
BGI 715 (bisher ZH 1/655)

Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Steinbearbeitung

Steinbruchs-Berufsgenossenschaft

1997

Vorbemerkung

Bei der Be- und Verarbeitung von Naturstein treten für die Versicherten vielfältige Gefahren auf, die zu Unfällen führen können oder die Gesundheit gefährden. Der folgende Leitfaden soll Unternehmer und Versicherte auf die wichtigsten Gefahren und Risiken hinweisen, die aus den Eigenarten des Materials sowie den speziellen Tätigkeiten resultieren. Nur auf der Basis einer umfassenden Kenntnis und Analyse der Gefährdungen können die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz von Leben und Gesundheit der Beschäftigten im Betrieb umgesetzt werden.

Der Unternehmer ist gesetzlich zur Verhütung von Arbeitsunfällen und vermeidbaren Gesundheitsgefahren für die Beschäftigten verpflichtet. Hierzu hat er für die Bereitstellung sicherer baulicher Einrichtungen, Maschinen und Geräte zu sorgen, die Arbeitsverfahren und den Betriebsablauf nach den Grundsätzen der Unfallverhütung und des Gesundheitsschutzes zu gestalten, sowie die Beschäftigten mit den erforderlichen persönlichen Schutzausrüstungen auszustatten.

Deshalb werden mit diesem Leitfaden Möglichkeiten zur Vermeidung der typischen Gesundheitsbelastungen und Unfallgefahren bei der Steinbearbeitung aufgezeigt und Hinweise für die sicherheitsgerechte Gestaltung von Arbeitsverfahren gegeben. Weiterhin finden sich Anhaltspunkte, die bei der Beschaffung von Maschinen und Anlagen beachtet werden sollen. Darüber hinaus erhalten die Verantwortlichen Hinweise für die Unterweisungen der Mitarbeiter, sowie für die Erstellung von Gefährdungsanalysen.

Die Beschäftigten ihrerseits haben die der Unfallverhütung und dem Gesundheitsschutz dienenden Anordnungen zu befolgen und insbesondere die zur Verfügung gestellten persönlichen Schutzausrüstungen zu benutzen. Bei ihnen soll Verständnis geweckt werden für die zum Schutz von Leben und Gesundheit erforderlichen Einrichtungen und Maßnahmen.

Folgende Tätigkeitsfelder werden bei den Ausführungen nicht berücksichtigt:

Die Gewinnung von Werkstein, Restaurierungs-, Verlege- und Versetzarbeiten sowie Bildhauerei.

1 Einleitung

Die Bearbeitung von Natursteinen erfolgt entweder unmittelbar im Anschluß an die Gewinnung im Steinbruch, in handwerklich strukturierten Betrieben, in denen mehrere Bearbeitungsschritte von einer Person zumeist mit handgeführten Maschinen durchgeführt werden oder im industriellen Maßstab in Unternehmen, die über automatisierte Bearbeitungs- und Transportanlagen verfügen. Die Grenzen sind im Einzelfall fließend (siehe Abbildungen 1 und 2).

Neben Material für den Straßen- und Wegebau, wie Pflaster- und Kantensteinen, werden unter anderem folgende Produkte hergestellt:

Fensterbänke, Treppen, Fassadenplatten, Fliesen, Arbeitsplatten, Grabsteine, Gestaltungsobjekte und diverse Zwischenprodukte.

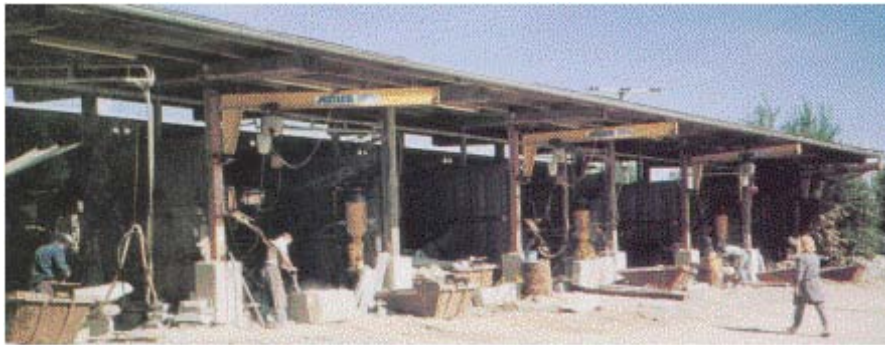


Abb. 1: Steinhauerzeile



Abb. 2: Bearbeitungsstraße

2 Gesundheitsbelastungen

Die typischen Gesundheitsbelastungen bei der Bearbeitung von Natursteinen beruhen im wesentlichen auf den Faktoren Lärm, Staub, Vibration, sowie dem Heben und Tragen schwerer Lasten.

Der Unternehmer hat zur Vermeidung oder Verminderung der geschilderten Belastungen die Maßnahmen nach dem Stand der Technik zu ergreifen.

Lärm

Bei nahezu allen Steinbearbeitungsverfahren kommt es in unterschiedlichem Ausmaß zu gehörschädigendem Lärm. Die Arbeitsplätze sind so zu gestalten, daß die Einwirkung von Lärm auf die Beschäftigten so gering wie technisch möglich gehalten wird. Der Beurteilungspegel sollte 85 dB(A) nicht überschreiten, oberhalb dieses Wertes ist mit bleibenden Gehörschäden zu rechnen. Lärmminderungsmaßnahmen müssen in folgender Rangfolge angewandt werden:

An erster Stelle steht die Auswahl lärmarmen Verfahren und Maschinen. Sofern dies nicht möglich ist, kommen Kapselungen und raumakustische Maßnahmen zum Einsatz. Wenn auch hierdurch der Beurteilungspegel nicht ausreichend gesenkt werden kann, ist durch Trennung der Lärmbereiche dafür Sorge zu tragen, daß so wenige Beschäftigte wie möglich dem Lärm ausgesetzt sind. Diesen sind dann persönliche Schallschutzmittel, wie z.B. Gehörstöpsel unterschiedlicher Ausführung oder Kapselgehörschützer zur Verfügung zu stellen.*)

*) Weitere Einzelheiten siehe Heft 22 "Lärminderungsprogramme" der Schriftenreihe der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

Staub

Bei der mechanischen Bearbeitung von Natur- und Kunststeinen entstehen u.a. Feinstäube, die über die Atemwege in die Lunge gelangen und dort die Lungenfunktion einschränken. Eine besondere Gefahr stellt der Quarzfeinstaub dar, weil die darin enthaltene kristalline Kieselsäure Staublungenerkrankungen wie Silikose und Silikotuberkulose verursacht. Diese Erkrankungen können zur Minderung der Erwerbsfähigkeit führen. Für die Staubbelastung an Arbeitsplätzen gelten folgende Grenzwerte (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen, MAK), gemessen in der Luft am Arbeitsplatz:

Quarzfeinstaub: 0,15 mg/m³

Allgemeiner Feinstaub: 6 mg/m³

Die Staubkonzentration in der Atemluft hängt in erster Linie vom Bearbeitungsverfahren und von der Zusammensetzung des zu bearbeitenden Materials ab. Besonders staubintensiv sind z.B. das Trockenschleifen und -schneiden. Einen hohen Quarzanteil besitzen z.B. Sandstein und, je nach Herkunft, Granite.



Abb. 3: Höhen- und neigungsverstellbarer Arbeitstisch

Durch Naßbearbeitung kann die Staubentwicklung in der Atemluft gemindert, jedoch nicht unterbunden werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß im Kreislauf gefahrenes Wasser wirksam vom Gesteinsstaub befreit wird. Andernfalls reichert sich der Staub im Wasser an, mit der Folge, daß eine ständig steigende Staubmenge mit dem Wasser in die Luft abgegeben wird. Von besonderer Bedeutung ist dieser Effekt bei der Verwendung schnelllaufender Werkzeuge.

Eine weitere Folge der Quarzstaubkonzentration in der Atemluft ist eine erhöhte Zahnabration. Da Quarz härter als der Zahnschmelz ist, kommt es nach einer Anreicherung von Quarzpartikeln im Speichel bei Kaubewegungen zur verstärkten Abnutzung der Zahnschmelzsubstanz.

Die Maßnahmen zur Reduktion der Staubbelastung sind ebenfalls in folgender Rangfolge anzuwenden:

Zunächst ist die Staubentstehung so weit wie möglich zu unterbinden. Sofern dies nicht möglich ist, müssen Lüftungs- und Absaugeinrichtung zum Einsatz kommen. Wird auch hierdurch die Einhaltung der Grenzwerte nicht erreicht, sind den Beschäftigten Atemschutzmasken zur Verfügung zu stellen.

Heben und Tragen schwerer Lasten, Zwangshaltungen

Häufiges Heben und Tragen schwerer Lasten sowie Arbeiten in Zwangshaltungen können zu Erkrankungen der Wirbelsäule führen. Durch die Verwendung geeigneter Hilfsmittel, wie Krane, Hebezeuge, Karren etc., ist es möglich, derartige Schädigungen zu verhindern. Sofern sich die manuelle Handhabung von Lasten nicht vermeiden läßt, sollten diese in Abhängigkeit von der Häufigkeit des Vorganges, der Konstitution und dem Alter des Beschäftigten ein Gewicht von 20 bis 55 kg pro Einheit nicht überschreiten. Hierbei ist darauf zu achten, daß eine möglichst wirbelsäulenschonende Technik angewandt wird. Abb. 3 zeigt als Beispiel einen Arbeitstisch, der der Körpergröße des Beschäftigten angepaßt kann. Der Erfolg dieser Maßnahmen ist von der fachkundigen Unterweisung der Beschäftigten abhängig.¹⁾

Vibration

Erschütterungen und Vibrationen bei Arbeiten mit Druckluftschlämmern, Schlagbohrern, Schleifmaschinen etc. können bei regelmäßiger Einwirkung zu Ermüdungserscheinungen, Schmerzen und Bewegungseinschränkungen in Schulter, Ellenbogen, Schlüsselbein- und Handgelenken sowie zu Durchblutungs- und Empfindungsstörungen an den Händen führen.

Zugluft, Kälte und Feuchtigkeit verstärken die Auswirkungen von Erschütterungen und Vibrationen. Einen wirksamen Schutz vor vibrations- und erschütterungsbedingten Erkrankungen stellt die Verwendung vibrationsgedämpfter Werkzeuge dar, weil hierdurch die Schlagenergie nur noch zu einem Teil auf den Körper übertragen wird.

Klima

Die Einflüsse durch Zugluft, Kälte und Nässe haben eine Reihe von Beschwerden und Erkrankungen zur Folge. Hier sind z.B. häufige oder chronische erkältungsbedingte Atemwegserkrankungen, Nierenbeckenentzündungen, Gelenkschmerzen zu nennen.

Sofern die Arbeiten aus betriebstechnischen Gründen in ungenügend geschützten Räumen oder im Freien durchgeführt werden, sind die Beschäftigten mit Wetterschutzkleidung auszustatten. Es ist darauf zu achten, daß durchnässte Kleidung auch während einer Schicht gewechselt und getrocknet werden kann.

Einwirkungen chemischer Stoffe

Steinkleber oder Reiniger können bei unsachgemäßer Anwendung Erkrankungen der Haut und der Atemwege verursachen. Zu jedem Mittel ist am Einsatzort eine tätigkeitsbezogene Betriebsanweisung auszuhängen, aus der die jeweils erforderlichen Schutzmaßnahmen, z.B. die Verwendung von Handschuhen, Schutzbrillen und sonstige Verhaltensmaßregeln zu entnehmen sind. Parallel dazu sollen die Mitarbeiter regelmäßig über die Sicherheitsvorkehrungen beim Umgang mit den Stoffen unterwiesen werden. Die für die Erstellung der Betriebsanweisungen notwendigen Informationen sind in dem vom Hersteller zu liefernden Sicherheitsdatenblatt zu finden.²⁾

¹⁾ Weitere Einzelheiten siehe Heft 24 "Kreuz-Weisheiten" der Schriftenreihe der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

²⁾ Weitere Informationen zum Umgang mit gefährlichen Stoffen siehe Heft 2 "Gefährliche Stoffe in der Steine und Erden-Industrie" der Schriftenreihe der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

3 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Nach den Vorgaben der Unfallverhütungsvorschrift "Arbeitsmedizinische Vorsorge" (VBG 100) sind die Beschäftigten durch ermächtigte Ärzte zu untersuchen. Hier ist zu unterscheiden zwischen den Erstuntersuchungen vor Aufnahme der gefährdenden Tätigkeit und den regelmäßig anstehenden Nachuntersuchungen. An den Arbeitsplätzen in der Steinbearbeitungsindustrie kommen im wesentlichen Belastungen durch Lärm und silikogene Feinstäube in Betracht.

Abhängig vom Quarzfeinstaub, verursacht durch das zu bearbeitende Material und das Bearbeitungsverfahren sind Vorsorgeuntersuchungen nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 1.1 (Silikose) durchzuführen. Ob Belastungen vorliegen, läßt sich im Einzelfall nur durch Arbeitsplatzüberprüfungen und Quarz-Feinstaubmessungen in der Luft am Arbeitsplatz feststellen. Grundlage für die ärztliche Beurteilung des quarzstaubexponiert Beschäftigten bildet dabei neben einer Röntgenuntersuchung der Lunge auch ein allgemeiner klinischer Untersuchungsbefund von Lunge, Herz und Kreislauf.

Bei Arbeiten in Lärmbereichen sind mit dem Überschreiten des personenbezogenen Beurteilungspegels von 85 dB(A) Vorsorgeuntersuchungen nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen G 20 (Lärm) durchzuführen.

Zur Durchführung der Vorsorgeuntersuchungen direkt im Betrieb wird von der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft der Einsatz von Röntgenmobil und Audiomobil (Abb. 4) angeboten. Dies bietet den Mitgliedsunternehmen den Vorteil, daß die Untersuchungen von erfahrenen Ärzten und medizinischem Personal auf gleichbleibendem Niveau durchgeführt werden und sich die Ausfallzeiten und der Organisationsaufwand erheblich verringern.



Abb. 4: Audiomobil der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft

4 Bauliche Einrichtungen

Bereits bei der baulichen Gestaltung eines Betriebes sind bestimmte Aspekte des Arbeitsschutzes zu berücksichtigen, um die geschilderten gesundheitlichen Belastungen und Unfallgefahren effektiv zu vermindern. Rechtliche Grundlagen hierfür sind z.B. die Arbeitsstätten-Verordnung, die Bauordnungen der Länder sowie Unfallverhütungsvorschriften, Technische Regeln.

4.1 Lärminderung

Die Geräuschsituation innerhalb eines Raumes wird nicht nur durch die Lärmquellen selbst beeinflusst. Weitere wichtige Faktoren sind die Anordnung der Geräuschquellen im Raum sowie die Oberflächen und Materialien der Wände und Decken. Sogenannte schallharte Oberflächen reflektieren die auftreffenden Schallwellen und bewirken dadurch eine Erhöhung der Geräuschbelastung.

Neben den geräuschmindernden Maßnahmen an der Quelle, d.h. Auswahl eines lärmarmen Verfahrens und Kapselung, sind Decken und Wände der lärmbelasteten Arbeitsräume aus schallabsorbierenden Materialien zu fertigen bzw. mit derartigen Mitteln zu verkleiden. Hierbei ist jedoch unbedingt darauf zu achten, daß bei der Auswahl des Absorptionsmaterials die Frequenzen der Geräusche berücksichtigt werden. Weiterhin ist die Verschmutzungsneigung der Oberflächen zu beachten.

Für Wandflächen eignen sich z.B. Lochsteine oder mit Dämmmaterial hinterlegte Lochbleche, Decken können mit unterschiedlich ausgeführten Elementen abgehängt werden.

Alle Maschinen und Arbeitsplätze sollten so angeordnet sein, daß möglichst wenige Personen gehörschädigendem Lärm ausgesetzt sind. Insbesondere automatisch arbeitende Anlagen, wie Blocksägen u.ä., die keiner ständigen Bedienung bedürfen, oder Kompressoren, sollten in separaten Räumen untergebracht werden.

4.2 Staubbekämpfung

Sofern bei staubenden Arbeiten bestimmte Arbeitsplätze zur Einhaltung der Grenzwerte mit einer Absauganlage ausgerüstet werden müssen, sind die baulichen Voraussetzungen hierfür zu berücksichtigen. Dies sind z.B. Durchbrüche für Lüftungskanäle, statische Voraussetzungen und ausreichend Platz für Rohrleitungen sowie Gebläse- und Filtereinheit. Gebläse und Filter sind so zu plazieren, daß Wartungs- und Reparaturarbeiten gefahrlos und sicher durchführbar sind. Außerdem ist zu bedenken, daß diese Einrichtungen häufig geräuschintensiv arbeiten und daher nicht in Arbeitsräumen installiert werden sollten. Sofern die gereinigte Abluft in den Arbeitsraum zurückgeführt werden soll, darf die Staub- bzw. Quarzstaubkonzentration in der zurückgeführten Luft maximal ein Drittel des jeweiligen MAK-Wertes betragen. Die ausreichende Reinigung der Abluft muß durch eine Baumusterprüfung des Entstaubers bescheinigt sein. Dabei darf der in den Arbeitsraum zurückgeführte Luftvolumenstrom 10 % des Frischluftvolumenstroms nicht überschreiten.

Ohne das Vorliegen einer Baumusterprüfung ist für die Rückführung der gereinigten Luft in den Arbeitsraum eine Erlaubnis der Berufsgenossenschaft einzuholen.

Weiterhin ist bei der Auswahl und Anordnung der Lüftungseinrichtung darauf zu achten, daß Zuglufterscheinungen so weit wie möglich vermieden werden, dies gilt besonders für Absaugkabinen.

4.3 Klimatische Faktoren

Die Anordnung von Fenstern und Türen sollte mit Augenmerk auf eventuell entstehende Zugluft erfolgen. In den Arbeitsräumen der natursteinverarbeitenden Betriebe sollte eine Temperatur von 12 °C nicht unterschritten werden, insbesondere in feuchten Räumen. Wenn Lufterhitzer in großen Produktionshallen unwirtschaftlich sind, besteht z.B. die Möglichkeit, Heizstrahler zu installieren. Arbeitsräume sollten so ausgeführt werden, daß sowohl eine wirtschaftliche Beheizung, als auch ein Schutz vor Sonneneinstrahlung bzw. übermäßiger Aufheizung, gewährleistet sind.

Grundsätzlich sind heizbare Pausen-, Wasch- und Toilettenräume vorzusehen. Dies um so mehr, wenn es betriebstechnisch nicht möglich sein sollte, die Arbeiten in überwiegend geschlossenen und beheizbaren Gebäuden durchzuführen.

4.4 Beleuchtung

Die erforderliche Beleuchtung für Arbeitsräume, Verkehrswege, etc., wird durch Fenster und künstliche Beleuchtung sichergestellt. Hierbei ist zu beachten, daß die Fensterfläche ca. 1/10 der Raumgrundfläche beträgt, die Fenster durchsichtig sind und die Brüstungshöhe 1,25 m nicht überschreitet. Bei der künstlichen Beleuchtung ist auf Blendfreiheit und eine gleichmäßige Ausleuchtung aller Bereiche zu achten. Die Mindestnennbeleuchtungsstärke sollte an ständigen Arbeitsplätzen 200 Lux, auf Verkehrswegen 100 Lux und auf Verkehrswegen im Freien 20 Lux betragen.

4.5 Verkehrswege, Sicherheitsabstände

Die erforderliche Breite von Verkehrswegen richtet sich nach Art und Intensität der Nutzung. Die Mindestbreite für alle zugänglichen Stellen beträgt 0,5 m. Dies gilt z.B. für den Abstand zwischen einem Portalkran und einer Stütze, einer Wand, einem Stapel oder ähnlichen festen Gegenständen der Umgebung. Auch der Abstand zwischen einem Zweiträger-Brückenkran und den Bindern der Hallendecke darf 0,5 m nicht unterschreiten. Lassen sich gemeinsame Verkehrswege für Fahrzeuge und Personen nicht vermeiden, sind diese in Abhängigkeit von der Breite des Fahrzeuges und der zu transportierenden Last so breit auszuführen, daß auf jeder Seite des beladenen Fahrzeugs mindestens 0,5 m Abstand zur Umgebung eingehalten wird. Bei der Planung von innerbetrieblichen Verkehrswegen sollten die ggf. erforderlichen Absperrungen der Gefahrenbereiche von Maschinen, sowie der Platzbedarf für Wartung und Reparatur der stationären Anlagen berücksichtigt werden. Für regelmäßig wiederkehrende Wartungs- und Reparaturarbeiten an hoch gelegenen Stellen (Brückensäge etc.) sind Arbeitsbühnen mit Geländer einzurichten. Sofern diese Bühnen häufiger als ca. einmal pro Woche begangen werden müssen, ist für den Zugang eine Treppe anzubringen (Abb. 5).*)



Abb. 5: Treppenaufgang zur Wartungsbühne einer Steinsäge

*) Weitere Einzelheiten siehe Heft 10 "Innerbetriebliche Verkehrswege" der Schriftenreihe der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

4.6 Fußböden

Böden in Arbeitsräumen, Lagerbereichen und im Freien sollten eben und frei von vermeidbaren Stolperstellen sein, damit ein sicheres Begehen und auch Lagern, Stapeln und Transportieren der Lasten möglich ist. In Bereichen mit Naßbearbeitung ist auf einen rutsicheren Belag zu achten, weiterhin ist der Boden geneigt auszuführen, so daß das Schneid- und Schleifwasser ablaufen kann. Sammelrinnen sind bodengleich tritt- und kipp sicher abzudecken, bei der Auswahl der Abdeckungen ist die maximale Gewichtsbelastung z.B. durch Stapler zu bedenken (Abb. 6).



Abb. 6: Trittsicher abgedeckte Wassersammelrinne

5 Lagerung und Transport

Die Transportarbeiten bilden seit Jahren einen Unfallschwerpunkt in der steinbearbeitenden Industrie und im Handwerk. Transport und Lagerung in Block- und Plattenlagern, sowie Zwischentransporte der Roh- und Fertigprodukte bergen wegen der hohen Gewichte besondere Sicherheits- und Gesundheitsrisiken. Im folgenden werden die üblichen Verfahren vorgestellt, typische Unfallbeispiele sollen die Gefahren verdeutlichen. Für einen sicheren Ablauf werden Lagereinrichtungen, Transport-, Anschlag- und Hilfsmittel sowie Regelungen zur Vermeidung von Gefährdungen behandelt.

5.1 Rohblöcke

5.1.1 Lagerplatz

Rohblöcke mit Gewichten über 25 Tonnen werden nach Anlieferung mittels Radlader oder LKW überwiegend im Freien gelagert. Der Umschlag erfolgt mit Kranen, z. T. auch mit Gabelstaplern oder Radladern.

Beim An- und Abschlagen der Anschlagmittel (Seile, Ketten oder Hebebänder) besteht vor allem Absturz- und Quetschgefahr.

Werden Blöcke übereinander gelagert, ist der Anschläger gezwungen, in der Höhe zu arbeiten. Mehr als zwei Blöcke sollten nicht übereinander gelagert werden. Für sicheren Stand beim Anschlagen müssen geeignete Leitern zur Verfügung stehen, diese müssen

ausreichend lang sein und gegen Wegrutschen oder Kippen gesichert sein. Der Untergrund soll eben und tragfähig sein, Stolperstellen durch Löcher, Schienen, Kanthölzer sind ebenso zu vermeiden, wie stehende Nässe und Glätte.

Zur Vermeidung von Quetschgefahren bei der Kranfahrt muß zwischen bewegten Kranteilen und Teilen der Umgebung ein Sicherheitsabstand von 0,5 m eingehalten werden. Bei dem überwiegend eingesetzten Portalkran gilt dies insbesondere für den Abstand zwischen Portalstütze und den gelagerten Blöcken (Abb. 7).



Abb. 7: Abstand zwischen Portalstütze eines Brückenkranes und den gelagerten Blöcken

5.1.2 Transporte zur Weiterbearbeitung

Die Rohblöcke werden mit Sägegattern oder Blockkreissägen zu Platten verarbeitet. Transportmittel zum Sägeplatz sind Gabelstapler oder fahrbare Paletten. Bereits beim Verfahren der Blöcke mittels Palette muß die seitliche Kippsicherung der später gesägten Teile beachtet werden. Blockwagen benötigen daher seitliche Rungen (Abb. 8). Der Block wird zur Stabilisierung auf dem Wagen und an den Rungen vermörtelt.

Vielfach läßt man als Kippsicherung nach dem Sägen auch einen unteren Sägerand stehen, der die Einzelplatten an der Unterseite zu einer Einheit verbindet. Beim späteren Abschlagen oder Brechen der Platten besteht ebenfalls Kippgefahr.



Abb. 8: Blockwagen mit Rungen

Der Granit-Rohblock war mit der Blockkreissäge zu 8 cm starken Platten gesägt worden, die ein ca. 10 cm starker unterer Sägerand zusammenhielt. Die Platten werden üblicherweise durch Eintreiben eines Keils vom Sägerand gebrochen, wobei ein Gabelstapler als Gegenstütze die freiwerdende Platte abstützt. Zur Vorbereitung eines weiteren Plattentransports wollten zwei Arbeiter den unten vorstehenden Sägerand mit dem Hammer abschlagen. Hierbei brachen auch die beiden vorderen Platten am Sägerand ab und kippten nach vorn über. Ein Arbeiter wurde unter den Platten begraben und tödlich verletzt.

Auch bei diesem Verfahren ist an beiden Seiten des aufgesägten Rohblocks eine formschlüssige Sicherung gegen Kippen unbedingt erforderlich. Die Gabelzinken eines Staplers, der die Platte anschließend abfährt, dürfen als Gegenstütze nicht genutzt werden. Ausführliche Unterweisung und eine zugehörige Betriebsanweisung sind für derartige Arbeiten erforderlich. Ein Aufenthalt im möglichen Fallbereich muß vermieden werden.

Ein über die gesägten Platten gesteckter Haltebügel dient der Sicherung gegen Abbrechen und Kippen beim Transport und im Lagerbereich (Abb. 9)



Abb. 9: Mit Haltebügel gesicherte Steinplatten

5.2 Plattenware

Natursteinplatten, überwiegend Unmaßtafeln, die aus Rohblöcken gesägt wurden, werden auf unterschiedliche Weise gelagert und transportiert. Aus dem Zusammenspiel von Lagereinrichtungen (A-Bock – oder Rungenlager), Lastaufnahmeeinrichtungen (Plattenzangen, Hebebänder, Vacuumheber) und Transportmitteln (Gabelstapler, Kran, Transportwagen) ergeben sich Unfallgefahren und daraus resultierend die notwendigen Sicherungsmaßnahmen.

Im folgenden werden daher die gebräuchlichsten Lager- und Transportsysteme zunächst beschrieben und anschließend sicherheitstechnisch bewertet.

5.2.1 Lagerung von Platten an A-Böcken

A-Bock-Gestelle sind die am meisten verbreiteten Lagereinrichtungen für Unmaßtafeln. Die Platten werden in leichter Schräglage zwischen 5° und 10° beidseitig an die Gestelle angelehnt. A-Böcke werden sowohl in Verbundform als auch in geteilter Bauform verwendet. Bei der Verbundform sind beide A-Gestelle miteinander zu einer stabilen Einheit verbunden, während bei der geteilten Bauform die A-Gestelle voneinander unabhängig sind und erst durch die Belastung Stabilität erhalten.

A-Böcke werden fast ausschließlich aus Stahl gefertigt. Der auf dem Boden aufliegende Unterrahmen besteht aus Winkel- oder Kastenprofilen. Angaben über zulässige Belastungen sind in den meisten Fällen nicht bekannt. Lediglich A-Bock-Gestelle, die komplett mit der Last bewegt werden, wie z.B. Kompakt-Gestelle, die mit dem Kran auf die LKW-Ladefläche abgesetzt werden, enthalten Angaben über Eigengewicht und Tragfähigkeit. Diese müssen deutlich erkennbar und dauerhaft angebracht sein.

Gefahren bei der Lagerung der Tafeln an A-Böcken bestehen bei:

- Abkippen der schräg stehenden Platten zum Ansetzen eines Anschlagmittels
- Schrägstellung des Gesamtsystems, z.B. bei einseitiger Last auf einem LKW
- Überlastung des Systems durch Anlehnen zu vieler Platten
- Verlust der Stabilität durch Rost, Materialermüdung, fehlerhafte Schweißnähte
- Umwelteinflüsse wie Sturm, Frost

Besonders bei der Entnahme von Steinplatten aus dem A-Bock-Lager ereigneten sich immer wieder schwere Arbeitsunfälle, häufig mit tödlichem Ausgang.

Während ein Steinmetz eine ca. 5 m² große Unmaßtafel am A-Bock-Lager entnehmen wollte, kippten die restlichen Platten um und drückten den davor stehenden Mann gegen den Nachbarstapel. Er wurde so schwer verletzt, daß er noch an der Unfallstelle verstarb.

Der auf dem Boden im Freien aufliegende Unterrahmen war stark angerostet. Infolge einseitiger Belastung brach die Verbindung zwischen A-Stütze und Unterrahmen und alle übrigen angelehnten Platten stürzten um.

A-Bock-Gestelle müssen so bemessen sein, daß sie auch bei einseitiger Belastung durch angelehnte Tafeln standsicher sind. Bei einem Neigungswinkel von 10° und einer maximalen einseitigen Belastung von 1 m Gesamt-Plattenstärke üblicher Abmessungen bietet ein U-Profil 60 mm/30 mm ausreichende Sicherheit gegen Knicken des Stützstabes. Voraussetzung ist eine fachgerechte Ausführung der Schweißverbindung zwischen A-Stütze und Unterrahmen. Besonders in Freilagern, wo das Gestell Witterung und Feuchtigkeit ausgesetzt ist, sollte der Rahmen verzinkt sein. Eine regelmäßige Sichtkontrolle der Lagereinrichtungen ist unbedingt erforderlich.

Andere schwere Arbeitsunfälle geschahen beim Ankippen von Steinplatten am A-Bock, um ein Anschlagmittel anzusetzen oder Platten zu begutachten.

Eine Granitplatte mit den Abmessungen 1,70 x 2,80 x 0,08 m sollte mittels Gabelstapler und angebauter Plattenzange dem Lager entnommen werden. Um die Zange anzuschlagen, hatte ein Helfer die Platte bis in die senkrechte Lage angekippt, einen Holzkeil zwischen diese und die restlichen Platten als Abstandhalter gesteckt, um anschließend die Plattenzange einhängen zu können. Als er versehentlich die Platte zu weit nach vorn kippte, rutschte der Holzkeil in den Spalt, die Platte bekam noch mehr Übergewicht und kippte schließlich nach vorn über. Sie traf den Anschläger am Bein, schwere Bein- und Fußverletzungen waren die Folge.

Beim Ansetzen der Lastaufnahmemittel ist der Anschläger bei diesem Verfahren gezwungen, mittig vor der angekippten Platte zu stehen. Solange die Platte nur bis zur Senkrechten abgezogen wird, sind die Kräfte noch zu handhaben. Sobald eine Tafel aber nur geringfügig über die Senkrechte hinaus geneigt wird, können die Kippkräfte die Haltekraft eines Menschen schnell überschreiten. Dies ist um so gefährlicher, wenn dickere Tafeln mit 6 bis 8 cm Stärke oder mehrere Platten auf einmal angeschlagen werden.

Drei Marmortafeln mit einem Gesamtgewicht von 680 kg sollten mittels Hallenkran und Plattenzange auf den LKW verladen werden. Der Kranführer hatte die Tafeln senkrecht aufgerichtet und versuchte sie so zu halten, während er mit einer Hand die Flurbedienung des Kranes betätigte, um die Plattenzange anzusetzen. Plötzlich bekamen die Planen Übergewicht und kippten um. Der Anschläger wurde von den kippenden Platten gegen den gegenüberstehenden Plattenstapel gedrückt und tödlich verletzt.

Besondere Gefahren entstehen auch dann, wenn Platten unterschiedlicher Qualität an einem A-Bock-Gestell gelagert werden. Beim Versuch, einzelne Platten aus der Mitte des Stapels zu entnehmen oder zu begutachten, müssen die davor stehenden Tafeln entweder zunächst umgesetzt oder insgesamt abgekippt werden. Auch hierbei können die Tafeln leicht Übergewicht bekommen und den im Fallbereich stehenden Menschen gefährden.

Kräfteverhältnisse am Lagersystem A-Block/Steinplatte

Wegen der Vielzahl der Unfälle durch kippende Steintafeln beim Entnehmen von A-Bock-Gestellen sollen im folgenden die hier auftretenden Kräfte dargestellt werden. Abb. 10 zeigt die auf den Menschen wirkenden Kräfte beim Halten einer vom Gestell abgekippten Platte.

Die Größe der Haltekraft H ist nur abhängig vom Eigengewicht G der Platte und dem Kippwinkel β zwischen Platte und der Senkrechten.

$$H = G/2 \cdot \sin \beta$$

Bei den üblichen Plattenabmessungen von ca. 1,60 x 3,00 m ergeben sich die in Abb. 11 dargestellten Haltekräfte in Abhängigkeit von Plattenstärke (cm) und Neigungswinkel. Ein durchschnittlicher Mensch kann im freien Stand eine Haltekraft von 250 bis 300 N aufbringen, bei optimaler Abstützung bis etwa 500 N. Aus dem Diagramm ergibt sich, daß die normale Haltekraft von 250 N schon bei einem Neigungswinkel von 4° (bei 6 cm Plattenstärke) bzw. 8° (bei 3 cm Plattenstärke) überschritten wird. Diese wirkenden Kräfte werden häufig nicht beachtet.

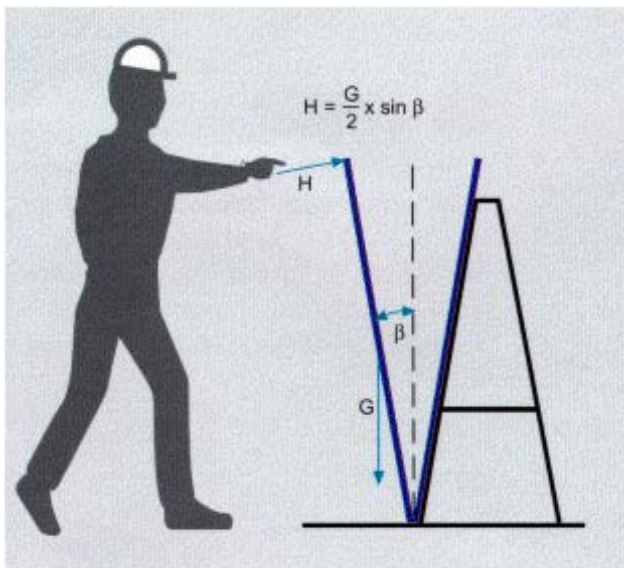


Abb. 10: Haltekräfte an einer gekippten Steinplatte

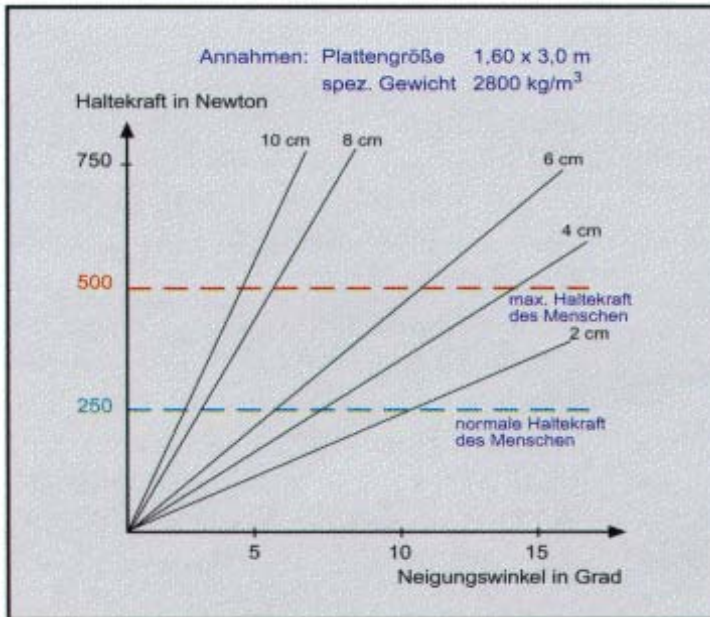


Abb. 11: Haltekraften in Abhängigkeit von Plattenstärke und Neigungswinkel

Bei der Lagerung von Natursteintafeln an A-Böcken müssen daher unbedingt folgende Regeln beachtet werden:

- Kann ein Überschreiten der Haltekraft nicht sicher ausgeschlossen werden, müssen zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen gegen Umstürzen der Platten getroffen werden (z.B. Sicherungsbügel).
- Lagerungs- bzw. Anschlagarbeiten sollten möglichst von 2 Personen durchgeführt werden.
- Der Aufenthalt im Kippbereich von Steinplatten sollte vermieden werden – möglichst von der Seite arbeiten.
- Sortenreine Lagerung der verschiedenen Gesteinsarten ermöglicht es, nur jeweils die vordere Tafel entnehmen zu müssen.
- Die Auswahl des Anschlagmittels kann das Abkippen der Platte entbehrlich machen.
- Keile oder Hölzer, die als Abstandhalter zwischen die Steintafeln gesteckt werden, müssen gegen Hineinrutschen gesichert sein, z.B. durch einen Fanghaken (Abb. 12).



Abb. 12: Abstandhalter mit Fanghaken

5.2.2 Rungenlager für Natursteinplatten

Eine Alternative zum A-Bock ist das Rungenlager (Abb. 13). Hierbei bilden senkrechte Rungen, die in zwei parallele Steckschienen eingesteckt werden können, das Widerlager für die leicht geneigten Tafeln.

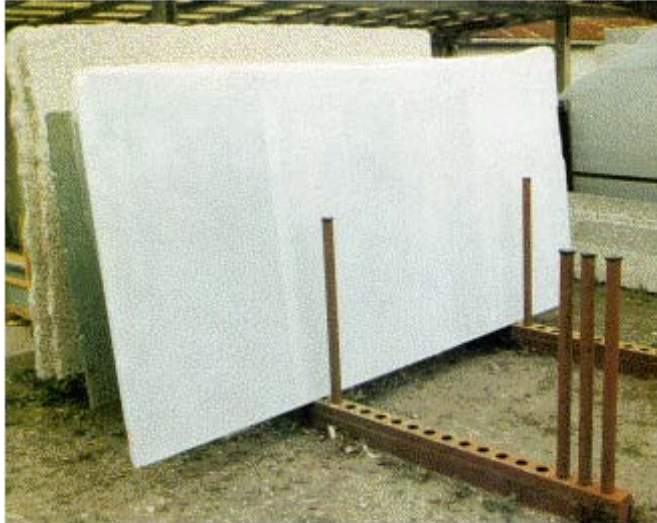


Abb. 13: Rungenlager

Die einsteckbaren Rungen aus Rohr- oder Winkelprofil haben meist eine freie Stützhöhe von einem Meter, bei einer Einspannung in der Bodenschiene von 10 bis 20 cm. Rungenlager haben den Vorteil, auf gleicher Grundfläche mehr Platten aufnehmen zu können. Bei der Entnahme, bzw. beim Ansetzen eines Anschlagmittels können die Tafeln zudem gefahrlos gehalten werden, indem sie gegen zuvor eingesetzte Rungen gelehnt werden, ohne daß der Mensch zusätzliche Haltekräfte aufbringen muß. Hierdurch können wahlweise einzelne Platten aus der Mitte aussortiert werden, indem die davorstehenden gegen zwei Steckungen umgeklappt werden.

Besondere Gefahren bei der Lagerung in Rungengestellen können auftreten, wenn:

- die einzelnen Steckstützen durch zu viele Platten überlastet werden und abknicken,
- nur an einem Ende des Rungengestelles Platten gelagert werden, so daß das freie Ende entlastet wird und ggf. anhebt.

In einem Rungenlager mit 6 m langen Grundschienen waren ca. 30 Steintafeln unterschiedlicher Formate gelagert, wobei jeweils mehrere Tafeln mit zwei gegenüberliegenden Rungen gehalten wurden. Die Steckstützen bestanden aus Rohren mit einem Durchmesser von 6,5 cm bei einer Wandstärke von 2 mm und einer freien Stützhöhe von 1,0 m. An einer Seite des Lagergestells waren 8 Tafeln von jeweils 250 kg Gewicht bei einer Schräglage von ca. 8° an zwei Rungen gelehnt. Beim Einlagern einer weiteren Tafel an dieses Plattenpaket knickten beide Stützen direkt oberhalb der Einspannung in der Bodenschiene ab. Die Platten gerieten ins Kippen und rissen auch alle anderen im Gestell stehenden Platten im Dominoeffekt mit um.

Für die auf Biegung belasteten Stützen eines Rungenlagers ist unbedingt eine statische Berechnung der Tragfähigkeit und eine Angabe der maximal zulässigen Belastung erforderlich.

5.2.3 Anschlagmittel zum Transport von Steinplatten

Die Auswahl geeigneter Anschlagmittel ist abhängig von der Art der Lagerung, der Festigkeit und der Oberfläche der jeweiligen Tafeln und dem verwendeten Transportmittel. Auch die Unfallgefahren und Sicherheitsmaßnahmen sind von diesen Faktoren abhängig.

5.2.3.1 Plattenzangen und -klemmen

Plattenzangen, dies sind unter Last schließende Klammern, die ihre Haltekräfte durch Druck und Reibung aufbringen, werden sowohl in Verbindung mit Gabelstaplern als auch im Kranbetrieb eingesetzt. Der Anschluß an den Gabelstapler erfolgt über einen Staplergalgen, so daß die frei hängende Platte vor dem Hubgerüst gedreht werden kann. Im Kranbetrieb wird die Klammer direkt in den Kranhaken eingehängt.

Plattenzangen existieren in unterschiedlichen Ausführungen mit Greifflächen zwischen 100 und 1000 cm², teilweise mehrteiligen Greifflächen, auch der Greifbereich und die Greiftiefe variieren stark.

Plattenzangen müssen mit folgenden Angaben deutlich gekennzeichnet sein:

Hersteller, Tragfähigkeit, Baujahr, zulässiger Greifbereich, Typbezeichnung und Fabriknummer (Abb. 14).



Abb. 14: Plattenzange mit Kennzeichnung

Sowohl beim Anschlagen der Steintafeln, als auch beim eigentlichen Transportvorgang ereignen sich immer wieder Unfälle.

Eine Marmorplatte, ca. 150 kg Gewicht, war mittels Plattenzange an den Hallenkran angeschlagen und sollte zum Kipptisch der Säge transportiert werden. Kurz nach dem Anheben der Platte riß die Platte im Ansetzbereich der Zange aus und fiel dem Steinmetz direkt hinter der Stahlkappe des Sicherheitsschuhs auf den Fuß. Ursache für das Ausreißen war ein nicht erkannter, kaum wahrnehmbarer Stich im Material. Trümmerbrüche im Mittelfußbereich waren die Folge.

Nicht nur Schwachstellen im Material, sondern auch andere Einflüsse können zum Herabfallen der Last führen.

Mit dem Gabelstapler sollte eine beidseitig polierte Granittafel vom Lagerplatz zur Säge transportiert werden. Die Tafel war mittig an der Oberkante an die Plattenzange angeschlagen worden. Während der Fahrt über den leicht unebenen Lagerplatz ging ein Helfer neben der hängenden Platte her und führte diese mit der Hand, um ein zu starkes Pendeln zu vermeiden. Kurz vor Erreichen der Werkhalle rutschte die Platte plötzlich aus der Zange und fiel aus ca. 40 cm Höhe zu Boden. Die anschließend nach vorn kippende Platte mit 540 kg Gewicht traf den Helfer mit der Oberkante am Schienbein. Schwere Bein- und Fußverletzungen waren die Folge. Vermutlich haben Stöße durch die Bodenunebenheiten zu kurzen Entlastungen der Zange und daher zum Nachlassen der Haltekräfte geführt.

Die Haltekraft der Plattenzange ist abhängig von der Klemmkraft der beiden Klemmflächen und der Reibung zwischen Klemmfläche und Last. Die Klemmkraft ist dem Lastgewicht proportional, sie nimmt mit steigendem Lastgewicht zu. Die Reibung ist abhängig von der Oberfläche der Klemmflächen und der Last. Um einen hohen Reibungsfaktor zu gewährleisten, ist eine trockene und saubere Oberfläche der Platten und unbeschädigter Belag der Klemmbacken erforderlich.

Problematisch ist der gleichzeitige Transport mehrerer Platten mit der Plattenzange aus zwei Gründen:

1. Auch wenn bei den äußeren Tafeln ausreichende Reibungsfaktoren zwischen Platte und Klemmfläche vorliegen, wird die mittlere nur durch Reibung zwischen den Tafeln selbst gehalten. Die Haltekraft kann hier deutlich geringer sein.
2. Die seitliche Druckkraft der Zangenhälften wächst mit zunehmendem Lastgewicht. Bei geringen Unebenheiten zwischen den Platten, z.B. durch Fremdkörper oder verlaufene Sägeschnitte, kann eine Platte durch den hohen Druck brechen und abfallen.

Beim Transport mehrerer Tafeln mit der Plattenzange besteht daher geringerer Sicherheitsspielraum als beim Anschlagen einer einzelnen Platte. Dieses zusätzliche Risiko sollte vermieden werden. Einige Hersteller von Plattenzangen weisen in ihrer Betriebsanleitung ausdrücklich darauf hin, nur ein Werkstück anzuschlagen.

Bei Transportarbeiten mit lastschließenden Klammern ist unbedingt zu beachten, daß die Last auf keinen Fall über Personen geführt werden darf. Bei dieser nur kraftschlüssigen Verbindung muß immer mit einem möglichen Herabfallen gerechnet werden. Der Aufenthalt im Fallbereich und auch im angrenzenden Gefahrenbereich kippender Lasten ist zu vermeiden. Die Tragfähigkeit kann durch folgende Faktoren eingeschränkt werden:

- Infolge von Nässe, Glätte, beschädigten Reibbelägen, Stößen beim Transportvorgang kann die Reibkraft nachlassen und die Last herabfallen.
- Insbesondere beim Anschlagen mehrerer Platten können die mittleren durch zu geringe Reibkräfte herausfallen.
- Der angegebene Greifbereich darf keinesfalls über- oder unterschritten werden, da sonst die erforderlichen Klemmkräfte nicht aufgebaut werden können.
- Unbemerkte Stiche oder Haarrisse in Natursteinplatten, insbesondere bei dünnen Marmortafeln, können zum Ausbrechen der Last führen.

Die Kombination A-Bock-Lager und Plattenzangen birgt besondere Risiken beim Ansetzen der Zange auf die Platte. Um eine Gefährdung auszuschließen, müssen daher zusätzliche organisatorische oder technische Maßnahmen getroffen werden. Es bestehen folgende Möglichkeiten:

- Steckbare Hilfsstützen im Unterrahmen ermöglichen es, die anzuschlagende Platte so abzustützen, daß der Anschläger gefahrlos vor der Platte stehen kann (Abb. 15).

- Wenn der Unterrahmen keine Möglichkeit hierfür bietet, müssen vergleichbare Maßnahmen getroffen werden, z.B. transportable Hilfsgestelle, die vor die abzukippende Platte gestellt werden.
- Ein Holzkeil mit Fangvorrichtung wird hinter die Oberkante der gekippten Platte gesteckt und hält den Spalt zum Anschlag offen. Der Keil ist entsprechend der Bock-Neigung so gestaltet, daß die Platte nicht über die senkrechte Stellung hinaus gekippt wird.
- Sortenreine Lagerung der verschiedenen Plattenarten an jeweils einem Gestell, so daß nur die erste Platte entnommen werden muß.



Abb. 15: Hilfssstützen am A-Bock-Lager

Beim eigentlichen Transportvorgang ist darüber hinaus zu beachten:

- Die Platte ist so zu verfahren, daß sie möglichst niedrig über dem Boden hängt.
- Falls auf einen Mitgänger zum Führen der Platte nicht verzichtet werden kann, darf dieser sich niemals im Fallbereich der Platte oder im Gefahrenbereich einer kippenden Platte aufhalten.
- Alle Personen, die mit derartigen Transportarbeiten zu tun haben, müssen regelmäßig, mindestens 1 mal jährlich, über die Gefahren und sicheres Verhalten unterwiesen werden.

5.2.3.2 Vacuumheber

Zunehmende Verbreitung finden Vacuumheber zum Transport der Unmaßtafeln (Abb. 16). Auch für Zwischentransporte innerhalb des Bearbeitungsprozesses werden Vacuumheber eingesetzt. Als Transportmittel dient meistens ein Brücken- oder Säulenschwenkkran.



Abb. 16: Vacuumheber

Da der Vacuumheber ebenso wie die Plattenzange keine formschlüssige Verbindung zwischen Last und Anschlagmitteln ermöglicht – die Last wird ausschließlich durch Saugkräfte gehalten – darf die Last niemals über Personen geführt werden.

An Vacuumhebern sind Tragfähigkeitsangaben erforderlich für die Belastung senkrecht zur Saugfläche (Abreißkraft) als auch parallel dazu (Ableitkraft).

Vacuumheber müssen mit einer Druckmeßeinrichtung (Abb. 17) versehen sein, diese muß dem Führer des Hebezeuges deutlich anzeigen, ob der Unterdruck noch im Arbeitsbereich liegt oder in den Gefahrenbereich abgefallen ist.



Abb. 17: Vacuumheber mit Druckanzeige und Warnhinweis

Um bei Vacuumverlusten ein Abfallen der Last zu verhindern, müssen Vacuumheber zusätzlich mit einer Einrichtung zum Ausgleich von Vacuumverlusten ausgestattet sein, z.B. einem Reservevacuum. Der Transport von Steintafeln mittels Vacuumheber bietet bei sachgerechter Handhabung unter Sicherheitsaspekten gegenüber einer Plattenzange folgende Vorteile:

- Es kann jeweils nur eine Platte transportiert werden.

- Zum Ansetzen des Hebers muß die Tafel nicht vom Lagergestell abgekippt werden, so daß menschliche Haltekräfte nicht benötigt werden. Auf zusätzliche Hilfsstützen kann daher verzichtet werden. Ein Vacuumheber, der über mehrere Saugteller verfügt, kann bei einem unerkannten Haarriß in der Tafel mit hoher Wahrscheinlichkeit beide Plattenteile halten.
- Die Tafel wird nicht punktuell sondern großflächig belastet, so daß ein Ausreißen des Materials nicht zu erwarten ist.
- Eine Tafel kann ohne Anstrengung direkt flach auf den Sägetisch abgelegt werden, ein Kipptisch ist nicht erforderlich.
- Mit einem Vacuumheber mit mehreren, unabhängig voneinander betriebsbaren Saugflächen können auch kleine Teile bewegt werden. Für jeden Saugteller ist dann eine eigene Druckanzeige erforderlich.

Aber auch beim Einsatz des Vacuumhebers sind bestimmte Gefahren zu beachten:

- Insbesondere bei nassen, polierten Oberflächen oder bei verschlissenen Dichtungen an den Saugtellern kann die Last abfallen. Deshalb darf sich der Anschläger beim Transportvorgang nicht im Gefahrenbereich einer fallenden Platte aufhalten. Eine gute Lösung ist ein verlängerter Handgriff am Heber, so daß der Standplatz außerhalb des Fall- und Kippbereichs liegt.
- Beim Anheben einer schräg stehenden Steintafel mit dem Vacuumheber ist zudem ein mögliches Umschlagen der Tafel zu bedenken. Der Heber soll daher immer oberhalb des Plattenschwerpunkts angesetzt werden, so daß die Unterkante der Tafel nicht nach hinten ausschlägt.
- Wird mit dem Vacuumheber eine Platte vom Stapel abgenommen, so ist eine mögliche Haftung (Adhäsion) an der dahinterstehenden Tafel, insbesondere bei Nässe, zu beachten. Anderenfalls kann die hintere Tafel mitbewegt werden. Bei hintereinanderstehenden polierten Tafeln muß diese Adhäsion daher durch Schaffung eines Luftspaltes beseitigt werden.

5.2.3.3 Transport mit Hebebändern

Eine weitere Alternative für den Transport der Plattenware sind Hebebänder, die in Kombination mit Kran oder Gabelstapler verwendet werden. Mittels einer Traverse, die auf die übliche Plattengröße abgestimmt ist, lassen sich einzelne oder mehrere Tafeln anschlagen (Abb. 18).



Abb. 18: Plattentransport mit Stapler und Hebebändern

Es können sowohl Endlos-Bänder als auch Hebebänder mit Endschlaufen verwendet werden. Die Tragfähigkeit der meist aus Polyesterfasern bestehenden Hebebänder ergibt sich aus dem eingenähten Etikett (Abb. 19).



Abb. 19: Tragfähigkeitsangabe an Hebebändern durch eingenähtes Etikett

Ein Hinweis auf die Tragfähigkeit ergibt sich auch aus der Farbe des Bandes (Abb. 20).

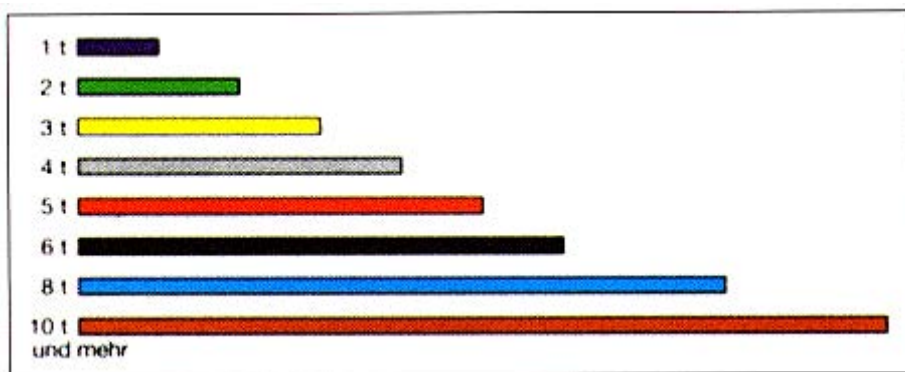


Abb. 20: Farbcodierung bei Hebebändern als Hinweis auf die Tragfähigkeit

Die Verwendung von Hebebändern setzt voraus, daß bei Aufnahme und Absetzen der Platten Zwischenraum vorhanden ist. Dieser entsteht z.B. durch eingesteckte Latten am Lager oder durch Kipptische mit vorstehenden Rollen. Hebebänder sind empfindlich gegenüber Nässe und scharfen Kanten. Zum Schutz vor Verschleiß sollen sie daher trocken aufbewahrt werden. Gegen scharfe Kanten schützt ein Überzug hochschnitffestem Kunststoff. Sie werden dadurch universell einsetzbar. Durch ihre gute Anschmiegsamkeit schützen sie zudem die Oberfläche der Steintafeln.

Auch bezüglich des Transportmittels sind Hebebänder variabel. Mit einem Brückenkran, der über zwei synchron laufende Hubwerke verfügt, können komplette Plattenstapel mit mehreren Tonnen Gewicht auf einmal vom LKW abgeladen werden.

Um im Kranbetrieb die erforderliche Hakenhöhe bzw. den Spreizwinkel der Bänder gering zu halten, dienen Traversen.

Traversen mit mehreren oder verschiebbaren Haken sind geeignet, um die Tafeln ohne Schräglage aufzunehmen. Beim Transport mit Gabelstaplern ist die Verwendung einer geeigneten Traverse ebenfalls sinnvoll. Eine mit den Gabeln aufnehmbare, drehbare Traverse erleichtert die Rangierarbeit beim Aufnehmen oder Absetzen der Last.

Der Plattentransport mit Hebebändern bietet sicherheitstechnisch einige Vorteile:

- Die Tafeln brauchen nur geringfügig angekippt zu werden, um die Umschlingung zu ermöglichen. Ankippen bis zur Senkrechten oder gar darüber hinaus entfällt.
- Die Last wird formschlüssig aufgenommen. Herausrutschen oder Ausbrechen ist bei korrektem Anschlagen nicht zu befürchten.
- Die Handhabung kann von einer Person gefahrlos und ohne Kraftaufwand erfolgen.
- Auch bruchempfindliche Tafeln, z.B. dünne Marmor- oder Travertintafeln können transportiert werden.
- Mit Hebebändern als Transportmittel – ausreichende Tragfähigkeit vorausgesetzt – können ohne zusätzliches Risiko auch mehrere Tafeln gleichzeitig transportiert werden.

5.2.4 Transportgeräte

Die zuvor behandelten Anschlagmittel sind sowohl im Kranbetrieb als auch mittels Gabelstapler einsetzbar. Während die Kombination mit einem Kran (Brückenkran oder Säuleschwenkkran) problemlos erfolgen kann, sind beim Gabelstaplerbetrieb zusätzliche Sicherheitspakete zu beachten.

5.2.4.1 Plattentransport mit Gabelstaplern

Um die Platten in hängender Weise aufnehmen zu können, müssen Zusatzgeräte (Kragarm oder Drehtraverse) eingesetzt werden. Gegenüber der üblichen, bestimmungsgemäßen Verwendung des Staplers, bei der die Last direkt mit den Gabeln aufgenommen wird, entstehen zusätzliche Gefahren:

- Durch den nach vorn und nach oben verlagerten Lastschwerpunkt wird die Standsicherheit verringert, gerät die hängende Last ins Pendeln, treten zusätzliche Kräfte auf, die auch die seitliche Kippgefahr erhöhen,
- Mitgänger, die die hängende Platte führen sollen, werden sowohl durch die Last als auch durch den fahrenden Stapler gefährdet.

Daher gelten für den Transport hängender Lasten mit dem Gabelstapler besondere Bestimmungen gemäß der Unfallverhütungsvorschrift "Flurförderzeuge":

- Die bestimmungsgemäße Verwendung des Staplers für diese Transportart muß mit dem Hersteller abgestimmt sein. In einer Resttragfähigkeitsberechnung werden Gewichte und Schwerpunktlagen sowohl der Lasten als auch der Zusatzgeräte berücksichtigt.
- Auf Mitgänger zum Führen der Platten soll nach Möglichkeit verzichtet werden. Wenn dies nicht möglich ist, müssen diese sich außerhalb des Gefahrenbereichs der Last und außerhalb der Fahrspur des Gabelstaplers bewegen und vom Fahrer ständig beobachtet werden. Um dieser Forderung zu entsprechen, müssen ggf. Halteseile oder Haltestangen zur Verfügung gestellt werden.

5.2.4.2 Handgeführter Plattenwagen

Ohne aufwendigen Einsatz von kraftbetriebenen Transportmitteln können Steintafeln mit dem Plattenwagen bewegt werden. Ein rollenbesetzter Kipptisch auf einem Fahrgestell nimmt die Last auf, die danach direkt auf den Säge Tisch geschoben werden kann.

Günstig für die Entnahme einer Tafel aus dem Lager ist eine zusätzliche Handwinde, mit der der Kipptisch in senkrechter Position etwas angehoben werden kann. Der Wagen wird so vor das Lagergestell gefahren, daß die Pratzen unter die Plattenunterkante reichen.

Nach dem geringfügigen Anheben mit der Winde wird die Platte gegen den Kipptisch geklappt, der anschließend zum Verfahren in die waagerechte Stellung gekippt wird (Abb. 21).



Abb. 21: Plattentransportwagen mit Kipptisch

Die Verwendung des Plattenwagens setzt geringe Transportentfernungen sowie ebenen, befestigten Untergrund voraus. Der Transportvorgang kann ohne besondere Gefahren ausgeführt werden, große Haltekräfte sind nicht erforderlich. Die Räder des Plattenwagens müssen gebremst werden können.

Ausreichende Stabilität vorausgesetzt, bietet der Plattenwagen folgende sicherheitstechnische Vorteile:

- Ein Abkippen der Tafeln zum Ansetzen eines Anschlagmittels ist nicht erforderlich.
- Auch beim Transportvorgang besteht keine Kipp- oder Bruchgefahr, da die Tafel waagrecht liegt.

Nachteile oder Gefahren bestehen in folgenden Punkten:

- Bei hohen Plattengewichten (z.B. Verbundplatten) ist Kraftaufwand zum Verfahren erforderlich.
- Bei geneigtem Untergrund, bei Bodenunebenheiten oder Schwellen ist der Wagen nicht einsetzbar.
- Für die Zugänglichkeit müssen Lagerplatzverluste in Kauf genommen werden.
- Zum Be- und Entladen von Lkw müssen zusätzliche Transportmittel vorhanden sein.

5.3 Be- und Entladen von Lkw

Auf Lkw-Ladeflächen werden fast ausschließlich A-Bock-Gestelle zum Transport von Plattenware eingesetzt. Nur unter der Voraussetzung, daß ein Hebezeug ausreichender Tragfähigkeit vorhanden ist, können "kranfähige" Gestelle genutzt werden. Bei diesem sicherheitstechnisch günstigsten Fall wird die gesamte Einheit aus Gestell und Tafeln auf einmal aufgenommen und abgesetzt.

Vielfach ist es jedoch nötig, einzelne Platten oder Plattenpakete zu verladen. Dies bringt zusätzliche Gefahren mit sich, z.B. der Aufenthalt auf der Ladefläche direkt an der Kante oder Kippgefahr durch Schiefstellung.

Mit dem Lkw waren 40 Marmorplatten im Format ca. 1,6 x 3,0 m mit einem Gesamtgewicht von 16 t angeliefert worden, die beidseitig am A-Bock standen. Nach dem Lösen der Spannbänder wurde damit begonnen, die Tafeln mittels Säulenschwenkkran und Plattenzange zu entladen. Nachdem eine Seite entladen war, kippte das zweite Plattenpaket beim Ansetzen der Zange plötzlich um. Der Helfer konnte nicht mehr zur Seite springen und wurde unter den zu Boden stürzenden Platten erdrückt. Sowohl die einseitige Entladung als auch die falsche Aufstellung des Lkw auf dem leicht abschüssigen Lagerplatz hatten zu einer Schrägstellung der Ladefläche geführt.

Gerade während des Entladens der Lkw kommen die zuvor aufgeführten Gefahren beim Plattentransport besonders zum Tragen. Die Kippgefahr wird durch mögliche Schiefstellungen noch erhöht. Hilfsstützen können meist nicht verwendet werden, weil auf der Ladefläche die Möglichkeiten hierfür fehlen. Wenn zudem der Aufenthalt zwischen Platten und Ladekante erforderlich wird, z.B. zum Ansetzen einer Plattenzange, wächst das Unfallrisiko zusätzlich. Wie auch bei den innerbetrieblichen Transportvorgängen ermöglichen Hebebänder in Verbindung mit dem Kran oder Gabelstapler ein wesentlich sichereres Entladen.

Für einen unfallfreien Be- und Entladevorgang sind folgende Regeln zu beachten:

- Absolut waagerechte Aufstellung des Fahrzeugs.
- Kein Aufenthalt im möglichen Gefahrenbereich kippender Platten.
- Möglichst kein Aufenthalt an der Kante der Ladefläche.
- Zum Auf- und Absteigen auf die Ladefläche Leitern benutzen, nicht abspringen.
- Schiefstellungen durch einseitiges Laden vermeiden.
- Lkw nicht ohne Ladungssicherung verfahren.

Fahrzeuge mit eigenem Ladekran müssen beim Be- und Entladen auf jeden Fall mit den vorhandenen Abstützungen gegen Kippen gesichert werden.

Beim Beladen ist zusätzlich auf Sicherung der Ladung während der Fahrt zu achten, die Ladung darf weder verrutschen noch kippen. Insbesondere bei Kurvenfahrten oder plötzlichen Bremsmanövern sind Unfälle durch unzureichende Ladungssicherungen zu beklagen.

Am A-Bock lehrende Platten müssen vor Fahrtbeginn mit mindestens zwei Spanngurten gegen Kippen gesichert sein. Lose Teile auf der Ladefläche (Paletten, Einzelwerkstücke, Werkzeug) sind gegen Rutschen zu sichern, z.B. durch Verkeilen oder Niederzurren.

5.4 Heben und Tragen

Neben der reinen Unfallgefahr ist die körperliche Belastung durch Heben und Tragen mit Beanspruchung der Wirbelsäule zu beachten. Statistisch werden rund 1/3 aller Arbeitszeitausfälle durch Wirbelsäulenerkrankungen verursacht. Um diese zu reduzieren und um Transporte schneller und wirtschaftlicher auszuführen, ist es sinnvoll, manuelle Tragetätigkeiten

- soweit möglich zu reduzieren,
- auf geringe Gewichte zu beschränken und
- ergonomisch zu gestalten.

Geeignete Hilfsmittel können Hebe- und Tragetätigkeiten entbehrlich machen. Um Werkstücke umzusetzen oder auf Paletten zu laden, können Säulenschwenkkrane oder Schienenlaufkatzen z.B. in Verbindung mit Vacuumhebern oder Hebebändern eingesetzt werden.*)

*) Über die Belastungen der Wirbelsäule und über rückengerechtes Heben und Tragen informiert ausführlich das Heft 24 "Kreuz-Weisheiten" der Schriftenreihe der Steinbruchs-Berufsgenossenschaft.

Transportwagen zum Verfahren der Produkte sollen ergonomische Höhen aufweisen, um Zwangsbeugehaltungen zu vermeiden. Ideal ist eine Ablagehöhe von 90 cm.

Im Idealfall wird eine Produktionslinie so ausgerüstet, daß manuelles Umsetzen der Zwischenprodukte überflüssig wird. Geeignet sind Rollen- oder Kugelbahnen zwischen den einzelnen Bearbeitungsplätzen. Beispielsweise kann beim Transport von einer Brückensäge zur Ablängsäge, von dort zum Kantenschleifautomat und weiter bis zur manuellen Nachbearbeitung, auf Tragetätigkeiten ganz verzichtet werden. Zweckmäßig ist es hierbei, Rollenbahnen auch parallel anzuordnen, um ausreichenden Stauraum und Wartepositionen für die Werkstücke zur Verfügung zu haben (Abb. 22). Querverbindungen der Rollenbahnen untereinander ermöglichen es jederzeit, einzelne Werkstücke nach Bedarf weiterzuschieben. Klappbare Durchgangsöffnungen an längeren Rollenbahnen können helfen, Verkehrswege zu verkürzen oder unzulässiges Überklettern der Bahnen zu vermeiden.



Abb. 22: Rollenbahnen für Zwischentransporte

6 Steinbearbeitung mit handgeführten Werkzeugen

Trotz voranschreitender Mechanisierung gibt es bei der Bearbeitung von Naturstein noch eine Vielzahl von Arbeiten mit handgeführten Werkzeugen. Dazu zählen sowohl die filigranen Arbeiten von Steinmetzen als auch das Spalten der Steine durch Steinhauer. Die Ausstattung der Arbeitsplätze reicht dementsprechend vom offenen unebenen Gelände im Steinbruch über sogenannte Steinhauerhütten (s. Abb. 1) bis zum allseits umschlossenen und heizbaren Arbeitsraum. Als Arbeitsgeräte dienen hauptsächlich Druckluftbohrhämmer, Drucklufthämmer verschiedener Größe und Schlagleistung, Hämmer, verschiedene Meißel und Keile, Handschleifer, Wandarmschleifer und Winkelschleifer.

Nachfolgend werden technische und organisatorische Lösungen zur Bekämpfung typischer Gesundheitsgefahren und zur Vermeidung von Unfallgefahren bei der manuellen Steinbearbeitung aufgezeigt.

6.1 Schutz vor gesundheitsgefährlichem Staub

Bei der Bearbeitung von Naturstein mit handgeführten Werkzeugen hält sich der Beschäftigte unmittelbar an der Staubentstehungsstelle auf und ist dem Staub direkt ausgesetzt. Für eine möglichst vollständige Erfassung und gefahrlose Beseitigung der gesundheitsgefährlichen Stäube kommen folgende Möglichkeiten in Betracht, um eine Einhaltung der Grenzwerte zu ermöglichen und eine Erkrankung zu vermeiden:

Naßbearbeitung

Der bei Schleif- und Fräsarbeiten anfallende Feinstaub kann durch Naßbearbeitung mit ausreichender Frischwasserzufuhr weitgehend gebunden werden. Hierbei ist zu beachten, daß der Sprühnebel möglichst nah am Werkzeug niedergeschlagen wird, um zu vermeiden, daß mit seiner Verwirbelung in den Arbeitsbereich auch die Feinstaubanteile wieder in die Atemluft gelangen.

Staubabsaugung an der Entstehungsstelle

Der freigesetzte Staub soll möglichst vollständig an der Entstehungsstelle erfaßt und durch flexible Schläuche und Rohrleitungen einer Filteranlage zugeführt werden. Zur Stauberfassung werden beispielsweise eingesetzt:

Absaughauben oder Gummibälge, die Werkzeug und Bearbeitungsstelle vollständig ummanteln (Abb. 23), Gummitüllen, die das Werkzeug umschließen, und so dicht wie möglich an das Werkstück heranreichen (Abb. 24), Absaughauben mit einer flexiblen Schlauchleitung, die direkt am Werkzeug angebracht sind (Abb. 25) und Absaugtrichter, die an der Bearbeitungsstelle positioniert werden (Abb. 26).



Abb. 23: Staubabsaugung direkt an der Bearbeitungsstelle

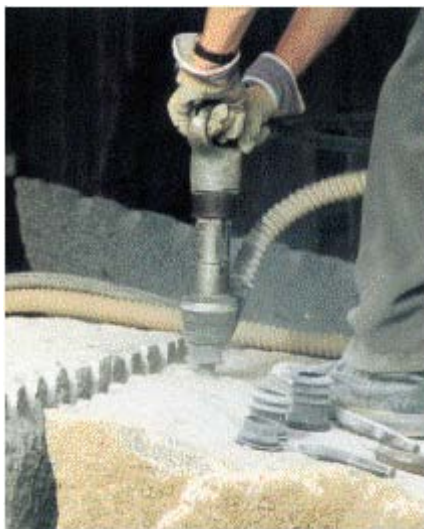


Abb. 24: Das Werkzeug umschließende Gummitülle zur Stauberfassung



Abb. 25: Winkelschleifer mit Trennscheibe und direkter Absaugung

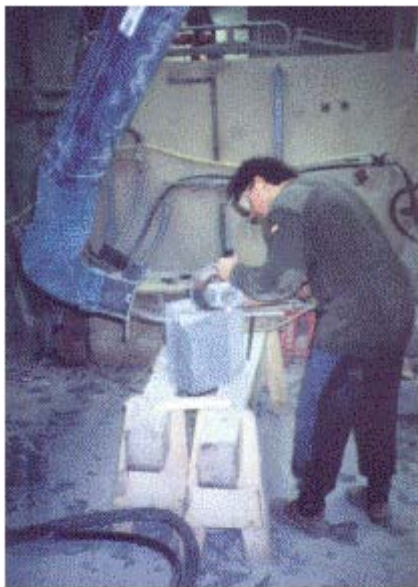


Abb. 26: Positionierbarer Absaugtrichter

Großflächige Stauberfassung

Bei Absaugtischen, -wänden und -kabinen (Abb. 27) wird der lungengängige Feinstaub von einem großflächigen Luftstrom erfaßt und einer Filteranlage zugeführt, so daß er nicht in den Atembereich des Beschäftigten gelangt.



Abb. 27: Arbeitsschutzkabine mit Staubabsaugung

Da die Wirksamkeit dieser Anlagen von der Arbeitsweise des Steinmetzes ebenso abhängt wie von der Lage und Form des Werkstücks und von den verwendeten Werkzeugen, ist die Eignung für den jeweiligen Anwendungsfall zu prüfen. Insbesondere ist zu beachten, daß die Staubfreisetzung nicht entgegen der Absaugrichtung erfolgt.

Persönliche Schutzausrüstungen

Führen Änderungen des Arbeitsverfahrens bzw. technische Schutzmaßnahmen wie Staubabsaugung oder Lüftungstechnische Einrichtungen nicht zur Einhaltung der Grenzwerte für silikogenen oder inerten Feinstaub, so sind den Beschäftigten zusätzlich persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen. Sie sind verpflichtet, diese zu benutzen. Hierbei können verschiedene Atemschutzgeräte zum Einsatz kommen:

Eine komfortable Möglichkeit stellen gebläseunterstützte Atemschutzhauben (Abb. 28) oder -helme dar. Der Beschäftigte trägt einen Helm oder eine Haube mit Vollvisier, dem gereinigte Frischluft zugeführt wird. Staubfilter, Gebläse und Stromversorgung werden am Körper getragen oder sind bereits direkt in Helm oder Haube integriert.



Abb. 28: Gebläseunterstützte Atem-Schutzmaske beim Flämmen

Weniger komfortabel sind Staubschutzmasken (partikelfiltrierende Halb- oder Viertelmasken), da sie einen größeren Atemwiderstand verursachen. Sie sind in Schutzklassen eingeteilt, ihre Einsatzgebiete ergeben sich in Abhängigkeit von Staubzusammensetzung und -konzentration aus Abb. 29.

Schutzklasse	Abscheidevermögen und Einsatzbereiche
FFP1	Partikelfiltrierende Maske mit geringem Abscheidevermögen, Einsatz bis zum 4-fachen Grenzwert
FFP2	Partikelfiltrierende Maske mit mittlerem Abscheidevermögen, Einsatz bis zum 10-fachen Grenzwert
FFP3	Partikelfiltrierende Maske mit hohem Abscheidevermögen, Einsatz bis zum 30-fachen Grenzwert.

Abb. 29: Kennzeichnung und Einsatzbereiche von Staubschutzmasken

Aufgrund der wechselnden Zusammensetzung und Konzentration des Feinstaubes und der niedrigen Grenzwerte für Quarzfeinstaub sollte bei der Bearbeitung von quarzhaltigen Gesteinen grundsätzlich die FFP2-Maske gewählt werden.

6.1.1 Drucklufthämmer und Druckluftbohrhämmer

Für einige Arbeitsverfahren (Bohren, Stocken) ist eine vollständige Ummantelung möglich (s. Abb. 23), d.h. die das Werkzeug umschließende Gummihäube der Staubabsaugung liegt bis auf den Stein auf. Der Staub wird nahezu vollständig erfaßt.

Bei anderen Verfahren, wie z.B. Spitzen, Bossieren und Keillochen, kann die Ummantelung des Werkzeugs nicht bis auf den Stein herabgeführt werden (s. Abb. 24). Einerseits wird hierbei mit Meißeln unterschiedlicher Länge gearbeitet, zum anderen muß der Steinhauer bei bestimmten Tätigkeiten die Ansatzstelle des Meißels sehen können. Die unmittelbare Staubentstehungsstelle bleibt somit frei, was die Stauberfassung erschwert. Die Ansaugkraft vor der Saugöffnung sinkt mit wachsender Entfernung von dieser sehr rasch ab. Um eine ausreichende Wirkung zu erreichen, muß diese möglichst nahe an der Entstehungsstelle liegen. Zusätzlich ist eine hohe Absauggeschwindigkeit erforderlich. Das wird nur erreicht, wenn stets die der Länge des verwendeten Meißels entsprechenden Einstecktüllen benutzt werden.

6.1.2 Druckluftwerkzeuge, Handwerkzeuge

Bei filigranen Arbeiten, z.B. Schriftgravur, kann der Meißel nicht mehr mit einer Tülle umschlossen werden, da die Meißelspitze ständig einsehbar sein muß. Hier sollte entweder eine Saugdüse auf das Werkzeug aufgesetzt werden, oder ein beweglicher Absaugtrichter mit einer großen Ansaugöffnung möglichst nahe an die Bearbeitungsstelle herangeführt werden. Bei ständig wechselnder Arbeitsrichtung ist hierbei jedoch ein häufiges Nachführen des Absaugtrichters erforderlich.

6.1.3 Winkelschleifer

Die großflächige Absaugung ist bei diesen Geräten aufgrund der hohen Geschwindigkeit der freigesetzten Staubpartikel häufig unzureichend. Auch die Absaugung mittels eines Absaugtrichters hat nur dann Erfolg, wenn dieser unmittelbar in Ausbreitungsrichtung des Staubes dicht an der Entstehungsstelle positioniert ist, bzw. ständig nachgeführt wird.

Wirkungsvoller ist die an den Winkelschleifer integrierte Absaugung. Beim hochfeurigen Schneiden mit der Trennscheibe hat es sich bewährt, einen Winkelschleifer mit geänderter Drehrichtung zu verwenden, dessen Schutzhaube eine integrierte Absaugöffnung aufweist. Der entstehende Staub wird durch die Rotation der Trennscheibe direkt von der Schnittstelle in die Schutzhaube geschleudert (Abb. 30), dort erfaßt und über eine flexible Schlauchleitung der Filteranlage zugeführt. Die geänderte Drehrichtung hat den Vorteil, daß die Handhabung und die Sicht auf die Schnittstelle kaum beeinträchtigt wird. An einen geeigneten Entstauber lassen sich auch mehrere Geräte anschließen, die Bearbeitungsstelle ist nicht an einen festen Standort gebunden.



Abb. 30: Trennscheibe mit Absaugeinrichtung

Beim Schleifen mit Topf- und Schleifscheiben sind die Drehzahlen geringer. Zur Stauberfassung eignen sich gleichermaßen die Direktabsaugung am Gerät (Abb. 31) oder ein Absaugtisch (Abb. 32).



Abb. 31: Winkelschleifer mit Absaughaube



Abb. 32: Schleifarbeiten am Absaugtisch

Daneben gibt es die Möglichkeit, den Winkelschleifer im Naßverfahren einzusetzen. Bei ausreichender Frischwasserzufuhr ist die Einhaltung des Grenzwertes zu erwarten.

6.1.4 Allgemeine Staubhygiene

Trotz Verwendung von Absaugeinrichtungen oder Naßbearbeitung sind Staubablagerungen im Arbeitsbereich und auf Verkehrswegen nicht gänzlich vermeidbar. Durch Fahrzeugverkehr oder Luftbewegungen aufgewirbelt, kann der Staub in die Atemluft gelangen. Deshalb sollen auch diese Stäube regelmäßig entfernt werden. Hierfür eignen sich z.B. mobile Industriestaubsauger. Sofern eine stationäre Entstaubungsanlage vorhanden ist, kann sie durch einen Staubsaugeranschluß ergänzt werden. Auch mobile Staubsauger müssen hinsichtlich ihres Rückhaltevermögens für Quarzfeinstaub geeignet sein (Baumusterprüfung), wenn quarzhaltige Stäube vorhanden sind.

6.1.5 Wartung der Absauganlagen

Entscheidend für eine dauerhafte Wirksamkeit der Entstaubungsanlagen ist der einwandfreie Zustand des Filters und der Zuleitungen.

Ein zugesetzter Filter kann die Leistung der Absauganlage um mehr als die Hälfte verringern. Filter müssen daher regelmäßig nach den Betriebsanleitungen der Hersteller gereinigt, gewartet und kontrolliert werden.

Auch in den Zuleitungen zum Filter können Fehler auftreten, die die Absaugleistung erheblich verringern.

Der Arbeitsplatz eines Steinhauers ist mit einer ausreichend dimensionierten Absauganlage ausgerüstet. Am Keillochhammer ist eine Gummihäube (sog. Grundhaube) angebracht, welche den Meißel umschließt. Von dieser führt ein flexibler Schlauch zur Absauganlage. Die Anlage leistet einen Luftvolumenstrom von $120 \text{ m}^3/\text{h}$, was bei einem Schlauchdurchmesser von 4 cm einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 26 m/s entspricht (direkt am Absauggerät). Am Drucklufthammer wurde jedoch nur eine Absauggeschwindigkeit von ca. 6 m/s gemessen. Entsprechend groß war die Staubfreisetzung in die Atemluft am Arbeitsplatz.

Derartige Leistungsverluste können mehrere Ursachen haben:

- Der Schlauch ist leck, zusammengedrückt oder verstopft.

In Schlauchsenken lagern sich oft kleinere Gesteinspartikel ab. Diese verringern ebenso wie Knicke im Schlauch den freien Querschnitt und stellen erhebliche Widerstände für den Luftstrom dar. Die Absaugleistung kann hier sehr schnell auf mehr als die Hälfte – im Extremfall auf Null – verringert werden.

Ebenso verhält es sich mit Leckstellen in der Schlauchleitung. Die Luft wählt den Weg des geringsten Widerstandes. Bei Leckstellen im Schlauch sind Leistungsverluste bis über 50% festgestellt worden. Durch eine Prüfung vor Arbeitsbeginn lassen sich derartige Fehler erkennen und beseitigen.

- Der Drucklufthammer bläst nach unten aus.

Im Drucklufthammer unterliegen einige Teile einem hohen Verschleiß. Wenn diese nicht rechtzeitig gewechselt werden, gelangt Druckluft über die Meißelfüße direkt nach unten in die Gummimanschette der Absaugvorrichtung. Die Entstaubungsanlage wird damit vollkommen unwirksam. Verschleißteile müssen daher rechtzeitig ausgetauscht werden.

Wenn mehrere Geräte an eine Absauganlage angeschlossen werden, ist folgendes zu beachten:

- Die Absaugleistung muß ausreichend dimensioniert sein.
- Die Länge der Leitungen und deren Durchmesser sind aufeinander abzustimmen, damit an allen Druckluftschlämmern die gleiche Absaugleistung erreicht wird.
- Nicht genutzte Anschlüsse sind abzuriegeln (Schieber zudreihen), da es sonst einerseits zu Leistungsverlusten an den anderen Anschlüssen kommt, andererseits die Absaugleistung an den genutzten Anschlüssen erhöht werden kann.

6.2 Unfallgefahren

Bei der Bearbeitung von Naturstein mit handgeführten Werkzeugen (Handwerkzeuge, pneumatisch oder elektrisch angetriebene Handgeräte) treten über die allgemeinen Unfallgefahren hinaus folgende typische Gefahren auf.

Stürze und Quetschungen beim Blockspalten

Beim Spalten von Gesteinsblöcken (Abb. 33) können Personen vom Rohblock abstürzen oder durch auseinanderfallende Blockhälften erheblich verletzt werden.



Abb. 33: Sicherer Zugang und Unterfütterung des Rohblocks

Ein Granitblock mußte gespalten werden. Hierzu wurden in einer Reihe mehrere Keillöcher eingetrieben, in welche anschließend kleine Spaltkeile zum Vorspalten eingeschlagen wurden. Bei dieser Tätigkeit stand der Beschäftigte auf dem zu spaltenden Rohblock. Der Block zerfiel schon beim Vorspalten in zwei Hälften. Durch die Kippbewegung verlor der Beschäftigte das Gleichgewicht und fiel in den entstehenden Spalt. Als eine Gesteinshälfte zurückschlug erlitt der Beschäftigte schwere Körperquetschungen.

Ursachen sind häufig mangelnde Standsicherheit, ungeeignete oder fehlende Leitern, nicht bemerkte Risse im Gestein oder eine nicht vorhergesehene Spalttrichtung sowie Überschätzung des eigenen Reaktionsvermögens.

Eine regelmäßige Unterweisung und Hinweise auf die vorhandenen Gefahren sind erforderlich. Blöcke sind vor dem Spalten so zu unterfüttern, daß sie beim Spaltvorgang nicht unkontrolliert auseinanderfallen können. Beim Spalten darf sich niemand im Fallbereich der Blockhälften befinden. Die spaltauslösenden Schläge sollen von außerhalb des Gefahrenbereichs ausgeführt werden.

Für Blockspalter sind geeignete Leitern bereitzustellen, ebenso wichtig ist ein sicherer Stand auf dem Block.

Verletzungen durch Gesteins- und Werkzeugsplitter

Beim Spalten, Stocken, Bossieren und ähnlichen Tätigkeiten können die Beschäftigten, auch an Nachbararbeitsplätzen, durch wegfliegende Gesteinssplitter getroffen werden. Insbesondere die Augen müssen durch Schutzbrillen geschützt werden. Die Gefährdung benachbarter Arbeitsplätze läßt sich durch Splitterschutzwände vermeiden.

Erheblich größer ist die Verletzungsgefahr durch Metallsplitter, die sich von Keilen, Meißeln und Hämmern lösen können. Diese läßt sich durch ständige Wartung und Kontrolle der Werkzeuge und rechtzeitiges Entfernen von Graten bzw. Wechsel schadhafter Werkzeuge vermeiden. Darüber hinaus müssen Schutzbrillen und – beim Keileintreiben – zusätzlich Lederschürzen getragen werden.

Unfallgefahren durch elektrischen Strom

Beim Einsatz handgeführter Elektrowerkzeuge im Naßbereich besteht eine erhöhte elektrische Gefährdung bei Kontakt mit spannungsführenden Teilen. Besonders Schleif- und Trennarbeiten mit Wasserzufuhr, aber auch alle anderen Arbeiten im Naßbereich, dürfen nur mit hierfür geeigneten Geräten ausgeführt werden.

Elektrowerkzeuge im Naßbereich dürfen nur mit Schutztrennung oder Schutzkleinspannung betrieben werden. An einem Trenntransformator darf nur jeweils ein Gerät angeschlossen sein, da die Schutzwirkung sonst aufgehoben wird.

Unfallgefahren durch rotierende Schleifwerkzeuge

Mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit der Schleifkörper wächst die Gefahr, daß durch schadhafte oder falsch eingesetzte Schleifkörper oder durch Verkanten des Werkzeugs Bruchstücke oder Schleifsegmente wegfliegen.

Ab einer Umfangsgeschwindigkeit von mehr als 15 m/s müssen die Maschinen daher mit Schutzhauben aus zähem Material ausgerüstet sein, die wegfliegende Bruchstücke erfassen. Die Schutzhauben müssen ggf. nachstellbar sein, um auch bei abgenutzten Schleifkörpern noch wirksam zu sein.

Die Umfangsgeschwindigkeit (V_u) wird aus dem Durchmesser (d) des Schleifkörpers und der Drehzahl (n) der Maschine errechnet (Abb. 34).

Es dürfen nur geprüfte Schleifwerkzeuge unter Berücksichtigung der vom Hersteller vorgesehenen Verwendungsbeschränkungen eingesetzt werden. Einsatzbedingungen, zulässige Arbeitshöchstgeschwindigkeit oder Betriebsdrehzahl ergeben sich aus der Kennzeichnung. Bei Trennschleifscheiben mit einem Grundkörper aus Metall und metallischer Schleifbelagbindung, die beim Freihandschleifen eingesetzt werden, müssen die Segmente direkt durch Sintern oder Schweißen auf dem Grundkörper aufgebracht sein. Die unzulässige Verwendung anderer Trennschleifscheiben kann dazu führen, daß sich die Bindung durch Überhitzung löst und die Schleifsegmente geschoßartig wegfliegen.

$V_u = \frac{3,14 \cdot d \cdot n}{60}$	V_u = Umfangsgeschwindigkeit (m/s) d = Durchmesser (m) n = Drehzahl (U/min)
---	---

Abb. 34: Berechnung der Umfangsgeschwindigkeit von Schleifkörpern

Rechenbeispiele zur Umfangsgeschwindigkeit:

Beispiel 1:

Durchmesser des Schleifkörpers: $d = 100 \text{ mm}$

Drehzahl der Schleifmaschine: $n = 2000 \text{ U/min}$

$$v_u = \frac{3,14 \cdot 0,1 \cdot 2000}{60} = 10,5 \text{ m/sec}$$

Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt weniger als 15 m/sec , auf eine Schutzhaube darf verzichtet werden.

Beispiel 2:

Durchmesser des Schleifkörpers: $d = 150 \text{ mm}$

Drehzahl der Schleifmaschine: $n = 3000 \text{ U/min}$

$$v_u = \frac{3,14 \cdot 0,15 \cdot 3000}{60} = 23,5 \text{ m/sec}$$

Wegen der hohen Umfangsgeschwindigkeit muß eine Schutzhaube angebracht sein.

7 Maschinelle Steinbearbeitung

7.1 Allgemeine Anforderungen

Zu jeder Maschine gehört eine Betriebsanleitung in deutscher Sprache, die der Hersteller mitzuliefern hat. Der Wartung und der Instandhaltung wird nach der EG-Maschinenrichtlinie ein starkes Gewicht eingeräumt. Daher müssen in der Betriebsanleitung neben Hinweisen zur Installation, zur Bedienung und zum sicheren Betrieb auch solche zur Instandhaltung, einschließlich der Wartung und der gefahrlosen Beseitigung von Störungen enthalten sein. Außerdem werden Angaben zur bestimmungsgemäßen Verwendung und Informationen über den von der Maschine ausgehenden Lärm gefordert.

Alle erreichbaren Gefahrstellen an den Anlagen und Maschinen sind im Arbeits- und Verkehrsbereich zu sichern.

Maschinenantriebe, wie z.B. Kettenräder und Riementriebe, müssen vollständig verkleidet oder gegen Eingriff gesichert sein. Antriebe mit weiträumiger Ausdehnung werden durch Umzäunung gesichert.

Rüst-, Wartungs-, Reparatur- und Reinigungsarbeiten dürfen nur bei stillgesetzter Maschine durchgeführt werden, gefahrbringende Bewegungen sind zuverlässig zu verhindern. Daher müssen Maschinen von allen vorhandenen Energiequellen getrennt werden können. Dies geschieht für jede Energieart (Elektrik, Hydraulik, Pneumatik) mit einer eigenen, sogenannten Hauptbefehlseinrichtung, durch deren Betätigen Beginn und Ende der Energiezufuhr bestimmt werden können. Im elektrischen Bereich ist dies der Hauptschalter.

Gefahrbereiche sollen für Wartungszwecke möglichst nicht begangen werden.

Schmierstellen müssen daher außerhalb der Gefahrbereiche liegen; dies kann z.B. durch Zentralabschmierung erreicht werden.

Jede Maschine muß mit schnell, leicht und gefahrlos erreichbaren Not-Befehlseinrichtungen (Not-Aus) ausgerüstet sein. Auch müssen Schalteinrichtungen zum Ingangsetzen und zum Stillsetzen vorhanden sein.

Der Verlegung stromführender Anschluß- und Steuerleitungen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Installation elektrischer Leitungen hat so zu erfolgen, daß sie den beim Einsatz zu erwartenden mechanischen Beanspruchungen genügen. Auch muß die Auswahl einer geeigneten Schutzart, z.B. IP 44, IP 54 bei Spritzwassereinsatz oder IP 65 für Naßstrahlgeräte, getroffen werden.

Die Standsicherheit der Anlagen und Maschinen muß bei der vorgesehenen Beanspruchung auch durch die Korrosionseinflüsse in den Naßbereichen gewährleistet sein.

An einem programmgesteuerten Brückenschleifautomat ereignete sich ein tödlicher Arbeitsunfall an einer ungesicherten Quetschstelle zwischen Schleifbrücke und einer Hallenstütze.

Auf der Schleifbahn liegende Granitplatten werden programmgesteuert geschliffen. Die schienengebundene Schleifbrücke verfährt nach Beendigung eines Schleifvorganges automatisch um eine Werkzeugbreite von ca. 70 cm in Längsrichtung. An einer Stelle der Anlage bewegt sich dabei der seitliche Steuerkasten der Anlage in 12 cm Abstand an einer Hallenstütze vorbei. Als der Maschinist das Schleifbild kontrollieren wollte, stand er neben dieser Stütze, während automatisch der Umsetzvorgang der Schleifbrücke begann. Er wurde zwischen Stütze und Steuerkasten eingequetscht und tödlich verletzt.

Zur Vermeidung von Quetschgefahren muß immer ein Mindestabstand zwischen bewegten Maschinenteilen und der Umgebung von wenigstens 0,5 m eingehalten werden. Dies gilt z.B. auch bei Brückensägen für den Abstand zwischen Support und Maschinenfundament, bei Schleif- und Polieranlagen für den Abstand zwischen Schleifbrücke und festen Einbauten, bei verfahrbaren Blockwagen für den Abstand nach allen Seiten.

Wenn dieser Sicherheitsabstand nicht eingehalten werden kann, müssen derartige Gefahrstellen durch andere Maßnahmen gesichert werden. Der gesamte Gefahrenbereich kann durch Schutzgitter oder Lichtschranken so umwehrt werden, daß beim Betreten eine Zwangsabschaltung der Anlage erfolgt. Schaltbügel oder Schaltflächen, über deren Bewegung beim Berühren eines Körpers ebenfalls die Maschine stillgesetzt wird, sind andere geeignete Maßnahmen.

Bei automatisch betriebenen, programmgesteuerten Anlagen im Bereich der Natursteinbearbeitung, z.B. Brückensägen und -fräsen, Schleif- und Polierautomaten in Brückenausführung, Wasserstrahlschneideanlagen, automatisierte rechnergesteuerte Fertigungszentren, muß beim Betreten oder Eingreifen in den Gefahrenbereich eine Zwangsabschaltung der Maschine erfolgen, da für das Bedienungspersonal die Bewegungen von Werkzeugen und Antrieben nicht mehr vorhersehbar sind. Dies läßt sich beispielsweise realisieren durch weiträumige Bereichsabsicherungen mittels Sicherheitslichtschranken oder durch das Anbringen von Schutzgittern oder Zäunen, in denen die Zugänge durch Grenztaster mit Personenschutzfunktion gesichert sind. Bei der Bereichssicherung darf nach dem Ansprechen einer beweglichen Schutzeinrichtung oder einer Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion (Sicherheitslichtschranke) der unterbrochene Funktionsablauf auch nach ordnungsgemäßer Zurückführung in die Schutzstellung oder Wiederherstellen der Ausgangsbedingungen nur durch einen bewußten Befehl wieder eingeleitet werden. Befehlsgeräte zum Quittieren und/oder Einleiten gefahrbringender Bewegungen müssen außerhalb des gesicherten Bereiches so angeordnet sein, daß der gesamte gesicherte Bereich ausreichend einsehbar ist und daß sie von einem Standplatz innerhalb des gesicherten Bereiches nicht erreichbar sind. Unter Abwägung des möglichen Gefährdungspotentials kann auch das Anbringen von Sicherheitsschaltbügeln am Werkzeugsupport als geeignete Schutzmaßnahme angesehen werden.

7.2 Diamantseilsägen, Bandsägen

Beim Verklemmen des Sägebandes im Werkstück oder bei Ausfall des Kühlmittels besteht die Gefahr des plötzlichen Seilbruchs, die freien Enden des Seiles peitschen in die seitlich angrenzenden Bereiche. Die Festlegung des Gefahrenbereiches ist abhängig von der möglichen freien Seillänge. Dieser Bereich soll während des Betriebes Personen nicht zugänglich sein. Die zum Sägen nicht benötigten Teile des Sägebandes sind durch verstellbare Verdeckungen zu sichern (Abb. 35).

An Bandsägen müssen die Laufräder und der aufsteigende Teil des Bandsägeblattes verkleidet sein.



Abb. 35: Bandsäge

7.3 Bohrmaschinen

Beim Einsatz von Bohrmaschinen besteht die Gefahr, daß Kleidungsstücke durch schnell laufende Bohrer erfaßt werden. Daher hat der Maschinenführer eng anliegende Kleidung zu tragen und darf keine Handschuhe benutzen. Er muß einen sicheren Standplatz wählen.

7.4 Spaltanlagen

An hydraulischen Steinspaltmaschinen besteht durch herunterfallende oder nachrutschende Steinteile die Gefahr des Quetschens von Händen und Füßen. Bei Leerhub muß ohne aufgelegtes Werkstück der Sicherheitsabstand zwischen Ober- und Untermeißel mindestens 30 mm betragen. Bei manueller Zuführung des Materials darf die Maschine nur in Einzelhub betrieben werden. Der Start des Stempels bei Einzelhub darf nur mit Befehlsgeräten mit selbsttätiger Rückstellung, z.B. Taster, erfolgen. Beim Loslassen des Befehlsgerätes muß eine Bewegungsumkehr des Stempels erfolgen.

Typische Unfallanzeigen im Umgang mit hydraulischen Steinspaltmaschinen lauten immer wieder ähnlich, z.B.:

- Der Verletzte ist beim Spalten des Steines mit dem Finger gegen den Obermesserhalter gedrückt worden.
- Beim Spalten einer Steinplatte kantete diese auf und schlug gegen den Daumen.
- Beim Spalten rutschte der Stein weg und der Daumen wurde erfaßt.

Derartige Unfälle lassen sich beispielsweise durch Betätigungseinheiten mit Zweihandauslösung oder durch sensorüberwachte definierte Handpositionen für die Bewegungseinleitung des Stempels verhindern, die zwischenzeitlich auch an Steinspaltmaschinen angeboten werden.

Zur vollständigen Erfassung des Feinstaubes beim Spalten sollte die Absaugöffnung der Entstaubungseinrichtung für das Obermesser in dessen Nähe angeordnet sein.

7.5 Säge- und Fräsmaschinen, Blockkreis- und Gattersägen

Die Bedienung muß von einem sicheren Standort aus erfolgen, während des Betriebes ist der Aufenthalt im Bereich der Werkzeuge und Tische nicht zulässig.

Bei Antrieben mit weiträumiger Ausdehnung, wie sie beispielsweise an Gattersägen anzutreffen sind, liegen besondere Quetsch- und Stoßgefahren durch die bewegten Schwungmassen vor. Hier sind die Gefahrenbereiche der Antriebseinheiten mindestens durch Umwehrung zu sichern.

Wegen der Quetschgefahr muß an Brückensägen der Fahrweg des Support so begrenzt sein, daß in seiner Endstellung zwischen Brückenfundament und den äußeren Teilen des Support ein Sicherheitsabstand von 0,5 m eingehalten ist.

Der nicht im Eingriff befindliche Teil des Sägeblattes muß verdeckt sein. Hier haben sich massive Sägeblattschutzhauben bewährt, dadurch kann Lärm reduziert und gleichzeitig die Aufwirbelung von Wasser verringert werden (Abb. 36).



Abb. 36: Schutzhaube und Spritzschutz an einer Brückensäge

Die Lärmbelastung an Arbeitsplätzen beim Einsatz von Diamant-Trennschleifscheiben (Sägeblatt) muß durch technische Maßnahmen vermindert werden. Durch die Schnittkräfte wird das Sägeblatt zu erheblichen Schwingungen angeregt. Wegen der großen freien Oberfläche strahlt das Sägeblatt eine hohe Schallenergie ab. Die Schallabstrahlung muß möglichst klein gehalten werden durch Behinderung der Schallausbreitung durch schallmindernde Maßnahmen, z.B. Einsatz von Sandwichblättern, Hauben, Sägeblättern mit schlangenlinienförmigen Lasereinschnitten. Ohne Änderungen an der Maschinenkonstruktion bietet bereits der Einsatz lärmgeminderter Trennschleifscheiben eine effektive Geräuschminderung mit Pegelreduzierungen bis zu 10 dB.

Sofern sich elektrische Schaltschränke im Brückenbereich befinden, müssen zur besseren Erreichbarkeit Laufstege mit Absturzsicherungen an den Brücken montiert sein.

Die Spannflansche für Trennschleifscheiben aus Diamant, Bornitrid oder Werkstoffen vergleichbarer Eigenschaften müssen bestimmte Mindestdurchmesser in Abhängigkeit vom Trennscheibendurchmesser gemäß nachstehender Tabelle (Abb. 37) haben. Die Arbeitshöchstgeschwindigkeit (höchste Umfangsgeschwindigkeit) darf maximal 125 m/s betragen, aus diesem Grund darf die Antriebsdrehzahl nicht erhöht werden.

Schleifkörper-Durchmesser d in mm	Arbeitshöchstgeschwindigkeit v_{zul} in m/s	Außendurchmesser der Spannflansche in mm
≤ 1500	≤ 125	0,18 $d \geq 41$
> 1500	≤ 125	0,18 $d \geq 270$

Abb. 37: Spannflanschdurchmesser für Trennschleifscheiben aus Diamant, Bornitrid oder Werkstoffen vergleichbarer Eigenschaften

Beim Einsatz von Lasermeßeinrichtungen zur Werkzeugpositionierung und zum Einrichten der Werkstücke muß eine Gefährdung und Verletzung der Augen verhindert werden. Für das Leitstrahlverfahren sollten nur Lasereinrichtungen der Klassen 1, 2 oder 3A verwendet werden. Der Betrieb von Lasermeßeinrichtungen der Klassen 3B und 4 muß der Berufsgenossenschaft und der für den Arbeitsschutz zuständigen Behörde, z.B. Gewerbeaufsichtsamt, angezeigt werden. Darüber hinaus muß ein Laserschutzbeauftragter mit entsprechender Sachkunde im Betrieb schriftlich bestellt werden.

An windengetriebenen Materialwagen zum Auf- und Abbänken müssen Antriebsseiltrommeln so bemessen und so ausgebildet sein, daß eine Überbeanspruchung der Seile oder Ketten durch Biegung und das seitliche Ablaufen und Herausspringen der Seile oder Ketten verhindert wird.

7.6 Oberflächenbearbeitungsmaschinen und Strahlanlagen

Zur Versorgung von Flammenanlagen mit Flüssiggas darf in Arbeitsräumen bis zu 500 m³ Raumvolumen nur ein Druckgasbehälter bis zu 33 kg Füllgewicht oder zwei Einzelbehälter mit jeweils 14 kg Füllgewicht aufgestellt werden.

Während der Bedienung von Flämmanlagen müssen geeignete Körperschutzmittel, wie Schutzbrillen, Lederschürzen und Handschuhe benutzt werden (Abb. 38).



Abb. 38: Flämmanlage zur Oberflächenbearbeitung

Strahlanlagen müssen so beschaffen sein, daß beim Loslassen der in der Hand gehaltenen Betätigungseinrichtungen nach Ablauf von einer Sekunde weder Strahl- noch Druckmittel aus der Strahldüse austreten (Schnellabschaltung). Die Schnellabschaltung muß fest an der Strahleinrichtung installiert und willensunabhängig wirksam sein.