinigt werden. **Das Abblasen von Personen mit Druckluft ist strengstens verboten.** Die Schutzkleidung ist getrennt von der Straßenkleidung aufzubewahren.

Beim Gussputzen von Gießereiprodukten stellen die nachfolgend aufgelisteten Schutzmaßnahmen und Arbeitsvorgänge die branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen dar:

- Die Abtrenn- und Schleifarbeiten an Gussteilen sollten in automatisierten, vollständig gekapselten Anlagen mit Stauberfassung erfolgen.
- Im Bereich der Gussputzerei ist ein geeignetes Zu-/ Abluft-/Raumkonzept zu erstellen. Die Kabinen für die Putzarbeiten sind so zu konzipieren, dass Stäube möglichst umfassend abgesaugt werden können.
- Die Stäube, die beim Gussputzen entstehen, sollen an der Entstehungsstelle erfasst werden.
- Bei Gussputzarbeiten in Absaugkabinen sind die Arbeiten so auszuführen, dass die Stäube von der Absaugung erfasst werden können. Dabei sollen die Beschäftigten nicht zwischen Gussteil und Absaugung stehen. Drehbare Werk-tische, auf denen das Werkstück sicher gelagert werden kann, haben sich bewährt.



Abb. 12 Putzen eines Motorblocks

- Zur Absaugung von Stäuben an der Entstehungsstelle ist der Einsatz von handgeführten Schleifgeräten mit Direktabsaugung zu prüfen.
- Beim Gussputzen sind entsprechend den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung geeignete Atemschutzgeräte zu tragen.
- Bei Schleifarbeiten an großen Gussteilen haben sich in der Praxis gebläseunterstützte Helme oder Hauben bewährt.
- Die Funktion der Absaugung wird permanent überwacht.
- Staubablagerungen in der Putzkabine werden regelmäßig und nach Bedarf durch Saugen oder Feuchtwischen entfernt.

4 Expositionsniveau bei branchenüblichen Betriebs- und Verfahrensweisen

Zur Ermittlung des Expositionsniveaus, das bei Anwendung branchenüblicher Betriebs- und Verfahrensweisen erreichbar ist, wurden die in der MEGA-Datenbank des IFA („Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“) für die Branche Gießereien vorliegenden

Quarz (A-Staub)-Messergebnisse für den Datenzeitraum von 2009 – 2019 ausgewertet. Die Ergebnisse der Arbeitsbereiche/Betriebsarten, die als begründete Ausnahmen gemäß TRGS 559 gelten können, sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 1 Messergebnisse für verschiedene Arbeitsbereiche

Arbeitsbereich/ Tätigkeit ¹	Anzahl Messwerte	Anzahl Betriebe	< BM ² [%]	50 %-Wert [mg/m ³]	90 %-Wert [mg/m ³]	95 %-Wert [mg/m ³]
Kernmacherei (200-285)	51	33	80,4	0,011	0,0759	0,158
Formerei (300-368)	59	40	71,2	0,0225	0,131	0,167
Auspacken (611-681, 811-822)	51	34	60,8	0,033	0,149	0,198
Strahlerei (700-791)	12	9	33,3	0,063	0,318	0,492
Putzerei (800-889, 916)	56	35	53,6	0,04	0,292	0,56

¹ Codierung der Arbeitsbereiche gemäß IFA Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, Erich Schmidt Verlag, Hrsg. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

² BM = Beurteilungsmaßstab

5 Schutzmaßnahmenkonzept

Die folgenden Abschnitte enthalten eine Reihe von spezifischen Schutzmaßnahmen und Optimierungsmöglichkeiten, mit denen ein Schutzmaßnahmenkonzept gemäß TRGS 559 für die begründeten Ausnahmen in der Gießerei-Industrie erstellt werden kann. Ziel ist es, innerhalb von drei Jahren den Beurteilungsmaßstab für Quarz (A-Staub) zu unterschreiten. Je nach den betriebsspezifischen Umständen sind aus den Abschnitten 5.1 bis 5.6 die dafür geeigneten Schutzmaßnahmen auszuwählen. Ergänzend dazu können auch die in Abschnitt 4.1 und 4.2 der TRGS 559 beschriebenen Maßnahmen herangezogen werden.

In der Regel wird es notwendig sein, eine Kombination von mehreren Schutzmaßnahmen nach der Rangfolge STOP (S = Substitution und Staubvermeidung, T = Technische Maßnahmen, O = Organisatorische Maßnahmen und P = Persönliche Maßnahmen) anzuwenden.

Das Schutzmaßnahmenkonzept ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

5.1 Branchenübergreifende Maßnahmen

5.1.1 Substitution und Staubvermeidung

- Besonders durch die Verwendung von nicht zum Verstauben neigenden feuchten Rohstoffen, Schlickern oder granulierten oder pelletierten Feststoffen kann die Staubentstehung bereits vor dem Verarbeitungsprozess vermieden oder verringert werden.
- Eine Substitution hat immer zu erfolgen, wenn Alternativen technisch möglich sind und zu einer insgesamt geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen.
- Ergibt die Substitutionsprüfung Möglichkeiten einer Substitution, und diese Möglichkeiten werden nicht umgesetzt, sind die Gründe zu dokumentieren.
- Eine umfassende Prüfung der Aufbereitungslogistik, des Materialflusses und der eingesetzten Verfahren im Hinblick auf eine Minimierung der Transportwege und der Anzahl der Material-Übergabestellen beziehungsweise der Anlagenschnittstellen kann die Freisetzung von Staub erheblich reduzieren.

5.1.2 Technische Maßnahmen

- Die vollständige Erfassung von Stäuben ist in der Regel nur mit geschlossenen Systemen zu erreichen.
- Ist ein geschlossenes System nicht umsetzbar, muss die Emissionsquelle möglichst vollständig von Einhausungen oder Kapselungen umschlossen werden. Diese sind entsprechend zu optimieren und instandzusetzen. Dabei müssen vor allem die Schnittstellen zwischen den einzelnen Anlagenkomponenten geprüft werden, besonders, wenn die Komponenten von verschiedenen Hersteller- oder Montagefirmen stammen.
- Neu zu beschaffende Maschinen, die Stäube freisetzen oder erzeugen können, müssen so konstruiert und gebaut sein, dass Gefahren durch diese Stäube vermieden werden oder die Stäube aufgefangen und gefahrlos beseitigt werden können (Anhang I Abschnitt 1.5.13 der RL 2006/42/EU; Maschinenrichtlinie). Ist die Maschine im Normalbetrieb nicht vollkommen geschlossen, sind die Einrichtungen zum Auffangen, Erfassen und/oder Abführen so anzuordnen, dass sie die größtmögliche Wirkung entfalten. Siehe dazu auch die DIN EN ISO 14123-1. Diese Anforderungen sollten in das Pflichtenheft bei Auftragsvergabe übernommen werden.

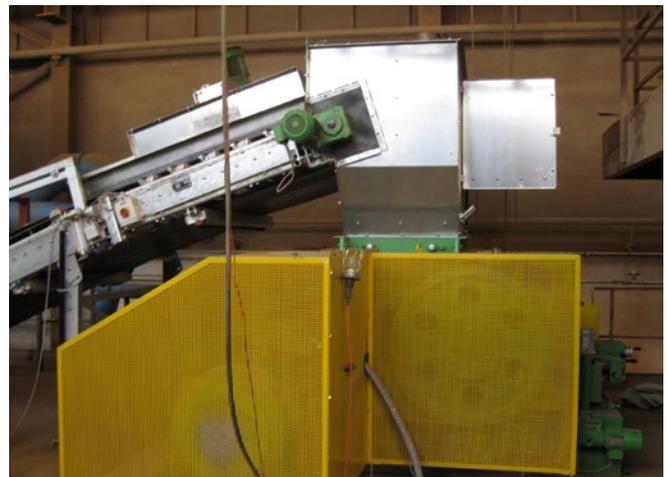


Abb. 13 Kapselung der Materialübergabe an einer Bandanlage

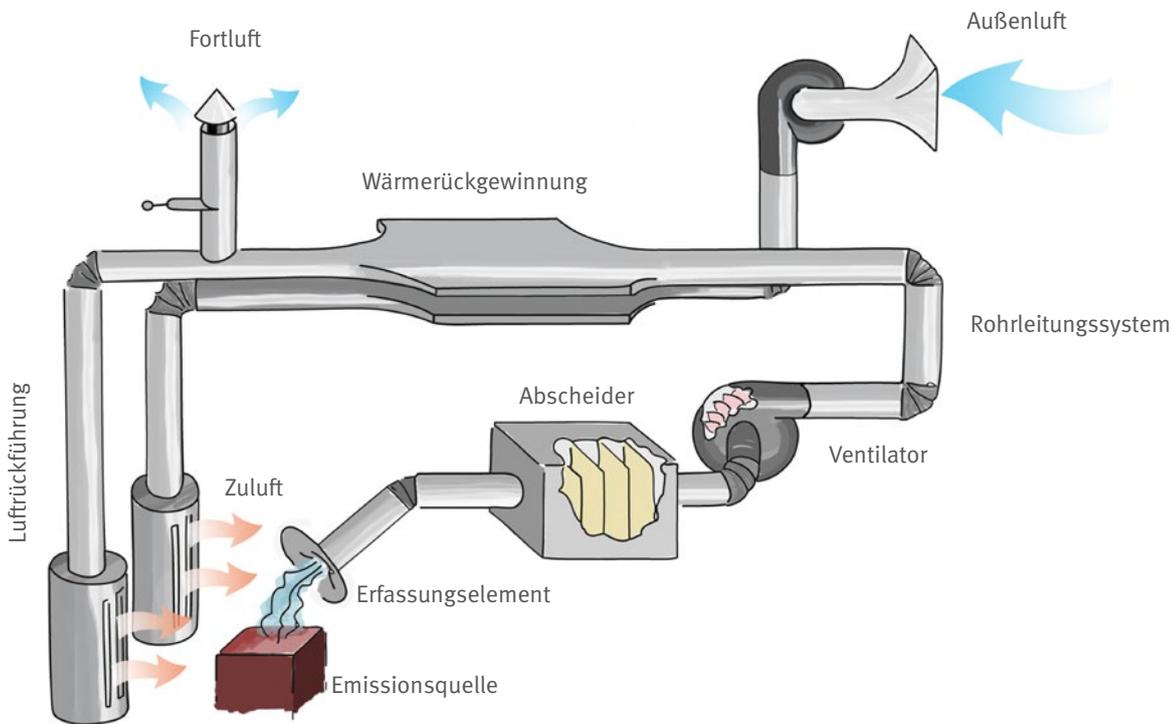


Abb. 14 Prinzipieller Aufbau einer Absauganlage

- Absauganlagen sind an sich verändernde Verfahren und Materialdurchsätze anzupassen.
- Die Erfassungseinrichtungen sind an die Besonderheiten der Emissionsquelle anzupassen, sodass eine möglichst vollständige Erfassung des Staubs gewährleistet ist.
- Bei offenen und halboffenen Erfassungseinrichtungen kann die Erfassung der Stäube durch eine gezielte Luftzufuhr wirksam unterstützt werden. Die Zuluftunterstützung muss mit laminarer Strömung erfolgen, da sonst entstehende Turbulenzen eine Störströmung erzeugen. Ziel ist eine gerichtete Luftströmung, die die freigesetzten Stäube zu dem Erfassungsbereich hinführt.

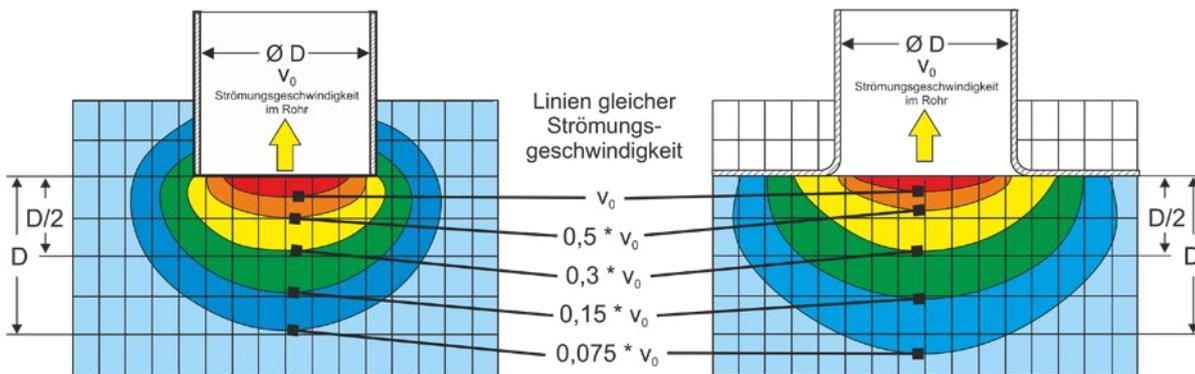


Abb. 15 Ein Flansch an der Öffnung des Saugrohrs (rechts) erweitert das Saugfeld und damit die Saugwirkung eines einfachen Rohrs (link)



Bei der Auslegung und Beschaffung von Absauganlagen ist Folgendes zu beachten:

- Die Rohrleitungssysteme sind möglichst kurz und einfach zu halten. Hauptrohrleitungen sollten direkt und ohne Richtungsänderungen zum Ventilator/Abscheider führen.
- Rohrleitungs-Querschnitte sind so zu wählen, dass die Strömungsluftgeschwindigkeiten so gering wie möglich sind. Dabei dürfen die für den ablagerungsfreien Transport notwendigen Luftgeschwindigkeiten nicht unterschritten werden.
- Es sollten möglichst Rohre mit glattwandiger Innenoberfläche verwendet werden.
- Der Druckverlust von flexiblen Schlauchleitungen ist um den Faktor 5 – 10 höher als bei einem festen glattwandigen Rohr. Flexible Leitungen sind deshalb möglichst zu vermeiden oder zu minimieren. Dadurch ist auch eine Energieeinsparung möglich.
- Um die Absaugleistung an wechselnde Betriebszustände anzupassen, sind Frequenzumrichter vorzusehen. Auf diese Weise wird die Drehzahl des Asynchronmotors verändert. Mit geringerer Drehzahl verringert sich auch die Leistungsaufnahme des Ventilators und es kann Energie eingespart werden.
- Für die im Abscheider anfallenden Materialien (z. B. Filterstaub) sind Vorrichtungen für eine staubfreie Entsorgung vorzusehen.



Abb. 16 Absauganlage in einer Gießerei

5.1.3 Organisatorische Maßnahmen

Es ist ein Wartungsplan aufzustellen, der auch die eingesetzten Absauganlagen berücksichtigt. Durch vorbeugende Instandhaltung, d.h. durch regelmäßige Ermittlung von Schwachstellen im Materialfluss, von undichten Stellen und von Verschleißerscheinungen der Anlagen werden mögliche Staub-Emissionsquellen rechtzeitig erkannt und beseitigt.



Hinweise zur vorbeugenden Instandhaltung für eine anhaltend wirksame Verminderung von Staubemissionen:

- Die Durchführung der Instandhaltung durch die betreibende Firma kann durch ein strukturiertes Instandhaltungsprogramm sichergestellt werden, das verschiedene Funktions- und Leistungsprüfungen in geeigneten Zeitabständen beinhaltet.
- Grundlage für die Instandhaltungsarbeiten ist die von der Herstellfirma der Anlage bereitgestellte Betriebsanleitung mit den Angaben zur bestimmungsgemäßen Anwendung der Maßnahmen zur Staubbekämpfung. Es müssen konkrete Anweisungen für eine staubarme Instandhaltung zur Verfügung gestellt werden, bei der die Gesundheit nicht gefährdet wird.
- Es muss festgelegt werden, welche Qualifikationen und Fähigkeiten das Instandhaltungspersonal haben muss, damit die Instandhaltungsmaßnahmen zu einer optimalen Minderung der Staubbelastung führen.
- Zum Schutz des Instandhaltungspersonals müssen für vorhersehbare Undichtigkeiten, Materialaustritte und die unkontrollierte Freisetzung von Stäuben bei Instandhaltungsarbeiten Informationen zur Begrenzung des Ausmaßes des Gesundheitsrisikos und zur schnellstmöglichen Beseitigung der Störung und der erhöhten Staubexposition bereitgestellt werden. Diese Informationen sollten auch Maßnahmen für den Notfall und für die staubarme Entsorgung von Material- und Staubresten umfassen.
- Den betroffenen Beschäftigten sind Informationen über mögliche Gesundheitsgefährdungen, erforderliche Persönliche Schutzausrüstung und Hygienemaßnahmen zur Verfügung zu stellen.

Beispiel: Instandhaltungsprogramm für ein mechanisches Schwingsieb

- Prüfung der Siebabdeckungen und Inspektionsklappen auf ihren mechanisch dichten Zustand
 - Prüfung der Verschlüsse und Abdichtungen in Abdeckungen und Klappen auf Vollständigkeit und Funktion
 - Prüfung der Verbindungen an Zuführungs- und Produktionsbändern auf ihre Staubdichtheit und sichere Verbindung
 - Sichtprüfung, mechanische Inspektion und Wirksamkeitsprüfung der Absaugung
 - Sichtprüfung auf Ablagerungen und Materialansammlungen
 - Festlegung des nächsten Instandhaltungstermins
- Die Aufenthaltsdauer von Beschäftigten in staubbelasteten Anlagenteilen ist zu minimieren. Für Arbeiten, die nicht notwendigerweise vor Ort durchgeführt werden müssen, sind fremdbelüftete und gegebenenfalls klimatisierte Schaltwarten oder andere, räumlich getrennte, Bereiche zu nutzen.
 - Verschüttetes und/oder abgelagertes Material ist umgehend zu beseitigen, z. B. mit einem Staubsauger (mindestens Staubklasse M) oder durch Auffangen von herabfallendem Material. Feuchtes Material (z. B. in der Formerei) ist vor dem Abtrocknen aufzunehmen.
 - Arbeitsbereiche mit hoher Staubbelastung sind von weniger staubbelasteten Bereichen räumlich zu trennen.
 - Unebenheiten und Vertiefungen auf Hallenböden müssen vermieden werden. Fußböden in Räumen dürfen keine Unebenheiten, Vertiefungen, Stolperstellen oder gefährlichen Schrägen aufweisen. Sie müssen gegen Verrutschen und Kippen (z. B. bei Abdeckungen) gesichert, tragfähig, trittsicher und rutschhemmend sein. Die Böden müssen gut zu reinigen sein.¹
 - Staubbelastete Arbeitsbereiche und Verkehrswege sind möglichst ohne Freisetzung und Aufwirbelung von Staub regelmäßig zu reinigen. Geeignet sind Feucht- oder Nassverfahren (z. B. mit Scheuersaugmaschinen) oder saugend unter Verwendung geeigneter Staubsauger oder Entstauber.
 - **Trockenes Kehren mit dem Besen und Abblasen ist verboten!** Die Einhaltung des Verbots ist regelmäßig zu kontrollieren.
 - Den Beschäftigten sind Informationen zur richtigen Anwendung der festgelegten Staubminderungsmaßnahmen zur Verfügung zu stellen. Das umfasst auch Umstände, die deren Wirksamkeit ungünstig beeinflussen können.
 - Mitarbeitende und Vorgesetzte sind jährlich in die staubarme Verwendung von Materialien, die fachgerechte Benutzung der Absaug- und Lüftungsanlagen, die staubarme Beseitigung von verschüttetem Material sowie über die Reinigung des Arbeitsbereichs zu unterweisen. Die Unterweisung muss vor Aufnahme der Beschäftigung und danach mindestens jährlich arbeitsplatzbezogen und mündlich durchgeführt werden.
 - Bei Tätigkeiten mit Quarz (A-Staub) ist arbeitsmedizinische Pflichtvorsorge zu veranlassen, wenn eine wiederholte Exposition nicht ausgeschlossen werden kann. „Wiederholte Exposition“ ist eine Exposition, die vorhersehbar mehrfach, d. h. mindestens zweimal, auftritt oder auftreten kann. Nach Beendigung der Tätigkeiten mit Quarz (A-Staub) ist den Beschäftigten nachgehende Vorsorge anzubieten. Über das gemeinsame Meldeportal „DGUV Vorsorge“ können Meldungen zur nachgehenden Vorsorge an den Organisationsdienst GVS online vorgenommen werden.²
 - Beim Einsatz von belastendem Atemschutz ist arbeitsmedizinische Vorsorge zu veranlassen.

5.1.4 Persönliche Maßnahmen

- Bei staubintensiven Tätigkeiten (z. B. Filterwechsel, Reinigungsarbeiten oder Wartungs-, Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten, die mit hoher Staubentwicklung verbunden sind) ist den Beschäftigten Atemschutz

¹ ASR A1.5/1,2 – Fußböden

² Siehe dazu Nummer 6.3 der TRGS 559 sowie www.dguv-vorsorge.de

zur Verfügung zu stellen. Die Beschäftigten sind verpflichtet, den Atemschutz nach den Vorgaben der Betriebsanweisung und der Unterweisung zu tragen.

- Als Atemschutz können Halbmasken mit Partikelfilter (mindestens P2) partikelfiltrierende Halbmasken (mindestens FFP2) oder gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (mindestens TH2P) verwendet werden (siehe DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“). Bevorzugt sind gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (Frischluft- oder Druckluftschlauchgeräte mit Haube oder Helm einzusetzen; z. B. TH2P (maximale Quarzfeinstaubbelastung $20 \times 0,1 \text{ mg/m}^3$). Diese Geräte gelten nicht als belastender Atemschutz und besitzen einen besseren Tragekomfort. Sie sind einfach zu handhaben und bieten bei sachgerechter Benutzung eine höhere Sicherheit und einen vergleichsweise höheren Schutzfaktor. Die Geräte müssen eine Warneinrichtung für Ausfall oder Schwächerwerden des Gebläses besitzen.
- Die Beschäftigten sind zur richtigen Benutzung, Aufbewahrung und Reinigung des persönlichen Atemschutzes zu unterweisen. Die Einhaltung der Unterweisungsinhalte ist durch die betrieblichen Vorgesetzten zu kontrollieren.



Abb. 17 Gebläseunterstützte Atemschutzgeräte mit Helm oder Haube

5.2 Spezifische Maßnahmen für Transport, Lagerung und Aufbereitung quarzhaltiger mineralischer Rohstoffe

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Die Formstoffaufbereitungsanlagen müssen von den Arbeitsplätzen der Formerei räumlich getrennt werden.
- Schnell laufende Bearbeitungsverfahren sollen möglichst durch langsam laufende ersetzt werden.
- Die einzelnen Aufbereitungsstufen sind weitgehend durch elektronische Steuerelemente und zentrale Schaltwarten zu automatisieren, um u. a. den Aufenthalt des Bedienpersonals in der Anlage zu minimieren.



Abb. 18 Sand-Silo und Formstoff-Mischstation im Außenbereich



Abb. 19 Sandanlieferung mit Sattelzügen mit Silo-Aufliegern

- Anlagen sollen von fremdbelüfteten und gegebenenfalls klimatisierten Leitständen aus bedient werden.
- Emissionsquellen an Siebanlagen, Über- und Abgabestellen, Zerkleinerungs- und Mischaggregaten sind einzuhausen und abzusaugen.
- Geschlossene Fördersysteme (pneumatische Förderung oder Schneckensysteme) sind der offenen Bauweise (Gurtförderer) vorzuziehen.
- Stetigförderer müssen möglichst staubdicht eingekleidet und abgesaugt werden.
- Zur Minderung der Gefahrstoffeinwirkungen sind an den Arbeitsplätzen ausreichende Lüftungsmaßnahmen vorzusehen, die die Beschäftigten mit ausreichend Frischluft versorgen.
- An Materialüber- und abgabestellen sind Abwurf- und Fallhöhe von staubenden Materialien zu minimieren.
- Für das manuelle Abwiegen von staubenden Materialien sind Arbeitstische mit Absaugung zu verwenden.
- Einer Ablagerung von Stäuben sollte durch bauliche Maßnahmen begegnet werden (z. B. sollten waagerechte Ablagerungsflächen und schwer zugängliche tote Räume und Winkel vermieden werden).
- Regelungen zur regelmäßigen Reinigung der Anlagen sind zu treffen und Reinigungspläne sind festzulegen.

- Bei Arbeiten an Durchlaufmischern haben die Beschäftigten direkten Kontakt zu den Formstoffen. Deshalb müssen an Durchlaufmischern die entstehenden Stäube und Gase erfasst und abgesaugt werden.
- Eine Befeuchtung von Abwurfstellen, Halden und Materialaufschüttungen ist vorzusehen, falls eine Kapselung oder Absaugung nicht möglich oder nicht wirksam genug ist.
- Für die Materialaufgabe aus Big-Bags sind staubdichte Anschlussysteme, z. B. Klemm- oder Aufblasmanschetten, zu verwenden. Im ganzen System ist während des Abfüllvorgangs mit Hilfe von Aspirationsluft ein Unterdruck aufrecht zu erhalten. Auf diese Weise wird gleichzeitig die Restluft aus den entleerten Big-Bags staubfrei entfernt.
- Für die staubarme Materialaufgabe aus Papiersäcken sind Sackentleerstationen mit Einhausung und integrierter Absaugung mit Nachlauf erforderlich.
- Leere Säcke sind in einem geschlossenen und abgesaugten System zu verdichten (Leersackverdichter). Idealerweise ist dieses System bereits in die Sackentleerstation integriert.



Abb. 20 Sackentleerstation mit integrierter Absaugung

5.3 Spezifische Maßnahmen für die Form- und Kernherstellung

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Es ist zu prüfen, ob quarzhaltige Formstoffe durch quarzfreie Materialien ersetzt werden können.
- Der alternative Einsatz von Quarzsanden ohne Feinanteil (Korngröße $< 4 \mu\text{m}$) ist zu prüfen. Der Trockenabrieb (Feinanteil) im Formstoff muss durch Sieben oder Sichten entfernt werden.
- Automatisierte Kernschießmaschinen und Formanlagen, gegebenenfalls mit Robotereinsatz zum Einlegen der Kerne, sind dem Handformen vorzuziehen.
- Bei der Abreinigung von Formstoffresten auf den Formkästen sind Saugsysteme zu verwenden.
- Die Lüftungsanlage (Raumluftechnische Anlage) im Bereich der Form- und Kernherstellung muss optimiert werden.
- Die Formanlagen und direkt anschließende Fördereinrichtungen und Verkehrswege sind regelmäßig einer Grundreinigung zu unterziehen.

Die Änderung von Formstoff- zu Bindemittel-Verhältnis kann zu erhöhter Feinstaubkonzentration führen. Bei Änderungen ist eine Betrachtung des Gesamtsystems erforderlich.



Abb. 21 Feinsandsichtung an Kernschießanlage und Auffangbehälter für feinen Staub

5.4 Spezifische Maßnahmen für Gießerei/Schmelzbetrieb

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Beim Gieß- und Schmelzprozess ist nicht davon auszugehen, dass es zu signifikanten Quarzfeinstaub-Expositionen kommt. Sind beim Gießen und Schmelzen erhöhte Expositionen von Quarzfeinstaub festzustellen, ist davon auszugehen, dass sie aus den benachbarten Fertigungsbereichen stammen.
- Die Lüftungsanlage (Raumluftechnische Anlage) im Schmelz- und Gießbetrieb ist zu optimieren.
- Die Erfassungseinrichtungen und Volumenströme sind an die jeweiligen Schmelz- und Gießvorgänge oder die Besonderheiten der Emissionsquelle anzupassen. Zu hohe Volumenströme begünstigen das Einschleppen von Quarzstaub-Expositionen aus benachbarten Fertigungsbereichen.
- Die Absauganlagen, besonders die Erfassungseinrichtungen, sind regelmäßig instandzuhalten.
- Die durch den Gießprozess entstehenden und durch Verschleppung anfallenden silikogenen Stäube in Arbeitsbereichen und Verkehrswegen müssen so regelmäßig wie möglich entfernt werden; dabei sollte möglichst kein Staub freigesetzt oder aufgewirbelt werden.



Abb. 22 Aufsitz-Kehrmaschine im Schmelzbetrieb

Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten im Schmelz- und Gießbetrieb:

- Der Schmelzbetrieb ruht bei Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten zur Reparatur oder Neuauskleidung der Schmelzaggregate.
- Arbeiten an der Feuerfestauskleidung von Schmelzaggregaten und Pfannen sollten möglichst in separaten Räumen mit Raumbelüftung durchgeführt werden. Dabei sollte persönliche Atemschutzausrüstung benutzt werden.
- Sofern Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten nicht in separaten Räumen stattfinden können, muss eine mobile Absaugvorrichtung vorgesehen werden.
- Die Absaugung von silikogenen Stäuben sollte möglichst nah am Entstehungsort erfolgen.
- Es sind möglichst staubarme Reparaturmassen und Feuerfestgranulate zu verwenden.

5.5 Spezifische Maßnahmen für das Auspacken

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Das Auspacken in geschlossenen Anlagen und Räumen mit Ablufferfassung ist dem Auspacken von Hand vorzuziehen.
- Manuelle Auspacker sind in der Regel eingehaust. Stäube werden in der Auspack-Kabine abgesaugt. Das Öffnen der Kabine erfolgt erst nach ausreichender Absaugzeit. Das Tragen von Atemschutz ist erforderlich. Aus betrieblichen Erfahrungen hat sich ergeben, dass Halbmasken mit Partikelfilter (mindestens P2) oder partikelfiltrierende Halbmasken (mindestens FFP2) geeignet sein können, entsprechend dem Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung.
- Wird das Auspacken komplett manuell durchgeführt, kann das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung unter Anwendung der DGUV Regel 112-190 ergeben, dass

gebläseunterstützte Atemschutzgeräte (Frischluf- oder Druckluftschlauchgeräte mit Haube oder Helm; z. B. TH2P (maximale Quarzfeinstaubbelastung $20 \times 0,1 \text{ mg/m}^3$) benutzt werden müssen.

- Die Funktion der Absaugung soll permanent überwacht werden.
- Staubablagerungen in und auf der Auspackkabinen sollen regelmäßig und nach Bedarf durch Saugen oder Feuchtwischen entfernt werden. Das Tragen von Atemschutz ist dabei erforderlich.
- Die durch das Auspacken entstehenden und durch Verschleppung anfallenden silikogenen Stäube in Arbeitsbereichen und Verkehrswegen müssen so regelmäßig wie möglich entfernt werden; dabei sollte möglichst kein Staub freigesetzt oder aufgewirbelt werden.
- Das Reinigen des Arbeitsbereichs durch trockenere Kehren oder Abblasen der Staubablagerungen mit Druckluft ist grundsätzlich verboten.



Abb. 23 Auspackhaus

5.6 Spezifische Maßnahmen für das Gussputzen

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts für das Strahlen sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Das Strahlen erfolgt in gekapselten Strahlkabinen mit Stauberfassung. Standard-Verfahren sind Schleuderstrahlen und Druckluftstrahlen. Strahlkabinen für große Gussteile von mehreren Metern (z. B. Zylinderkurbelgehäuse für Schiffsdieselmotoren) sind Stand der Technik.
- Unternehmerinnen und Unternehmer müssen dafür sorgen, dass die Strahlmaschinen und Strahlanlagen auf ordnungsgemäße Installation, Funktion und Aufstellung geprüft sind und sicherheitstechnische Mängel systematisch erkannt und abgestellt werden.
- Beim Freistrahlen von großformatigen Gussteilen in Strahlräumen sind die Beschäftigten Quarzfeinstaub ausgesetzt. Sie müssen geeignete Schutzausrüstung und gebläseunterstützte Atemschutzgeräte tragen. Die



Abb. 24 Automatisierte Durchlauf-Strahlanlage

Verwendung glatter und reißfester einteiliger Schutzanzüge (Kombinationsanzüge ohne Außentaschen) in Verbindung mit Atemschutzgeräten für Strahlarbeiten hat sich bewährt. Die Atemluftzufuhr muss so eingerichtet sein, dass eine ausreichende und zuträgliche Luftversorgung, auch bei Unterbrechung der Frischluftzufuhr, sichergestellt ist.

- Zum Schutz der Beschäftigten müssen arbeitshygienische Maßnahmen ergriffen werden. Dazu zählt, dass die Schutzanzüge unmittelbar nach dem Verlassen des Strahlraums von anhaftendem Strahlstaub gereinigt werden. **Das Abblasen von Personen mit Druckluft ist strengstens verboten.** Die Schutzkleidung ist getrennt von der Straßenkleidung aufzubewahren.

Bei der Erstellung eines Schutzmaßnahmenkonzepts für das Gussputzen sind folgende Maßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu beachten:

- Die Abtrenn- und Schleifarbeiten an Gussteilen sollten in automatisierten, vollständig gekapselten Anlagen mit Stauberfassung erfolgen.
- Silikogener Staub der A- und E-Fraktion ist auf Verschleppungen aus den Vorgängerprozessen zurückzuführen. Daher kann der Exposition der Beschäftigten durch regelmäßiges Reinigen der Arbeitsplätze entscheidend entgegengewirkt werden. Entsprechende Reinigungspläne müssen erstellt werden.
- Im Bereich der Gussputzerei ist ein geeignetes Zu-/Abluft-/Raumkonzept zu erstellen. Die Kabinen für die Putzarbeiten sind für die zu bearbeitenden Produkte so zu konzipieren, dass Stäube möglichst umfassend abgesaugt werden können.
- Die Stäube, die beim Gussputzen entstehen, sollten möglichst an der Entstehungsstelle erfasst werden.
- In Putzkabinen sind die Arbeiten so auszuführen, dass die Stäube von der Absaugung erfasst werden können. Dabei sollen die Beschäftigten nicht zwischen Gussteil und Absaugung stehen. Drehbare Werkzeuge, auf denen das Werkstück sicher gelagert werden kann, haben sich bewährt.



Abb. 25 Handgeführte Absaugvorrichtung beim Gussputzen

- Beim Putzen großer Gussteile sind im Bereich der Bearbeitungsstelle nachführbare Absaugtrichter anzubringen, damit der Staub möglichst direkt erfasst werden kann.

Durch eine Absaugöffnung am Boden, der herabgefallener Staub regelmäßig mit einem Schieber zugeführt wird, können Staubablagerungen vermieden werden, die wieder aufgewirbelt werden könnten.

- Zur Absaugung von Stäuben an der Entstehungsstelle ist der Einsatz von handgeführten Schleifgeräten mit Direktabsaugung zu prüfen.
- Beim Gussputzen sind geeignete Atemschutzgeräte zu tragen.
- Beim Putzen großer Gussteile (siehe Abbildung 11) haben sich in der Praxis gebläseunterstützte Helme oder Hauben bewährt.
- Die Funktion der Absaugung wird permanent überwacht.
- Staubablagerungen in und auf der Putzkabine werden regelmäßig und nach Bedarf durch Saugen oder Feuchtwischen entfernt.

5.7 Europäisches Netzwerk Quarz – NepSi

Zur Erarbeitung eines Schutzmaßnahmenkonzepts kann auch auf den NepSi-„Leitfaden für bewährte Verfahren“ des europäischen Netzwerks Quarz zurückgegriffen werden. Der Leitfaden wurde von den Unterzeichnenden des „Übereinkommen über den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer durch gute Handhabung und Verwendung von kristallinem Siliziumdioxid und dieses enthaltender Produkte“, im Rahmen von Artikel 139 des Vertrags über die Europäische Union und mit Unterstützung der Europäischen Kommission herausgegeben und wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Die NepSi stellt auf ihrer Internetseite kostenlose Schulungsunterlagen und Hilfsmittel zur Erarbeitung von Schutzmaßnahmenkonzepten zur Verfügung.

6 Literaturverzeichnis

6.1 Gesetze, Verordnungen, Technische Regeln

Bezugsquelle:

Buchhandel und Internet:

z.B. www.gesetze-im-internet.de sowie www.baua.de

- Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), besonders
 - TRGS 559 „Quarzhaltiger Staub“
 - TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“
 - TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“
 - TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“
 - TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“
 - TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“
 - TRGS 600 „Substitution“
 - TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
 - TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. ? Nr. 3 GefStoffV“
- Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) mit zugehörigen Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR), besonders
 - AMR Nr. 3.1 „Erforderliche Auskünfte/Informationsbeschaffung über die Arbeitsplatzverhältnisse“
 - AMR Nr. 3.2 „Arbeitsmedizinische Prävention“
 - AMR Nr. 11.1 „Abweichungen nach Anhang Teil 1 Absatz 4 ArbMedVV bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B“
 - AMR Nr. 14.2 „Einteilung von Atemschutzgeräten in Gruppen“
- Richtlinie 2006/42/EG (Neue Maschinenrichtlinie) bzw. Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung – 9. ProdSV)

6.2 DGUV Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

- DGUV Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- DGUV Regel 109-608 „Branche Gießereien“
- DGUV Regel 112-190 „Benutzung von Atemschutzgeräten“
- DGUV Information 201-004 „Fahrerkabinen mit Anlagen zur Atemluftversorgung auf Erdbaumaschinen und Spezialmaschinen bei Bauarbeiten“
- DGUV Information 209-200 „Absauganlagen – Konzeption, Planung, Realisierung und Betrieb“
- DGUV Information 209-078 „Absauganlagen einkaufen – aber richtig!“
- DGUV Information 209-084 „Industriestaubsauger und Entstauber“
- DGUV Information 213-111 „Quarzhaltiger Staub in der Keramischen Industrie – Branchenlösungen gemäß TRGS 559“
- DGUV Information 213-701 „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung – Allgemeiner Teil“

- DGUV Grundsatz 309-012 „Prüfgrundsatz für die staubtechnische Prüfung von Luftreinigern“
- DGUV Empfehlung für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen 1.1 „Mineralischer Staub Teil 1: Silikogener Staub“

6.3 Normen

Bezugsquelle:

Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin bzw.

VDE-Verlag, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

- DIN EN 481:1993-09 „Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel“
- DIN EN ISO 14123-1:2015 „Sicherheit von Maschinen – Minderung von Gesundheitsrisiken, die auf Gefahrstoffemissionen von Maschinen zurückzuführen sind – Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller
- VDI 2262, Teil 1-4 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“

6.4 Weitere Publikationen und Informationsquellen

- GESTIS-Stoffdatenbank <http://www.dguv.de/ifa/gestis/index.jsp>
- Informationen des Sachgebiets Glas und Keramik zum Erkennen und Beseitigen von Gesundheitsgefährdungen durch Stäube <https://www.dguv.de/staub-info/index.jsp>
- „Praxisleitfaden Quarzfeinstaub, Leitfaden über bewährte Praktiken zum Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer durch gute Handhabung und Verwendung von kristallinem Siliciumdioxid und Produkten, die dieses enthalten“ <https://guide.nepsi.eu> und NepSi – The European Network on Silica <https://nepsi.eu/de.1.html>
- Broschüre zum sicheren Umgang mit Quarzfeinstaub der Industrial Minerals Association (IMA) in Europa <https://safesilica.eu/wp-content/uploads/2019/09/Safe-Silica-Whitepaper-German-version.pdf>
- Staubseite der BG BAU <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/staub/staubminderung-praeventionsmassnahmen/>
- Gesundheitsrisiken durch Stäube im Schulportal der DGUV <https://www.dguv-lug.de/berufsbildende-schulen/gesundheitschutz/gesundheitsrisiken-durch-staeube-aktualisiert/ue/gesundheitsrisiken-durch-staeube/>
- Verzeichnis der akkreditierten Messstellen und Prüflaboratorien für Arbeitsplatzmessungen gemäß Gefahrstoffverordnung (§ 7 Abs. 10), <https://www.bua-verband.de/gefahstoffmessungen/>
- Quarzexpositionen am Arbeitsplatz – Vorabveröffentlichung, IFA 09/2020 <https://www.dguv.de/ifa/publikationen/reports-download/reports-2020/vorabveroeffentlichung-quarzexpositionen/index.jsp>
- Aus der Arbeit des IFA Nr. 0066 „Lüftung in Produktionshallen und Werkstätten“, Webcode p010438 auf www.dguv.de/ifa
- Aus der Arbeit des IFA Nr. 0243 „Ideale Raumlüftung im Modell“, Webcode p010761 auf www.dguv.de/ifa
- Schutzleitfäden der BAuA für den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen im Betrieb <https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG-Schutzleitfaeden.html>
- Das Staubungsverhalten quarzfeinstaubhaltiger Produkte – D. Dahmann, K. Möcklinghoff in: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 60 (2000) Nr. 5, Seite 213 ff

- Umweltbundesamt (Herausgeber): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, BVT-Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter, Januar 2005 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/bvt_lagerung_vv.pdf
- Handbuch der Fertigungstechnik – G. Spur, Th. Stöferle, Band 1 Urformen
- Gießerei Lexikon – Hrsg. Dipl.-Ing. Ernst Brunhuber – Verlag Schiele & Schön
- Texte_82_2014_innovative_Techniken_vol_3, Umweltbundesamt: Innovative Techniken: Beste verfügbare Techniken (BVT) in ausgewählten industriellen Bereichen Teilvorhaben 3: Gießereien Volume 3: Technikerhebung 2012
- IFA – Staubklassen für Industriestaubsauger, Entstauber und Kehrsaugmaschinen (Juli 2011)

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de