



**IGF**

Institut für Gefahrstoff-Forschung  
der Bergbau-Berufsgenossenschaft  
an der Ruhr-Universität Bochum

---

**A 6463/07**

## **B E R I C H T**

**über staub- und lufttechnische Untersuchungen zur Ermittlung möglicher  
technischer Maßnahmen zur Expositionsminderung  
in staubexponierten Arbeitsbereichen**

**der Fa. XXX**

**am 17.07.2007**

Sachbearbeiter: Dipl.-Ing. K. Möcklinghoff  
Telefon: 0234-306 381  
Telefax: 0234-306 353  
e-Mail: moecklinghoff@igf-bbg.de

Bochum, den 12.09.2007

---

Hausadresse:  
Institut für Gefahrstoff-Forschung  
Waldring 97  
D - 44789 Bochum

Tel. 0234-306 0  
Fax 0234-306 353  
<http://www.igf-bbg.de>

IK-Nr.: 290590151  
USt.-Nr.: 306/5713/0484  
USt.-ID-Nr.: DE 124 089 563

Bankverbindung: WestLB AG Düsseldorf  
BLZ: 300 500 00      Konto: 1 263 318  
IBAN: DE64 300 500 00 000 1 263 318  
Swift-Code: WELADED

Berichtsnummer: A 6463/07

Erstelldatum: 12.09.2007

Berichtsumfang: 25 Seiten

Auftraggeber: Steinbruchs-Berufsgenossenschaft  
Postfach 101540  
30836 Langenhagen

Untersuchungsbetrieb: XXX

Teilnehmer: Herr Dr. Reimann, Steinbruchs-Berufsgenossenschaft  
Herr  
Herr

Untersuchung  
und Berichterstellung Herr Möcklinghoff IGF

Untersuchungsdatum: 17.07.2007



## Inhaltsverzeichnis

		<b>Seite</b>
1	Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	4
2	Untersuchungsgrundlagen.....	4
3	Allgemeine Angaben zum Betrieb.....	5
4	Arbeitsbereiche und –verfahren.....	6
5	Gefahrstoffe und Grenzwerte.....	7
6	Auswertung vorliegender Messergebnisse.....	8
7	Staub- und lufttechnische Untersuchungen.....	9
	7.1 Arbeitsbereich Keillochbohren und Spalten der Gesteinsblöcke.....	10
	7.1.1 Staubentstehungsvorgänge.....	10
	7.1.2 Vorhandene lufttechnische Einrichtungen.....	11
	7.1.3 Überprüfung und Bewertung der vorhandenen Einrichtungen...	12
	7.1.4 Bewertung der übrigen Staubquellen im Arbeitsbereich.....	14
	7.2. Arbeitsbereich Steinspaltmaschinen (Zwicker).....	15
	7.2.1 Staubentstehungsvorgänge.....	15
	7.2.2 Vorhandene lufttechnische Einrichtungen.....	15
	7.2.3 Überprüfung und Bewertung der vorhandenen Einrichtungen.....	16
	7.2.4 Bewertung der übrigen Staubquellen im Arbeitsbereich.....	19
8	Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der Staubsituation.....	20
	8.1 Vorschläge konkreter technischer Maßnahmen für das Keillochbohren	20
	8.2. Vorschläge konkreter technischer Maßnahmen für die Steinspaltmaschinen.....	22
	8.3. Erfolgsaussichten und Erfolgskontrolle.....	25



## 1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Steinbruchs-Berufsgenossenschaft (StBG), Langenhagen, beauftragte das Institut für Gefahrstoff-Forschung mit der Begutachtung der Staubsituation bei der Firma XXX in XXX.

Die Beauftragung erfolgte im Rahmen der „Pilotphase“ eines Prämienverfahrens der StBG zur Förderung von Maßnahmen zur Staubprävention.

Ziele der Begutachtung sind gemäß Abstimmung mit der StBG als Auftraggeber:

- Ermittlung und Bewertung der vorliegenden Staubverhältnisse (Ist-Zustand)
- Vorschläge zur Optimierung bereits bestehender Schutzmaßnahmen mit Abschätzung der Erfolgsaussichten
- Vorschläge für Maßnahmen zur Erreichung des Standes der Technik mit Abschätzung der Erfolgsaussichten.

## 2 Untersuchungsgrundlagen

Zur Ermittlung des Ist-Zustandes erfolgten eigene Untersuchungen im Betrieb am 17.07.2007.

Zur Beurteilung der Staubexposition der Beschäftigten wurde ferner eine von der StBG am 20.09.2005 durchgeführte Messung von Gefahrstoffen in Arbeitsbereichen (Bericht Nr. 05/021/065 vom 16.01.2006) herangezogen.

Eine Gefährdungsbeurteilung gemäß § 7 Gefahrstoffverordnung konnte nicht vorgelegt werden.

Die Begutachtung und die abgeleiteten Empfehlungen zum Stand der Technik stützen sich im übrigen auf folgende Grundlagen:

- Gefahrstoffverordnung vom 23.12.2004
- TRGS 900 – „Arbeitsplatzgrenzwerte“, Januar 2006
- BGR 121- „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“, Januar 2004
- VDI 2262, Blatt 4 - „Erfassen luftfremder Stoffe“, März 2006



- BGI 5121- „Arbeitsplatzlüftung – Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis“, April 2007
- BGI 5047- „Mineralischer Staub“, Dezember 2006
- Vereinbarung zur Reduzierung der Quarzstaubbelastung in den Betrieben der Bayerischen Naturwerkstein-Industrie, Stand 10. März 2006
- Merkblatt Prämie Staub, überreicht von der StBG, Stand 03.07.2007
- Herstellerunterlagen der Firmen Herding, Amberg, und Woges, Spiegelau

### **3 Allgemeine Angaben zum Betrieb**

Anschrift: XXX

Mitgliedsnummer StBG: XXX

Ansprechpartner: Herr  
Herr

Zahl der Beschäftigten: ca. 46

Zahl der Staubexponierten: ca. 20



#### 4 Arbeitsbereiche und -verfahren

Die Firma XXX ist am Standort XXX mit der Herstellung von Granit-Pflastersteinen beschäftigt. Die durch Sprengen oder Spalten im Steinbruch gewonnenen Blöcke werden an bis zu 6 Spaltplätzen mit handgeführten, druckluftbetriebenen Bohrhämmern mit Keillöchern versehen, gespalten und anschließend an 6 dazugehörigen Zwickerplätzen mit stationären Steinspaltmaschinen zu den gewünschten Endformaten bearbeitet.

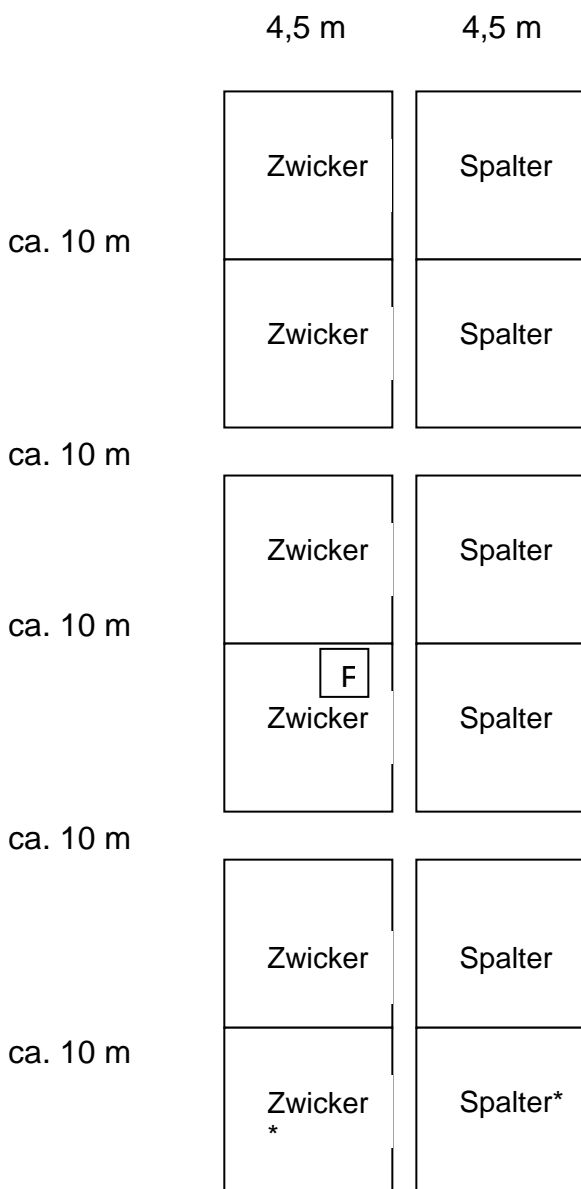


Bild 1: Lage der Arbeitsbereiche (Aufsicht)

Die Arbeitsbereiche sind in einseitig offenen Holzhütten auf jeweils etwa 4,5 m x 5 m Grundfläche angeordnet.

Die Spaltplätze befinden sich ca. 2 m oberhalb der Zwickerplätze.

Die an den Spaltplätzen mittels Keillochbohrhammer vorgespaltene Steine werden manuell über Blechrutschen zu den Steinspaltmaschinen gefördert.

F = Standort der Filteranlage zur Entstaubung von 4 Steinspaltmaschinen

\* z.Zt. nicht mit Maschinen belegt.

## 5 Gefahrstoffe und Grenzwerte

Bei der Bearbeitung ist mit dem Auftreten folgender Gefahrstoffe zu rechnen:

- Alveolengängiger Staub (A-Staub),
- Einatembarer Staub (E-Staub)
- Quarz im A-Staub

Für *A-Staub* und *E-Staub* gelten Allgemeine Staubgrenzwerte, die die Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane in Folge einer allgemeinen Staubwirkung verhindern sollen und in jedem Fall in Ergänzung spezifischer Luftgrenzwerte einzuhalten sind.

Mit Ausgabe Januar 2006 der TRGS 900 wurde der Allgemeine Staubgrenzwert für die alveolengängige Fraktion auf  $3 \text{ mg/m}^3$  (A-Staub) herabgesetzt. Der Allgemeine Staubgrenzwert für die einatembare Fraktion beträgt  $10 \text{ mg/m}^3$  (E-Staub).

*Quarz* (einschließlich Cristobalit und Tridymit) ist beim Menschen als silikoseerzeugender Stoff bekannt. Tätigkeiten, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Quarz- oder Cristobalit-Stäuben ausgesetzt sind, sind ferner in TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3, Abs. 2. Nr. 3 GefStoffV“ genannt und werden in Richtlinie 2004/37/EG, Anhang I, als krebserzeugend bezeichnet.

Mit Inkrafttreten der Gefahrstoffverordnung ab 01.01.2005 können als Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) nur die bisherigen gesundheitsbasierten MAK-Werte der TRGS 900 herangezogen werden. Technisch begründete Grenzwerte (TRK-Werte sowie technische MAK-Werte), entsprechen nicht dieser Definition. Der bis 2004 gültige Grenzwert für Quarz gibt jedoch einen geeigneten Anhaltspunkt dafür, welche Expositionshöhen zum Zeitpunkt der Festlegung des Grenzwertes zu unterschreiten waren und somit heute mindestens erreicht werden sollten. Zur Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen wird deshalb der bis Ende 2004 gültige MAK-Wert von  $0,15 \text{ mg/m}^3$ , gemessen im alveolengängigen Staubanteil, zu Grunde gelegt.

Gefahrstoff	Grenzwert
A-Staub	$3 \text{ mg/m}^3$ Arbeitsplatzgrenzwert TRGS 900
E-Staub	$10 \text{ mg/m}^3$ Arbeitsplatzgrenzwert TRGS 900
Quarz im A-Staub	$0,15 \text{ mg/m}^3$ (ehemaliger MAK-Wert)

Die Grenzwerte sind als Schichtmittelwerte bei in der Regel 8-stündiger Exposition definiert.



IGF

Institut für Gefahrstoff-Forschung  
der Bergbau-Berufsgenossenschaft  
an der Ruhr-Universität Bochum

## 6 Auswertung vorliegender Messergebnisse

Von der StBG, Herrn Dr. Reimann, wurde ein „Bericht über die Messung von Gefahrstoffen in der Luft in Arbeitsbereichen“, Berichts-Nr. 05/021/065 vom 16.01.2006 zur Verfügung gestellt. Die darin dargestellten Messungen erfolgten im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Präventionsauftrages nach § 19 SGB VII.

Die für die Exposition relevanten personengetragen ermittelten Messergebnisse in den beiden Arbeitsbereichen „Steinspalten“ und „Keillochbohren“ werden nachfolgend zusammengefasst dargestellt:

Gefahrstoff	Arbeitsbereich	Messergebnis	Grenzwert	Index
A-Staub	102 Steinspalter 1	4,16 mg/m <sup>3</sup>	3 mg/m <sup>3</sup>	1,39
	202 Steinspalter 2	4,95 mg/m <sup>3</sup>		1,65
	302 Keillochbohrer	5,13 mg/m <sup>3</sup>		1,71
E-Staub	102 Steinspalter 1	12,8 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	1,28
	202 Steinspalter 2	14,6 mg/m <sup>3</sup>		1,46
	302 Keillochbohrer	9,19 mg/m <sup>3</sup>		0,92
Quarz	102 Steinspalter 1	0,80 mg/m <sup>3</sup>	0,15 mg/m <sup>3</sup>	5,33
	202 Steinspalter 2	0,96 mg/m <sup>3</sup>		6,40
	302 Keillochbohrer	1,10 mg/m <sup>3</sup>		7,33

Beim Keillochbohren waren die Grenzwerte für Quarz (Index 2,33) und E-Staub (Index 1,47) auch an der stationären Messtelle überschritten.

Aus den Ergebnissen lassen sich für die Bedingungen am Untersuchungstag folgende Erkenntnisse ableiten:

- Die Exposition der 3 Beschäftigten liegt durchschnittlich:
  - o 1,6-fach über dem Grenzwert für A-Staub
  - o 1,2-fach über dem Grenzwert für E-Staub und
  - o 6,4-fach über dem Grenzwert für Quarz
  
- Handlungsbedarf besteht in beiden Arbeitsbereichen (Steinspalten und Keillochbohren) mit gleicher Dringlichkeit.
  
- Der Quarzgehalt im A-Staub beträgt 19,2 und 19,4 Massen-% beim Steinspalten und 21,4 Massen % beim Keillochbohren. Für die weitere Betrachtung kann von einem durchschnittlichen Quarzgehalt von rund 20 % ausgegangen werden.
  
- Die Einhaltung des Grenzwertes für Quarz erfordert bei einem Gehalt von 20 Massen-% die Unterschreitung einer A-Staubkonzentration von 0,75 mg/m<sup>3</sup>.
  
- Als Zielwert für technische Maßnahmen kann somit eine A-Staubkonzentration von maximal 0,75 mg/m<sup>3</sup> festgelegt werden. Der Zielwert erfordert eine Reduzierung auf unter 1/6 der bisherigen A-Staubkonzentration (Minderung um rund 85 %).

## 7 Staub- und lufttechnische Untersuchungen

Am 17.07.2007 wurden die Arbeitsvorgänge und die vorhandenen Schutzmaßnahmen erfasst mit dem Ziel, aus den verschiedenen Staubentstehungsvorgängen gegebenenfalls Ansätze für Minderungsmaßnahmen ableiten zu können.

Die Beobachtungen wurden ergänzt durch orientierende Momentanwert-Staubmessungen mit dem Streulichtphotometer TM µp digital der Fa. Hund, Wetzlar. Die angezeigte Streulichtintensität kann als Maß für die momentane Konzentration an alveolengängigem Staub dienen.

Volumenstrom- oder Luftgeschwindigkeitsmessungen wurden mit dem thermischen Anemometer VelociCalc Plus der Fa. TSI, Aachen, durchgeführt.



## 7.1 Arbeitsbereich Keillochbohren und Spalten der Gesteinsblöcke



Bilder 2, 3: Keillochbohren im Arbeitsbereich Spalter

### 7.1.1 Staubentstehungsvorgänge

Beim Keillochbohren und Spalten der Blöcke sind für die Exposition der Beschäftigten die folgenden Staubquellen verantwortlich:

- Das Keillochbohren selbst ist die wesentliche Ursache. Im Atembereich der Beschäftigten wurden Streulichtintensitäten bis zu  $I = 9,5$  gemessen. Dieser Eindruck bestätigt die Ergebnisse des StBG-Berichtes vom 16.01.2006 mit Schichtmittelwerten von  $5,13 \text{ mg/m}^3$  (A-Staub) und  $9,19 \text{ mg/m}^3$  (E-Staub).
- Nach dem Bohren werden die Keillöcher unter Staubentwicklung durch kurzes Ausblasen mittels Druckluft gereinigt.
- Das Spalten der Blöcke führt an den Trennflächen zu einer kurzzeitigen Staubentwicklung.
- Sekundäre Staubquellen: Aufwirbelung von bereits abgelagerten Stäuben auf Boden, Kleidung, Maschinen und Werkstücken. Offener Staubaustrag der Staubsauger auf den Boden.

### 7.1.2 Vorhandene lufttechnische Einrichtungen

Die Keillochbohrhämmer werden direkt am Bohrmeißel mittels Gummistutzen  $\varnothing$  55 mm (Bild 4) von dezentralen Absauggeräten (Bild 6) über Schläuche DN 40 (Bild 5) abgesaugt.



Bild 4: Erfassungselement am Bohrmeißel



Bild 5: Saugschlauch DN 40 mit Wand-Schwenkarm

Als Absauggeräte sind stationäre Staubsauger der Fabrikate Fitzel, Alkoven, und Herding, Amberg, im Einsatz.

Das Fitzel-Gerät ist für die gleichzeitige Absaugung von 2 Bohrhämmern ausgelegt. Laut Typenschild werden  $4,2 \text{ m}^3/\text{min}$  ( $252 \text{ m}^3/\text{h}$ ) bei  $162 \text{ mbar}$  abgesaugt. Der aufgebaute Seitenkanalverdichter hat einen  $4 \text{ KW}$ - Antriebsmotor. Die Abreinigung des eingebauten Filterbeutels soll über ein handbetätigtes Rüttelgestänge erfolgen. Der Staubsaustrag erfolgt offen auf den Boden unterhalb des Staubsaugers.

Beim Herding -Staubsauger werden Volumenstrom und Unterdruck durch einen reinluftseitigen Drucklufterjektor erzeugt. Für das eingebaute Filterelement ist eine

Druckluftabreinigungseinrichtung vorgesehen, die sich jedoch mangels Druckluftanschluss außer Betrieb befindet. Der Staubaustrag erfolgt ebenfalls offen auf den Boden. Technische Daten über Volumenstrom und Unterdruck waren dem Gerät nicht zu entnehmen.



Bild 6: Stationärer Staubsauger, Fabrikat Herding, mit offenem Staubaustrag

### 7.1.3 Überprüfung und Bewertung der vorhandenen Absaugeinrichtungen

Das Konzept der direkten Stauberfassung mittels Gummistutzen unmittelbar an der Staubentstehungsstelle ist grundsätzlich richtig, weil sich im Idealfall die Staubquelle vollständig innerhalb der geschlossenen Erfassungseinrichtung befindet.

Dennoch ist der Stauberfassungsgrad der vorhandenen Einrichtungen augenscheinlich gering. Die lufttechnischen Messungen an den Absaugeinrichtungen ergaben folgende Werte:

Spalter 1 (Fitzel-Staubsauger):

- Ohne Gummistutzen am Schlauchende 32 m/s im Schlauch DN 40, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 145 m<sup>3</sup>/h;
- mit Gummistutzen Ø 55 an der Absaugöffnung noch 4,9 m/s, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 42 m<sup>3</sup>/h.

Spalter 2 (Herding-Staubsauger)

- Ohne Gummistutzen am Schlauchende 25 m/s im Schlauch DN 40, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 115 m<sup>3</sup>/h;
- mit Gummistutzen Ø 55 an der Absaugöffnung noch 2,5 m/s, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 21 m<sup>3</sup>/h.

### Spalter 3 (Fitzel- Staubsauger):

- Ohne Gummistutzen am Schlauchende 24 m/s im Schlauch DN 40, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 110 m<sup>3</sup>/h;
- mit Gummistutzen  $\varnothing$  55 an der Absaugöffnung noch 8,5 m/s, entsprechend einem abgesaugten Volumenstrom von 73 m<sup>3</sup>/h.

Fazit: Bedingt durch den hohen Druckverlust der Erfassungselemente geht die Absaugluftmenge von zwischen 110 und 145 m<sup>3</sup>/h auf effektiv 21 bis 73 m<sup>3</sup>/h zurück. Als Zielwert sollte eine Luftgeschwindigkeit von ca. 15 m/s im unverdeckten Absaugquerschnitt des Gummistutzens angestrebt werden, entsprechend einer effektiven Luftmenge von ca. 120 m<sup>3</sup>/h.

Die Leistung der vorhandenen Staubsauger ist somit für diese Aufgabestellung nicht ausreichend. Eine geeignete Staubsauganlage sollte über eine Gesamtdruckdifferenz von > 220 mbar bei 120 m<sup>3</sup>/h je Bohrerhammer verfügen.

Als weitere Mängel der vorhandenen Absauganlagen zeigten sich:

- hinsichtlich der Schlauchführung: unnötige Schlauchlängen (siehe Bild 5)
- hinsichtlich der Erfassungselemente: siehe Bild 7



Bild 7: nicht zur Meißellänge passende Gummistutzen

Und hinsichtlich der Staubsauger:

- die nicht mehr dem Stand der Technik entsprechende Rüttelabreinigung der Fitzel-Staubsauger,
- der fehlende Druckluftanschluss am Herding-Staubsauger,
- der offene Staubastrag als sekundäre Staubquelle an beiden Staubsaugern,
- die fehlende Differenzdruckanzeige bzw. Abreinigungsautomatik für konstanten Druckverlust an beiden Staubsaugertypen,
- der mangelhafte Wartungszustand bezüglich Abreinigung und Filterwechsel.

#### 7.1.4 Bewertung der übrigen Staubquellen im Arbeitsbereich

- Das Ausblasen der Keillöcher mittels Druckluft kann durch das impulsartige Freisetzen nicht unerheblich zur Staubexposition beitragen. Abhilfe: Reinigen der Löcher mit der vorhandenen Saugeinrichtung.
- Die kurzzeitige Staubentwicklung beim Auseinanderbrechen des Steines kann wegen der Freisetzung über die ganze Steinlänge nicht durch Punktabsaugung erfasst werden. Für eine möglichst vollständige Erfassung wäre eine halboffene Absaugkabine erforderlich. Der Beitrag dieses Staubanteils zur Gesamtexposition ist wegen der sehr kurzen Freisetzungszeit aber als eher gering einzuschätzen.
- Der Anteil sekundärer Staubquellen an der Exposition kann erheblich sein. Die Aufwirbelung von abgelagertem Staub auf Boden und Wänden kann u.a. reduziert werden durch:
  - Glatte, leicht zu reinigende Oberflächen an Wänden und Böden, Asphaltieren oder Betonieren des Arbeitsbereiches.
  - Die regelmäßige Reinigung des gesamten Arbeitsbereiches spätestens bei Schichtende durch Saugen bzw. nasses reinigen aller Oberflächen mit Wasser, ggf. Staubbindemitteln.
  - Die staubfreie Entsorgung der Filterstäube mit geschlossenen Staubsammelbehältern.

## 7.2 Arbeitsbereich Steinspaltmaschinen (Zwicker)



Bild 8: Arbeitsplatz Steinspaltmaschine, Fabrikate Pakon, Treutle

### 7.2.1 Staubentstehungsvorgänge

An den Spaltmaschinen sind für die Exposition der Beschäftigten die folgenden Staubquellen verantwortlich:

- Der mit hoher Energie eingeleitete Spaltvorgang an den Spaltmaschinen selbst. Im Atembereich der Beschäftigten wurden Streulichtintensitäten von  $I = 3$  bis  $9,5$  gemessen. Dieser Eindruck bestätigt die Ergebnisse des StBG-Berichtes vom 16.01.2006 mit Schichtmittelwerten von über  $4 \text{ mg/m}^3$  (A-Staub) und über  $12 \text{ mg/m}^3$  (E-Staub).
- Das Fördern der vom Spalter oberhalb vorgespaltene Blöcke auf der Blechrutsche mit ca. 2 m Höhenunterschied führt zu Staubentwicklung durch Abrieb (Streulichtintensität  $I < 1$ ).
- Das Abwerfen der fertig gespaltene Steine durch den Zwicker in den Container kann zu Staubentwicklung durch Bruch oder Abrieb führen ( $I < 1$ ).

### 7.2.2 Vorhandene lufttechnische Einrichtungen

Zur Stauberfassung sind die Steinspaltmaschinen beidseits des Werkzeuges mit Rechteck-Trichterhauben aus Gummi mit einem Absaugquerschnitt von  $250 \times 150 \text{ mm}$  ausgerüstet.

Die Absaugung und Entstaubung erfolgt derzeit über 2 verschiedene Entstaubungsgeräte:

Die Steinspaltmaschine der oberen Steinhauerhütte ist an ein Fitzel-Entstaubungsgerät mit einem Anschlussdurchmesser von 150 mm angeschlossen. Die Abreinigung des Filterbeutels erfolgt über ein handbetätigtes Rüttelgestänge. Leistungsdaten waren nicht zu entnehmen. Der Anschlussdurchmesser deutet auf eine Nennluftmenge von etwa 1200 m<sup>3</sup>/h hin.

Die übrigen Steinspaltmaschinen sind an ein Herding –Sinterlamellenfilter mit aufgebautem 11 KW-Radialventilator mit Schalldämmhaube und untergebautem 100 l - Staubsammelbehälter angeschlossen (Bild 9). Die Filteranlage trägt die Typenbezeichnung HSL 1500-10/18 SB, Bj. 1991. Die Abreinigung der 10 Sinterlamellen-Filterelemente (Filterfläche 76,4 m<sup>2</sup>) erfolgt mittels zeitgesteuerter Druckluftabreinigung. Die Nennluftmenge beträgt 6000 m<sup>3</sup>/h bei einer Gesamtdruckdifferenz von 400 daPa. Der Aufstellort (siehe Bild 1) innerhalb der Steinhauerhütte bedeutet eine Rückführung der Reinluft in den Arbeitsraum.



Bild 9: Herding-Sinterlamellenfilter  
HSL 1500-10/18

### 7.2.3 Überprüfung und Bewertung der vorhandenen Absaugeinrichtungen

Die Stauberfassung erfolgt mit offenen trichterförmigen Erfassungseinrichtungen, die so nah an die Staubentstehungsstelle herangeführt sein sollen, wie es die Maschine und der Arbeitsablauf zulassen.

Der Stauberfassungsgrad der vorhandenen Einrichtungen ist augenscheinlich gering.

Orientierende Messungen der Luftgeschwindigkeiten an 3 Maschinen ergaben Werte von ca. 1,5 m/s bis 2,2 m/s (Mittelwert zwischen linker und rechter Haube) an den

Absaugquerschnitten. Das entspricht Absaugluftmengen zwischen etwa 200 und 300 m<sup>3</sup>/h je Absaugtrichter, also etwa 400 bis 600 m<sup>3</sup>/h je Maschine.

Um mit einem derartigen offenen Absaugtrichter eine nahezu vollständige Erfassung zu erzielen, müsste unter Berücksichtigung der impulsartigen Freisetzung und der Querströmungen in den offenen Steinhauerschuppen im Bereich der Staubentstehung eine Geschwindigkeit  $w_x$  von mindestens 0,5 m/s erzielt werden. Der realisierbare Abstand  $x$  zur Spaltstelle beträgt dabei günstigstenfalls ca. 250 mm. Der Durchmesser  $d$  der Absaugschläuche kann 100 mm betragen.

Zur Berechnung des erforderlichen Absaugvolumenstromes kann eine empirische Gleichung nach Baturin, W.W. (siehe VDI 2262, Blatt 4), herangezogen werden.

Unter Bezug auf Bild 10 gilt nach:  $w_o = 16 \cdot w_x \left( \frac{x}{d} \right)^2$

Der Volumenstrom errechnet sich daraus zu  $\dot{V} = w_o \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

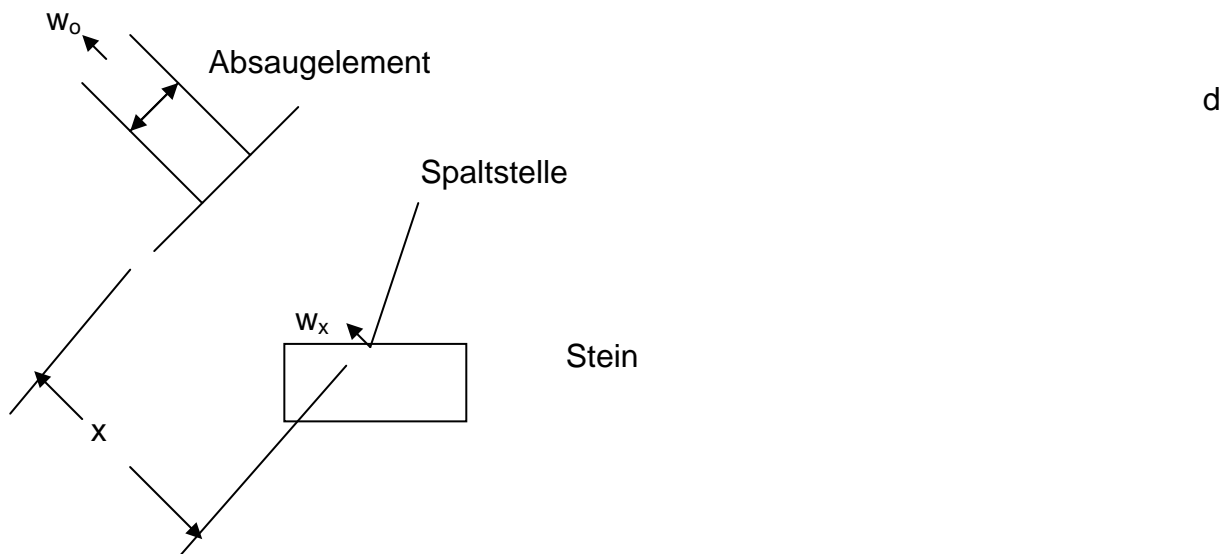


Bild 10: Berechnungsgrößen  $w_x$ ,  $x$ ,  $d$  und  $w_o$  zur Ermittlung des Absaugvolumenstromes bei offenen Erfassungselementen

Mit  $x = 250$  mm und  $w_x = 0,5$  m/s ergibt sich ein erforderlicher Volumenstrom von ca. 1400 m<sup>3</sup>/h, aufgeteilt auf 2 Absaugtrichter mit je 700 m<sup>3</sup>/h, entsprechend 25 m/s im Absaugschlauch DN 100. Der erforderliche Volumenstrom liegt somit um das 2- bis 3-fache über dem derzeit vorhandenen Volumenstrom.

Neben der zu geringen Absaugleistung tragen weitere Mängel zu der unzureichenden Stauberfassung bei, die nachfolgend dargestellt sind.



Bild 11: in zu großer Entfernung angebrachte Absaugtrichter.

(Bei einer Entfernung von z.B. 350 mm zur Spaltstelle wäre bereits ein Volumenstrom von 2700 m<sup>3</sup>/h nötig.)



Bild 12: Fehlende oder nicht platzierte Erfassungselemente

Bild 13: Defekte Absaugschläuche



Bild 14: Falsch dimensionierte Rohrdurchmesser



Das vorhandene Rohrleitungs- und Schlauchsystem ist offenbar nachträglich umgebaut und erweitert worden. Die Absaugschläuche an den Trichtern der Spaltmaschinen haben zum Teil  $\varnothing$  60 mm, zum Teil  $\varnothing$  80 mm.

Die Nennweiten-Abstufungen sind zum Teil ungeeignet. Die Folgen z.B. der in Bild 14 gezeigten Anordnung sind: Übergang von 2 Schläuchen mit je  $\varnothing$  60 mm in ein Rohr mit  $\varnothing$  150 mm bedeutet, dass die Luftgeschwindigkeit im Sammelrohr auf weniger als ein Drittel sinkt. Es wird zu einer erheblichen Staubsammlung in diesem Bereich kommen, die spätestens beim Abschalten der Anlage in die Schläuche zurückfällt und diese verstopfen kann.

Die Überprüfung der Herding-Entstaubungsanlage ergab folgende Werte:

Luftgeschwindigkeit in der Ausblasöffnung 990 x 330 mm: 3,3 m/s, entsprechend einem Volumenstrom von 3.880 m<sup>3</sup>/h. Die Nennluftmenge von 6000 m<sup>3</sup>/h wird somit nur zu 65 % erreicht. Ursache dafür kann ein erhöhter Filter-Differenzdruck sein. Dies kann jedoch nur vermutet werden, da das Filter über keine entsprechende Anzeige verfügt. Eine Messmöglichkeit in Form von Messstutzen ist ebenfalls nicht vorgesehen.

Seitens des Betriebes wird in Erwägung gezogen, ein weiteres Herding-Entstaubungsgerät einzusetzen, das sich derzeit in demontiertem Zustand befindet. Es handelt sich um die Type HSL 1500-8/18, Bj 1984, mit aufgebautem 7,5 KW-Radialventilator und einer Nennluftmenge von 4300 m<sup>3</sup>/h bei 400 daPa (Das Ventilator-Typenschild gibt als Nennluftmenge 3340 m<sup>3</sup>/h bei 480 daPa an).

#### **7.2.4 Bewertung der übrigen Staubquellen im Arbeitsbereich**

Die Staubentwicklung beim Rutschen der gespaltenen Blöcke mit ca. 2 m Höhenunterschied trägt einen kleinen Teil zur Gesamtexposition bei. Im Idealfall wäre die Rutsche mit einer Abdeckung zu versehen und abzusaugen.

Eine geringe Staubentwicklung ist auch beim Abwerfen der gespaltenen Steine in den Container zu erwarten. Um diese vollständig zu erfassen, wäre eine halboffene Absaugkabine erforderlich. Der Beitrag dieses Staubanteils zur Gesamtexposition wird aber als eher gering eingeschätzt.

Zur Vermeidung sekundärer Staubquellen siehe 7.1.4.

## 8. Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der Staubsituation

Auftragsgemäß sollen im Rahmen dieser Begutachtung Vorschläge zur Optimierung bestehender Schutzmaßnahmen bzw. zur Erreichung des „Standes der Technik“ mit Abschätzung der Erfolgsaussichten gemacht werden. Die dazu bereits gemachten Aussagen lassen sich wie folgt zusammenfassen und ergänzen:

1. Das aus dem bekannten Quarzgehalt im A-Staub abgeleitete Ziel einer sicheren Einhaltung von  $0,75 \text{ mg/m}^3$  A-Staub erfordert eine Reduzierung auf unter  $1/6$  der bisherigen A-Staub-Konzentrationen.
2. Eine so erhebliche Reduzierung lässt sich nicht durch eine einzelne Maßnahme, sondern nur im Zusammenspiel notwendiger technischer, organisatorischer und persönlicher Maßnahmen erreichen. Dies ist umso wichtiger, da an der Staubentstehung viele Faktoren ursächlich beteiligt sind.
3. Dazu wird auch auf die in der „Vereinbarung zur Reduzierung der Quarzstaubbelastung in den Betrieben der Bayerischen Naturwerkstein-Industrie“ beschriebenen Maßnahmen hingewiesen. Die dort unter 3.2 empfohlenen „Maßnahmen gegen Gefährdungen durch quarzhaltigen Staub“ (technische organisatorische und persönliche Maßnahmen) sind im untersuchten Betrieb zum großen Teil noch nicht umgesetzt.
4. Nachfolgend werden konkrete Maßnahmen vorgeschlagen, die die technische Voraussetzung zum Erreichen des Zielwertes bieten. Zusätzlich ist aber die Abstellung der aufgeführten technischen und organisatorischen Mängel zwingend erforderlich.

### 8.1. Vorschläge konkreter technischer Maßnahmen für das Keillochbohren

Unter Bezug auf die in Kapitel 7 beschriebenen Untersuchungsergebnisse wird die Umsetzung der folgenden Punkte 1-3 empfohlen:

1. Stauberfassung und Abscheidung nach dem Stand der Technik

Die Optimierung der vorhandenen Einrichtungen durch

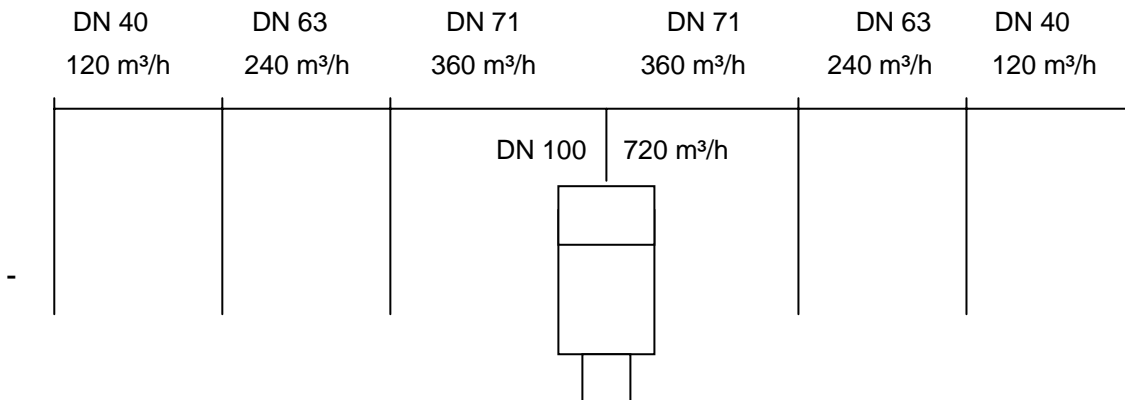
- zur Verfügung stellen einer ausreichenden Zahl passender Gummistutzen und
- komplette Reinigung und Überholung und Erneuerung der Filtermedien an den vorhandenen Staubsaugern

würde eine gewisse Verbesserung bringen. Da die grundsätzlichen Probleme des zu geringen Unterdrucks der Staubsauger, der ungeeigneten Rüttelabreinigung und des offenen Staubaustrag aber bleiben, wird die Minderung aber bei weitem nicht zum Erreichen des  $0,75 \text{ mg/m}^3$ -Zielwertes ausreichen.

Die Absaugung nach dem Stand der Technik erfordert eine Neuinvestition.

Vorgeschlagen wird eine Zentrale Staubabsauganlage mit effektiv 720 m<sup>3</sup>/h (6 x 120 m<sup>3</sup>/h) bei mindestens 220-250 mbar Unterdruck, mit vollautomatischer differenzdruckgeregelter Abreinigung, Differenzdruckanzeige und -Überwachung und geschlossenem Staubsammelbehälter.

Die Aufstellung sollte etwa mittig zwischen den Arbeitsbereichen erfolgen. Die Rohrleitungsabstufung bei mindestens 20 m/s:



Spalter 1 Spalter 2 Spalter 3 Vakuu-Absaugung Spalter 4 Spalter 5 Spalter 6  
720 m<sup>3</sup>/h bei > 220 mbar

Die Investition dürfte grob geschätzt in einer Größenordnung von ca. 15 T€ liegen.

Zusätzlich ist zwingend erforderlich:

2. Das Ausblasen der Keillöcher mittels Druckluft unterlassen. Reinigen der Löcher mit der vorhandenen Saugeinrichtung.
3. Die Aufwirbelung von abgelagertem Staub auf Boden, Maschinen und Wänden vermeiden durch regelmäßige Reinigung des gesamten Arbeitsbereiches spätestens bei Schichtende durch Saugen bzw. nasses Reinigen aller Oberflächen mit Wasser, ggf. Staubbindemitteln.

Der Vollständigkeit halber seien weitere alternative Möglichkeiten der Staubminderung genannt:

- Das Nassbohren mittels Spülkopf: Hierzu fehlen offenbar Angebote geeigneter Keillochbohrhämmer auf dem Markt. Es wären entsprechende Entwicklungen anzuregen.
- Die Einrichtung halboffener abgesaugter Arbeitskabinen, die in Verbindung mit der dann erforderliche Filteranlagengröße sicherlich eine Investition > 100 T€ erfordern würden.

## 8.2 Vorschläge konkreter technischer Maßnahmen für die Steinspaltmaschinen

Unter Bezug auf die in Kapitel 8 beschriebenen Untersuchungsergebnisse wird empfohlen:

### 1. Stauberfassung und -abscheidung nach dem Stand der Technik

Mit der überschlägigen Berechnung nach dem Geschwindigkeitsverfahren (siehe Seite 15) wird deutlich, dass die bisher eingesetzten offenen Trichterhauben eine Verdoppelung bis Verdreifachung des bisherigen Volumenstromes erfordern, um den  $0,75 \text{ mg/m}^3$ -Zielwert sicher erreichen zu können.

Zur Absaugung der 6 Spaltmaschinen wäre somit eine Entstaubungsanlage mit effektiv  $6 \times 1400 \text{ m}^3/\text{h} = 8400 \text{ m}^3/\text{h}$  erforderlich. Mit den 2 vorhandenen Herding-Entstaubungsgeräten könnte diese Leistung nach Reinigung, Überholung und Erneuerung der Filtermedien erreicht werden. Zusätzlich ist allerdings eine komplette Neudimensionierung des gesamten Rohrleitungssystems erforderlich.

Selbst diese Maßnahme setzt allerdings voraus, dass die Absaughauben dauerhaft und in einem Abstand von nicht mehr als 250 mm zur Spaltstelle befestigt bleiben. Die Bilder 11 und 12 zeigen aber, dass dies derzeit in der Praxis nicht gewährleistet ist.

Eine bessere Alternative zu den offenen Trichterhauben stellt die sogenannte „Birgeder-Haube“ dar.

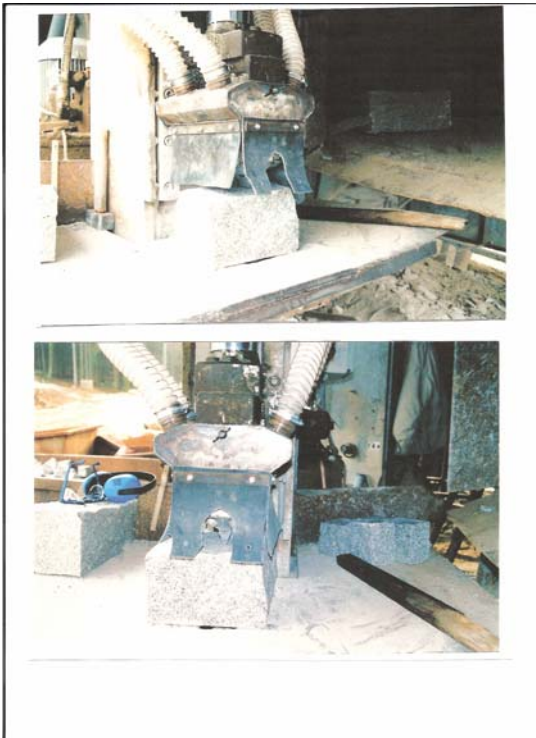


Bild 15: Birgeder-Haube

(Quelle: StBG, Praxisbeispiele zur Staubbekämpfung, 20.02.2006)

Das Spaltwerkzeug ist dicht umschlossen ist und die Offenflächen sind durch Gummiabhängungen minimiert.

Bei Einsatz von Birgeder-Hauben könnte der Volumenstrom auf etwa die Hälfte im Vergleich zur offenen Erfassung reduziert werden (ca. 700 m<sup>3</sup>/h je Maschine). Als Nachteil sind die verschleißfreudigen Gummiabhängungen, die zudem die Sicht auf die Spaltstelle verbergen, zu sehen.

Insofern stellt die Absaughaube der Fa. Woges Vertrieb & Dienstleistungen, Spiegelau, eine Weiterentwicklung der Birgeder-Haube dar. Durch Anwendung des Dralleffektes („Wirbelhaube“) sollen hier so hohe Geschwindigkeiten erzeugt werden, dass auf die Gummiabhängungen verzichtet werden kann (Bild 16).



Bild 16: Haube der Fa. Woges Vertrieb & Dienstleistungen mit Anschlusschläuchen.

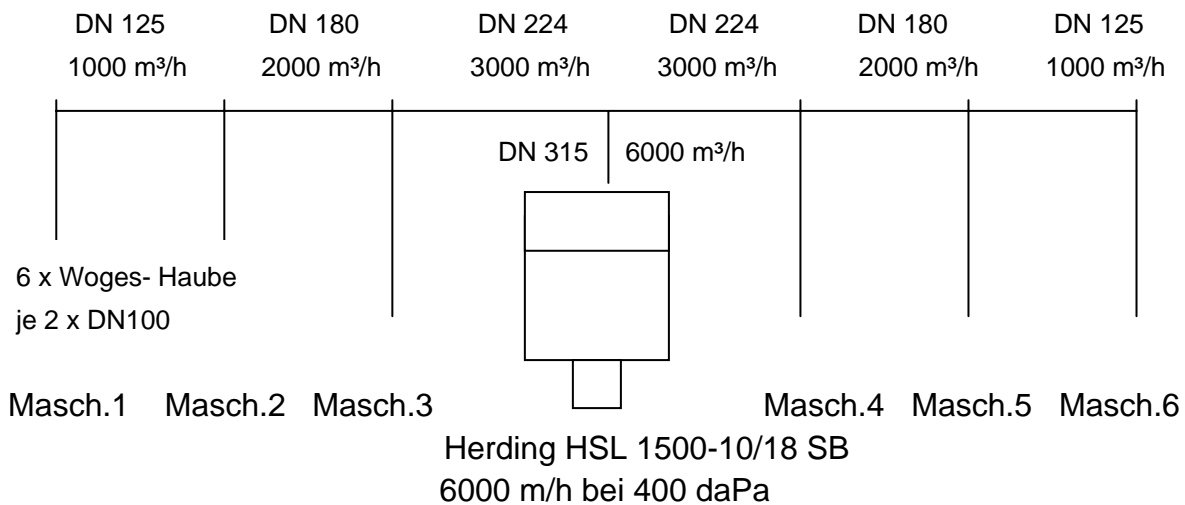
Für diese Haube liegt eine BG-Prüfbescheinigung, ausgestellt von der Prüf- und Zertifizierungsstelle des Fachausschusses Steine und Erden/Glas am 18.12.2006, vor. Darin wird bescheinigt, dass die Haube beim Einsatz an Steinspaltmaschinen zum Erfassen mineralischer Stäube den Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen in der Bundesrepublik Deutschland entspricht.

Dem Prüfzeugnis ist allerdings nicht zu entnehmen, unter welchen Randbedingungen (Maschinenleistung, Quarzgehalt, Volumenstrom, Unterdruck, Störströmungen) die Einhaltung geltender Staubgrenzwerte zu erwarten ist. Auf Nachfrage teilte die Prüfstelle mit, dass eine Messung an einer mit der Woges-Haube ausgerüsteten Spaltmaschine durchgeführt worden sei, bei der personenbezogen eine A-Staub-Konzentration von < 0,46 mg/m<sup>3</sup> und stationär je 500 mm links und rechts von der Spaltstelle 0,55 bzw. 0,87 mg/m<sup>3</sup> gemessen wurden. Die Messungen seien in einer gereinigten Maschinenhalle an einem Granitstein mit einem auf 700 m<sup>3</sup>/h gedrosselten Volumenstrom eines 2100 m<sup>3</sup>/h -Herding-Entstaubungsgerätes durchgeführt worden.

Die Übertragbarkeit dieser Messergebnisse auf die realen Verhältnisse im Untersuchungsbetrieb ist sorgfältig zu prüfen. Zur Beurteilung, ob der  $0,75 \text{ mg/m}^3$ -Zielwert erreicht werden kann, ist zu berücksichtigen, dass in der Praxis der Einfluss der übrigen Staubquellen hinzukommt. Ferner ist gegenüber der Messung in einer Halle mit erheblich höheren, die Erfassung beeinträchtigenden Querströmungen zu rechnen. Der Volumenstrom sollte nach Auffassung des Unterzeichners schon deshalb nicht wesentlich unter  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  gewählt werden. Ferner deutet die Konstruktion mit 4 Anschlussrohren  $\varnothing 48 \text{ mm}$  darauf hin, dass mit einem relativ hohen Druckverlust der Haube gerechnet werden muss (Geschwindigkeit im Rohr ca.  $27 \text{ m/s}$  bei  $700 \text{ m}^3/\text{h}$ , ca.  $38 \text{ m/s}$  bei  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ), der bei der Auslegung der Entstaubungsanlage zu berücksichtigen wäre.

Ein messtechnisch begleiteter Einsatz der Woges-Hauben im Untersuchungsbetrieb würde Aussagen über die Praxiseignung dieser Hauben ermöglichen. Dazu wäre bei Einsatz des vorhandenen  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$ -Entstaubungsgerätes die Einstellung der von der Prüfstelle angegebenen  $700 \text{ m}^3/\text{h}$  bis zu den hier empfohlenen  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  je Maschine möglich.

Zur Sicherstellung einer im gesamten Rohrleitungssystem konstanten Luftgeschwindigkeit ist eine komplette Neudimensionierung des Systems erforderlich. Für konstant  $20 \text{ m/s}$  bei  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  je Maschine ergibt sich die folgende Nennweitenabstufung:



Die beiden Standardschläuche der Woges-Haube sind somit jeweils an DN 125 anzuschließen. Bei der oben gezeigten Auslegung kann auf Drosselklappen, die sich ohnehin im Betrieb zusetzen und dann nicht mehr gängig sind, verzichtet werden.

Neben einem komplett neuen Rohrleitungssystem ist die Reinigung, Überholung und Erneuerung der Filtermedien an dem Entstaubungsgerät erforderlich. Ferner sollte für einen konstanten Volumenstrom das Entstaubungsgerät herstellerseitig auf eine differenzdruckgeregelte Abreinigung (mit Anzeige des Differenzdruckes) umgebaut werden.

Reinluftseitig ist eine Abführung der Reinluft über Dach ins Freie vorzusehen (keine Rückführung in den Arbeitsraum).

Die erforderliche Investition für Hauben, Rohrleitungen und Überholung der Filteranlage wird grob geschätzt in einer Größenordnung von ca. 25 T€ liegen.

Zusätzlich ist auch hier die Vermeidung sekundärer Staubquellen erforderlich. Die Aufwirbelung von abgelagertem Staub auf Böden, Maschinen und Wänden muss durch regelmäßige Reinigung des gesamten Arbeitsbereiches spätestens bei Schichtende durch Saugen bzw. nasses Reinigen aller Oberflächen mit Wasser, ggf. Staubbindemitteln, verhindert werden.

### **8.3 Erfolgsaussichten und Erfolgskontrolle**

Bei Umsetzung der in 8.1 und 8.2 beschriebenen anlagentechnischen Maßnahmen und konsequenter Einhaltung der unter 7.1 und 7.2 genannten Maßnahmen zur Vermeidung sekundärer Staubquellen ist eine erhebliche Reduzierung der Staubexposition der Beschäftigten in Richtung des  $0,75 \text{ mg/m}^3$ -Zielwertes für A-Staub zu erwarten.

Die Frage, ob eine dauerhaft sichere Einhaltung des Zielwertes auf diese Weise gewährleistet ist, kann allerdings (u.a. auf Grund der fehlenden praktischen Einsatzerfahrung mit dem Woges-Hauben-System) nicht sicher beantwortet werden. Im Sinne der allgemein präventiven Zielrichtung des StBG-Projektes könnte aber der vorgeschlagene Praxisversuch wertvolle Erkenntnisse auch für andere vergleichbare Betriebe liefern.

Nach erfolgter Umrüstung sollte das Ausmaß der erzielten Verbesserung in beiden Arbeitsbereichen durch personenbezogene Messungen überprüft werden.

(Dipl.-Ing. K. Möcklinghoff)

(Dr.-Ing. U. Beckmann)

(Dr.rer.nat.D. Dahmann)

