

Danksagung

Die vorliegenden Ergebnisse sind nur durch das Zusammenwirken zahlreicher Partner aus Betrieben und Institutionen möglich geworden, die erhebliche Zeit, finanzielle Mittel und Anstrengungen in die Untersuchung eingebracht haben. Wir danken daher insbesondere

- dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojektes,
- den im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. zusammengeschlossenen Herstellern für die kostenfreie Bereitstellung ihrer Bearbeitungssysteme und die stets offene und konstruktive Zusammenarbeit,
- dem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz - BGIA für die Aufbereitung und Analyse der Proben sowie die hervorragende praktische und fachliche Begleitung der Arbeiten,
- den am Projekt beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe (BGMG), insbesondere den Mitarbeitern des Zentralreferates Messtechnik, -verfahren, -strategie der BG BAU für die Durchführung der Arbeiten in Feuchtwangen, die oftmals weit über die reine Probenahme hinausging,
- den Kolleginnen und Kollegen von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) sowie der Steinbruch-Berufsgenossenschaft (StBG) für die konstruktive und angenehme Zusammenarbeit,
- der Bayerischen BauAkademie für die hervorragende technische Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen in Feuchtwangen.

Unser Dank geht darüber hinaus an alle Mitglieder des Arbeitskreises „Förderung staubarmer Maschinen und Geräte“, ohne deren kontinuierliche, überaus angenehme Zusammenarbeit die vorliegende Untersuchung nicht möglich gewesen wäre.

Die Autoren

Abschlussbericht
zum Forschungsprojekt

**Bewertung des Staubemissionsverhaltens
handgeführter Maschinen und Geräte für die
Bearbeitung mineralischer Werkstoffe**

Das Forschungsprojekt wurde aus Mitteln des Forschungsfonds des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. finanziell gefördert.

Förderkennzeichen: 617.0-FF 241

Verfasser: Dipl.-Geogr. Norbert Kluger
 Dipl.-Ing. Josef Kraus
 Dipl.- Ing. Rosemarie Woelke-Klopsch
 Dr. Uwe Musanke
 Dieter Höber

- März 2006 -
www.gisbau.de

Kurzfassung

In vielen Branchen werden handgeführte Maschinen und Geräte eingesetzt, um mineralische Werkstoffe wie Beton- oder Kalksandstein zu bearbeiten. Diese Tätigkeiten können mit der Freisetzung von mineralischem Staub verbunden sein. Die Beschäftigten sind teilweise hohen Staubbelastungen ausgesetzt.

Allerdings gibt es am Markt längst Bearbeitungssysteme (Maschine und Mobilentstauber), die die Staubemission vermindern. Doch deren tatsächliche Wirksamkeit ist in der Praxis bisher wenig bekannt; verlässliche Informationen sind also dringend erforderlich.

Um die Frage zu klären, wie wirksam die heute am Markt erhältlichen Bearbeitungssysteme hinsichtlich der Stauberfassung sind, wurde ein vom HVBG gefördertes gemeinsames praxisorientiertes Forschungsprojekt (ZVEI und Berufsgenossenschaften) durchgeführt. Untersucht wurden rund 100 am Markt verfügbare Bearbeitungssysteme.

Alle Bearbeitungssysteme wurden unterschiedlichen „Maschinenkategorien“ wie Trennschleifer, Mauernutfräsen, Exzentrerschleifer oder Putzfräsen zugeordnet und innerhalb der Gruppe nach den gleichen Kriterien untersucht. In einem speziell hergerichteten Prüfraum wurden die einzelnen Bearbeitungssysteme unter praxisnahen Bedingungen untersucht.

Die Untersuchungen im Prüfraum haben gezeigt, dass bei vielen Maschinenkategorien deutlich niedrigere Staubemissionen in der Praxis erreichbar sind, als sie derzeit beobachtet werden. In keinem Fall wurden bei den abgestimmten Systemen auch nur annähernd so hohe Konzentrationen ermittelt, wie sie bei Arbeitsplatzmessungen auf Baustellen mit nicht abgestimmten oder nicht abgesaugten Systemen beobachtet wurden.

Als Ergebnis des Forschungsprojektes liegen nun Informationen zu den untersuchten Bearbeitungssystemen als Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung vor und sind frei zugänglich im Internet veröffentlicht (www.gisbau.de).

Abstract

In many sectors of the industry hand-operated machinery and equipment is used for working on mineral materials such as concrete or lime sandstone. These activities may involve the release of mineral dusts. Employees are sometimes exposed to high levels of dust.

However, processing systems (machine and mobile dust collector) that reduce the emissions of dusts have been on the market for a long time. Nevertheless, their real effectiveness is not yet fully recognised in practice; authoritative information is urgently required.

To clarify the question as to how effective the processing systems currently available on the market are in collecting dust, a joint, practice-orientated research project supported by the HVBG was implemented (ZVEI and Berufsgenossenschaften). Around 100 commercially available processing systems were investigated.

All the systems were assigned to different "machine categories", such as abrasive cutters, masonry slot cutters, eccentric grinders or plaster milling machines. Within each group the same criteria were used for investigating each system. The processing systems were tested under practical conditions in a specially arranged test room.

Investigations in the test room showed that, for many machine categories, significantly lower dust emissions are achievable in practice than are currently observed. There were no instances of concentrations from matched systems even approaching the high levels observed from workplace measurements on sites using non-matched or non-extracted systems.

As a result of the research project, information on the processing systems that were investigated is now available as an aid to risk assessment. This information is freely available on the Internet (www.gisbau.de).

Résumé

Dans de nombreuses branches, on utilise des machines et appareils électroportatifs pour usiner des matériaux minéraux comme le grès artificiel ou silico-calcaire. Ces opérations peuvent dégager des poussières minérales. Les employés sont en partie exposés à de fortes émissions.

Alors que le marché propose depuis longtemps des systèmes d'usinage (dispositifs de dépoussiérage de machines et dépoussiéreurs mobiles) réduisant l'émission de poussières, l'efficacité réelle de ces équipements dans la pratique reste peu connue. Aussi est-il urgent d'obtenir des informations fiables à ce sujet.

Pour déterminer le degré d'efficacité en matière d'absorption de poussières des systèmes d'usinage commercialisés aujourd'hui, un projet de recherche axé sur la pratique et patronné par la confédération allemande des caisses de prévoyance contre les accidents (HVBG) a été mené en commun (fédération allemande de l'industrie électrotechnique et électronique (ZVEI) et caisses de prévoyance contre les accidents). Cette étude a porté sur environ 100 systèmes disponibles sur le marché.

Les systèmes ont été classés dans diverses catégories de machines, comme par exemple les tronçonneuses, fraises à entailler les murs, ponceuses excentriques ou fraiseuses de crépis, et examinés à l'appui de critères identiques au sein d'un groupe. A l'intérieur d'une chambre d'essai spéciale, les équipements d'usinage ont été testés dans des conditions d'utilisation proches de la pratique.

Les essais accomplis dans cette chambre ont montré qu'il est possible d'atteindre dans la pratique des niveaux d'émission de poussières nettement inférieurs à ceux observés aujourd'hui et ce, pour de nombreuses catégories de machines. Dans aucun cas, le matériel ajusté n'a fait apparaître des concentrations du même ordre de grandeur, ni même approximativement aussi fortes, que celles relevées lors de mesures sur des chantiers où l'on utilise des systèmes non adaptés ou sans aspiration.

Des informations sur les systèmes d'usinage étudiés dans le cadre du projet de recherche sont à présent disponibles comme aide à l'évaluation des risques et peuvent être consultées librement sur le site Internet www.gisbau.de

Abstracto

En muchos campos de la industria se emplean máquinas y aparatos guiados manualmente para procesar materiales minerales como ladrillos de hormigón o ladrillos silicocalcáreos. Estas actividades se pueden asociar con la emisión de polvo mineral. Los empleados están expuestos en parte a la polución del polvo.

De todas formas en el mercado hay desde hace tiempo sistemas de procesamiento (máquinas y despolvoreadores móviles) que reducen la emisión de polvo. Pero su eficiencia real en la práctica ha sido poco conocida hasta ahora; por tanto se necesitan informaciones seguras urgentemente.

Para aclarar lo eficientes que son los sistemas de procesamiento que se pueden obtener hoy día en el mercado en cuanto al registro de polvo, se llevó a cabo un proyecto conjunto de investigación orientado a la práctica promovido por HVBG (ZVEI y asociaciones profesionales con responsabilidad sobre seguridad industrial). Se examinaron alrededor de 100 sistemas de procesamiento disponibles en el mercado.

A todos los sistemas de procesamiento les fueron asignadas distintas "categorías de máquina" como tronadora a muela, fresadora de canaleta en muro, amoladora excéntrica o amoladora de limpieza, y fueron examinados dentro del grupo según los mismos criterios. En una sala de pruebas acondicionada especialmente se examinó cada sistema de procesamiento bajo condiciones cercanas a la práctica.

Las investigaciones en la sala de pruebas mostraron que en muchas categorías de máquinas se pueden alcanzar en la práctica emisiones de polvo claramente inferiores a las que se observaban entonces. En ningún caso se determinaron tan altas concentraciones en los sistemas ajustados, ni siquiera aproximadamente, como en las mediciones realizadas en los lugares de trabajo en obras con sistemas no ajustados o no aspirados.

Como resultado del proyecto de investigación ahora se tienen informaciones sobre los sistemas de procesamiento como ayudas para estimar el peligro y están publicadas con acceso libre en internet (www.gisbau.de).

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Kurzfassung	4
Abstract	5
Résumé	6
Abstracto	7
Abkürzung und Bezeichnungen	11
1 EINLEITUNG	13
2 PROBLEMATIK – ZIELE.....	13
3 RECHTLICHE SITUATION.....	14
3.1 Mineralischer Staub.....	14
3.2 A-Staub und E-Staub	14
3.3 Quarzfeinstaub.....	14
3.4 Gefahrstoffverordnung.....	15
3.5 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung	15
3.6 BGR 217 – Mineralischer Staub	16
4 VORGEHENSWEISE UND PROJEKTIDEE.....	16
4.1 Stand der Erkenntnisse vor Projektbeginn.....	16
4.2 Projektidee	16
4.3 Vorversuch zur Machbarkeit.....	17
5. DURCHFÜHRUNG	17
5.1 Untersuchungsmethodik.....	17
5.2 Prüfstands Aufbau	17
5.3 Prüfraum.....	18
5.4 Probenahmegeräte	21
5.4.1 Personengetragene Probenahme.....	22
5.4.2 Stationäre Probenahme.....	24
5.4.3 Begleitung der Messungen durch PIMEX-Aufzeichnungen	25
5.4.4 Nachweisgrenzen	28
5.5. Messunsicherheit der Systeme	28

5.6	Expositionsdauer Versuch und Praxis	28
5.7	Prüfkriterien.....	29
5.8	Handlungsanleitungen	29
5.9	Inventarisierungen der Bearbeitungssysteme sowie des Zubehörs	29
5.10	Bestimmung der erfassten bzw. zerspannten Masse	30
6	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN.....	31
6.0	Allgemeines zur Darstellung und Bewertung der Messwerte	31
6.1	Mauernutfräsen	32
6.1.1	Prüfkriterien	32
6.1.2	Durchführung	35
6.1.3	Messdatenauswertung und Bewertung Mauernutfräsen	36
6.1.4	Zusätzliche Untersuchungen	47
6.1.5	Schlussfolgerungen	49
6.2	Betonschleifer	49
6.2.1	Prüfkriterien	50
6.2.2	Durchführung	51
6.2.3	Messdatenauswertung und Bewertung Betonschleifer	51
6.2.4	Zusätzliche Untersuchungen	57
6.2.5	Schlussfolgerungen	58
6.3	Diamanttrennschleifer	59
6.3.1	Prüfkriterien	59
6.3.2	Durchführung	61
6.3.3	Messdatenauswertung und Bewertung Diamanttrennschleifer	62
6.3.4	Zusätzliche Untersuchungen	68
6.3.5	Schlussfolgerungen	71
6.4	Putzfräsen	72
6.4.1	Prüfkriterien	72
6.4.2	Durchführung	73
6.4.3	Messdatenauswertung und Bewertung für Putzfräsen	73
6.4.4	Zusätzliche Untersuchungen	79
6.4.5	Schlussfolgerungen	80
6.5	Schwing- und Exzentrerschleifer	81
6.5.1	Prüfkriterien	81
6.5.2	Durchführung	82
6.5.3	Messdatenauswertung und Bewertung Schwing- und Exzentrerschleifer	83
6.5.4	Zusätzliche Untersuchungen bei Schwing- und Exzentrerschleifern	94
6.5.5	Schlussfolgerungen	95
6.6	Sonstige am Bau verwendete Geräte	96
6.6.1	Betonfräsen und Stockgeräte	96
6.6.2	Bohrhammer und Diamantbohrmaschine (Trockenverfahren).....	97

7	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	101
7.1	Gesamtbewertung aller untersuchten Kategorien	101
7.1.1	Streubreite der einzelnen Messwerte	101
7.1.2	Unterschiede personengetragene und stationäre Probenahme	103
7.1.3	Unterschiede rechter und linker Probenträger	103
7.2	Praxismessungen auf Baustellen.....	104
7.3	Einflussfaktoren auf die Staubemission	106
7.3.1	Erfassungselement (Art und Größe der Absaughaube etc.).....	108
7.3.2	Mobilentstauber	109
7.3.3	PIMEX-Aufzeichnungen (Observationen).....	110
7.4	Vergleich der verschiedenen Gerätekategorien.....	113
8	SCHLUSSFOLGERUNG (DISKUSSION UND AUSBLICK)	117
9.	LITERATUR.....	119
	Anhang.....	120
<input type="checkbox"/>	Tabelle A 1: Zusammenstellung aller Messwerte.....	121
<input type="checkbox"/>	Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung Typ I und II am Beispiel der Mauernutfräsen....	126
<input type="checkbox"/>	Abbildungen 7.1.2 - 1 bis 7.1.2 - 3 zu den Unterschieden zwischen personengetragener und stationärer Probenahme	128
<input type="checkbox"/>	Abbildungen 7.4 - 5 bis 7.4 - 7 zu den Streubreiten der Messwerte.....	131
	Abbildungsverzeichnis.....	133
	Tabellenverzeichnis	135

Abkürzung und Bezeichnungen

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
b	m	Breite
C	mg m ⁻³	Konzentration
E	-	Emissionsrate
h	m	Höhe
l	m	Länge
s	m	Weg
η _E	-	Erfassungsgrad
σ	%	Standardabweichung

Indizes

E	Emission, emittiert
E	eingestellt
ER	erfasst
ges	gesamt
max	maximal
min	minimal
mind	mindestens
mittl	mittlerer
rel	relativ
zus	zusammen

Abkürzungen, Definitionen

Abb.	Abbildung
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
A-Staub	alveolengängige Staubfraktion
Bearbeitungssystem	Kombination aus handgeführtem Bearbeitungsgerät und Mobilentstauber
Bestimmungsgrenze	Minimale Konzentration, bei der ein Stoff mit dem gegebenen Verfahren analytisch noch bestimmt werden kann (quantitative Analyse), s.a. NWG
BG BAU	Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
BGFE	Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
BGIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz
BGMG	Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe –

BGR	Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
E-Staub	einatembare Staubfraktion
evtl.	eventuell
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
gem.	gemäß
ggf.	gegebenenfalls
GISBAU	Gefahrstoff-Informationssystem der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
i.d.R.	in der Regel
i.S.	im Sinne
max.	maximal
min.	Minute
mind.	mindestens
mittl.	mittlerer
Nachweisgrenze	Minimale Konzentration, bei der ein Stoff mit dem gegebenen Verfahren analytisch noch nachgewiesen werden kann (qualitative Analyse)
NWG	Nachweisgrenze, umgangssprachlich hier auch als Abkürzung für Bestimmungsgrenze verwendet
PSA	persönliche Schutzausrüstung
Std.	Stunde
Tab.	Tabelle
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe
u.a.	unter anderem
u.ä.	und ähnliches
u.U.	unter Umständen
usw.	und so weiter
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
z.Z.	zur Zeit
zeitgewichteter Mittelwert	Messwerte unter Gewichtung der Probenahmedauer arithmetisch gemittelt
zus.	zusammen
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

1 Einleitung

Der Einsatz von motorisch betriebenen handgeführten Maschinen und Geräten für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe ist in vielen Bereichen und Branchen von großer Bedeutung. Staubemissionen sind bei diesen Tätigkeiten ein unerwünschter, aber nicht zu vermeidender Nebeneffekt.

Der Einsatz dieser Bearbeitungssysteme bei Beschäftigten verschiedener Branchen kann zu Belastungen der Atemwege durch die freigesetzten Stäube führen. Im besonderen Maße ist hiervon traditionell die Bauwirtschaft mit ihrer breiten Verwendung mineralischer Baustoffe betroffen.

Bei der Staubbefreiung wird zwischen Staub bildenden Vorgängen (z.B. Erzeugen von Schleifstaub) und Staub aufwirbelnden Vorgängen (z.B. Aufwirbelung von Liegestaub) unterschieden. Beide Formen der Staubbefreiung sind von Bedeutung und hängen (unter dem Gesichtspunkt dieser Untersuchung) eng miteinander zusammen. Jeder Staub, der beim Bearbeiten erzeugt und nicht unmittelbar an der Entstehungsstelle erfasst wird, kann als aufgewirbelter Liegestaub zur Belastung der Beschäftigten führen. Selbst dann, wenn keine stauberzeugende Tätigkeit durchgeführt wird.

Eine wirksame Stauberfassung reduziert daher die Belastung der Beschäftigten in zweifacher Weise; zum einen direkt als Emissionsminderung bei der Bearbeitung der Werkstoffe und zum anderen durch die Verhinderung/Reduzierung der Aufwirbelung von Liegestäuben, die als Grundbelastung in den meisten Fällen auf Baustellen vorhanden sind.

2 Problematik – Ziele

Im Zuge der Festsetzung des "Allgemeinen Staubgrenzwertes" und in der Diskussion um die Bewertung von Quarzfeinstaub hat sich bei Staubmessungen (Felduntersuchungen) bestätigt, dass handgeführte Bearbeitungsmaschinen für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe in der Praxis oftmals nicht als Komplettsystem (d.h. ohne die herstellerseitig angebotenen zugehörigen Stauberfassungselemente und Mobilentstauber) betrieben werden. Hierdurch sind Beschäftigte teilweise hohen Staubbelastungen ausgesetzt.

Das Problem ist seit Jahren bekannt, ohne dass in der Praxis eine wesentliche Verbesserung erreicht worden ist. Ursächlich ist nicht die fehlende Bereitschaft der Hersteller, die bereits Anstrengungen auf diesem Gebiet unternommen haben. Die bereits am Markt verfügbaren Systeme wurden in der Praxis nur begrenzt genutzt, da die Gesundheitsgefährdung durch den Staub unterschätzt wurde und das Bewusstsein bei den Benutzern nicht vorhanden ist.

Bis Ende 2004 fehlten in Deutschland verbindliche rechtliche Zielvorgaben für den Anwender von Geräten hinsichtlich der Stauberfassung. Zum 01. Januar 2005 ist in Deutschland eine neue Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) in Kraft getreten [1]. Neben der auch nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchutzG) geforderten obligatorischen Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, sind im Anhang III Nr. 2 "Partikelförmige Gefahrstoffe" die Anforderungen bei Tätigkeiten mit Exposition gegenüber Stäuben konkretisiert worden.

Dies bedeutet, dass der Arbeitgeber vor der Verwendung handgeführter Bearbeitungssysteme für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe eine Gefährdungsbeurteilung erstellen muss. Daneben dürfen nach Anhang III Nr. 2 der GefStoffV nur solche Maschinen und Geräte betrieben werden, die über eine wirksame Absaugung verfügen soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist.

Um im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung adäquate und wirksame Schutzmaßnahmen festlegen zu können, benötigt der Unternehmer - als Zieladressat der Verordnung - zum

einen zunächst Informationen über die Höhe der Exposition am Arbeitsplatz. Diese Informationen sind in der Regel in den Betrieben aber nicht vorhanden.

Zum anderen existierten bislang kaum veröffentlichte Untersuchungen zur Wirksamkeit der Staubabsaugung marktüblicher handgeführter Systeme für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe. Auch fehlte bislang eine systematische Übersicht zur Staubemission handgeführter Bearbeitungssysteme, die aufzeigt, was nach dem aktuellen Stand der Technik gegenwärtig an Emissionen zu erwarten ist.

Mit der vorliegenden Untersuchung wird die Grundlage zu einer Verbesserung dieser Situation geschaffen:

- Auf der Basis der ermittelten Daten lassen sich wesentliche Informationen zur erwarteten Exposition für die von den Arbeitgebern in den Betrieben durchzuführende Gefährdungsbeurteilung erarbeiten.
- Gleichzeitig dokumentiert die Zusammenstellung der Ergebnisse die Höhe der derzeit erreichbaren Staubemissionen bei einer Auswahl marktüblicher handgeführter Bearbeitungssysteme

3 Rechtliche Situation

3.1 Mineralischer Staub

Mineralischer Staub ist Staub oder Mischstaub, der bei Tätigkeiten mit natürlich vorkommenden Mineralien und Gesteinen oder bei Tätigkeiten mit Stoffen, Zubereitungen oder Erzeugnissen aus diesen entsteht. Mineralischer Staub wird bei der Bearbeitung von mineralischen Werkstoffen freigesetzt und liegt dann in der Regel als Mischung verschiedener Körngrößen vor. Enthält das Ausgangsmaterial kristallines Siliciumdioxid, kann bei der Bearbeitung auch alveolengängiger Quarzfeinstaub entstehen.

3.2 A-Staub und E-Staub

Staub ist eine disperse Verteilung fester Stoffe in der Luft, entstanden durch mechanische Prozesse oder durch Aufwirbelung. Unterschieden wird die alveolengängige (A-Fraktion, A-Staub, früher: Feinstaub) und die einatembare (E-Fraktion; E-Staub; früher: Gesamtstaub) Staubfraktion. **Einatembare** ist derjenige Anteil von Stäuben im Atembereich, der über die Atemwege aufgenommen werden kann. **Alveolengängig** ist der Anteil, der die Alveolen und Bronchiolen erreichen kann.

Für Staub, der keine krebserzeugende, fibrogene, allergisierende oder toxische Wirkung aufweist, gilt der Allgemeine Staubgrenzwert von 3 mg/m³ für den A-Staub und 10 mg/m³ für den E-Staub (Überschreitungsfaktor 2 gemäß TRGS 900: Stand 01/2006 [2]).

3.3 Quarzfeinstaub

Quarzfeinstaub ist die alveolengängige Staubfraktion des kristallinen Siliciumdioxids. Als Grenzwert für die Luft an Arbeitsplätzen galt lange Zeit ein Jahresmittelwert von 0,15 mg/m³. Im Juli 2005 wurde in der TRGS 906 "Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren" eine Neubewertung von Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Quarzfeinstäuben ausgesetzt sind, als krebserzeugend Kategorie 1 vorgenommen [3]. Als Konsequenz hieraus wurde im Zusammenhang mit der neuen Gefahrstoffverordnung 2005 der Grenzwert zurückgezogen.

3.4 Gefahrstoffverordnung

Am 1. Januar 2005 ist die neue Gefahrstoffverordnung mit wesentlichen Änderungen für die Praxis in Kraft getreten. Neben den allgemeinen Vorschriften für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen enthält die Verordnung im Anhang III Nr. 2 "Partikelförmige Gefahrstoffe" besondere Vorschriften für Tätigkeiten mit Exposition gegenüber allen einatembaren Stäuben.

Diese ergänzenden Schutzmaßnahmen stellen eine Verschärfung der bisherigen Anforderungen bei Tätigkeiten mit Stäuben dar und haben erhebliche Auswirkungen auf die betriebliche Praxis. Gerade bei der Bearbeitung mineralischer Werkstoffe gelten Anforderungen, die das Regelwerk so bislang nicht kannte.

Nach der Gefahrstoffverordnung, Anhang III, Nr. 2.3 sind alle Maschinen und Geräte so auszuwählen und zu betreiben, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Staubermittelnde Anlagen, Maschinen und Geräte müssen mit einer wirksamen Absaugung versehen sein, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist, und die Staubfreisetzung nicht durch andere Maßnahmen verhindert wird.

Diese und weitere Verpflichtungen sind ohne den Einsatz von wirksam abgesaugten Bearbeitungssystemen kaum zu realisieren. Daher verlangt die Verordnung darüber hinaus, dass Einrichtungen zum Abscheiden oder Erfassen von Stäuben bei der erstmaligen Inbetriebnahme den Nachweis einer ausreichenden Wirksamkeit erbringen müssen.

Es existieren keine konkretisierenden Vorgaben seitens des Ordnungsgebers über die Ausgestaltung dieser Nachweise oder gar konkrete Prüfanforderungen. Somit konnten für den Einsatz von Bearbeitungssystemen für die Bearbeitung von mineralischen Werkstoffen derartige Nachweise bislang nicht erbracht werden.

An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt an und versucht unter anderem, exemplarisch für ausgewählte Bearbeitungssysteme derartige Nachweise zu erbringen.

3.5 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung

Bei der Bearbeitung von mineralischen Werkstoffen ist davon auszugehen, dass gesundheitsgefährdender mineralischer Staub in der Luft am Arbeitsplatz der Beschäftigten auftreten wird. Hierdurch führen die Beschäftigten Tätigkeiten im Sinne der GefStoffV, § 7 Abs. 1 durch.

Der Arbeitgeber hat alle Gefährdungen für die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung festzustellen.

Im Rahmen dieser Gefährdungsbeurteilung für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe mit Bearbeitungssystemen hat der Arbeitgeber die Gefährdung durch Stäube unter folgenden Gesichtspunkten zu beurteilen:

- die gefährlichen Eigenschaften der freigesetzten Gefahrstoffe (A-Staub, E-Staub und ggf. Quarz-Staub)
- insbesondere das Ausmaß, Art und Dauer der Exposition,
- Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge incl. Liegestaub,
- Arbeitsplatzgrenzwerte sowie
- die Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen

Der Arbeitgeber darf die Tätigkeit (d.h. die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe) erst aufnehmen lassen, nachdem eine Gefährdungsbeurteilung vorgenommen und die erforderlichen Schutzmaßnahmen getroffen wurden.

Vor der Aufnahme dieser Tätigkeiten mit mineralischen Baustoffen ist zu prüfen, ob durch Änderung des Arbeitsverfahrens oder durch den Einsatz emissionsarmer Bearbeitungssysteme das Auftreten von Staub verhindert oder vermindert werden kann.

Bearbeitungssysteme sind daher für den vorgesehenen Anwendungsfall so auszuwählen und entsprechend den Herstellerhinweisen zu betreiben, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird. Dies erfordert im Vorfeld eine Beurteilung des Staubemissionsverhaltens der eingesetzten Bearbeitungssysteme und deren sorgfältiger Handhabung während des Betriebes. Es dürfen nur Bearbeitungssysteme betrieben werden, die mit einer wirksamen Absaugung versehen sind.

3.6 BGR 217 – Mineralischer Staub

Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BG-Regeln) richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm eine Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und/oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

In der Reihe der BG-Regeln findet die BGR 217 (zurzeit in Überarbeitung) Anwendung auf Tätigkeiten mit Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, wenn hierbei mineralischer Staub auftreten kann. Die BGR 217 erläutert und konkretisiert Bestimmungen der Gefahrstoffverordnung hinsichtlich Tätigkeiten mit mineralischem Staub.

4 Vorgehensweise und Projektidee

4.1 Stand der Erkenntnisse vor Projektbeginn

Es existieren am Markt Bearbeitungssysteme, die eine Verbesserung der Staubemissionen erwarten lassen. Eine systematische staubtechnische Untersuchung von Bearbeitungssystemen unter Standardbedingungen, die als Ist-Analyse das Staubemissionsverhalten der am Markt verfügbaren Bearbeitungssysteme wiedergibt, fehlt allerdings zum gegenwärtigen Zeitpunkt.

Methodische Ansätze für eine solche Untersuchung sind aber durchaus vorhanden. So wurden im Auftrag der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA) Untersuchungen zur Staubemission beim Einsatz von Mauernutfräsen (BIA-Projekt 3061) durchgeführt [4]. Die Prüfstandsuntersuchungen wurden an acht ausgewählten Mauernutfräsen vorgenommen. Im Rahmen dieses Projektes konnte gezeigt werden, dass Unterschiede im Emissionsverhalten der untersuchten Maschinen prinzipiell darstellbar sind.

Im Rahmen dieses BIA-Projektes 3061 wurde nicht untersucht, inwiefern sich die durchgeführten Prüfstandsmessungen auf eine praxisgerechte Beurteilung von Maschinen übertragen lassen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass im Rahmen der Untersuchungen Naturstein (Granit, Sandstein etc.) als Werkstoff nicht eingesetzt wurde. Es können daher - aufgrund der unterschiedlichen Quarzgehalte dieser Materialien - keine Aussagen zur Übertragung der Ergebnisse auf die Bearbeitung von Natursteinen getroffen werden.

4.2 Projektidee

Es war anzustreben, die am Markt befindlichen Bearbeitungssysteme unter praxisnahen Bedingungen in einem Prüfraum zu untersuchen. Die eingesetzten mineralischen Baustof-

fe sollten dabei den üblicherweise in der Praxis verwendeten Materialien entsprechen. Die Maschinen sollten in der vom Hersteller vorgesehenen bestimmungsgemäßen Art und Weise betrieben werden und von Fachkräften, die Erfahrungen im Umgang mit diesen Maschinen besitzen, geführt werden. Alle Bearbeitungssysteme wurden sogenannten "Maschinenkategorien" (u. a. Trennschleifer, Mauernutfräsen, Trockenbauschleifer) zugeordnet und innerhalb dieser nach den gleichen Kriterien staubtechnisch untersucht.

4.3 Vorversuch zur Machbarkeit

Um die grundsätzliche Machbarkeit einer Bewertung des Staubemissionsverhaltens von Bearbeitungssystemen zu prüfen, haben die am Vorhaben beteiligten Berufsgenossenschaften gemeinsam mit einigen Maschinenherstellern im September 2003 Vorversuche durchgeführt.

Im Praxiszentrum der ehemaligen Bau-Berufsgenossenschaft Bayern und Sachsen in Nürnberg sind in der Zeit vom 08.-12.09.2003 orientierende Versuche mit ausgewählten Maschinen (Mauernutfräse, Diamanttrennschleifer, Bohrhammer) durchgeführt worden. Es konnte gezeigt werden, dass die geplante Methodik durchführbar ist und eine Beurteilung des Staubemissionsverhaltens der Maschinen erlaubt.

5. Durchführung

5.1 Untersuchungsmethodik

Von Herstellern zur Verfügung gestellte Bearbeitungssysteme werden unter Praxisbedingungen in einem Prüfraum unter bestimmungsgemäßer Verwendung eingesetzt. Dabei wird gleichzeitig indirekt die Staubemission als Staubkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz erfasst. Es werden 3 Messungen zur statistischen Absicherung des Ergebnisses durchgeführt.

Als Prüfraum dient ein speziell hergerichteter Raum in der Bayerischen BauAkademie in Feuchtwangen. Für das Betreiben der Maschinen/Geräte werden Arbeitskräfte nach Möglichkeit aus dem Umfeld des Einsatzgebietes der jeweiligen Maschinen (d.h. Elektriker für die Prüfung von Mauernutfräsen) eingesetzt.

Die Probenahmen (Messung und Datenerhebung) werden von Messtechnikern des Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe - BGMG durchgeführt [5]. Diese sind mit den speziellen Gegebenheiten und Rahmenbedingungen der Untersuchungen eingehend vertraut gemacht worden, um Fehler oder ungleiche Randbedingungen bei den Probenahmen auszuschließen. Das Verfahren zur Staubprobenahme erfolgt nach dem vom BGIA festgelegten Standardverfahren.

Die Analysen der Proben erfolgen durch das BGIA. Die Probenanalyse und -auswertung wird hierbei ebenfalls nach den Standardmethoden im BGIA durchgeführt. Die Auswertung und Beurteilung der einzelnen Messungen erfolgt auf der Grundlage des BGIA-Analysenberichtes.

5.2 Prüfstandsaufbau

Wesentliche Grundlage der staubtechnischen Untersuchungen ist, dass alle Untersuchungen unter vergleichbaren Bedingungen durchgeführt werden. Um reproduzierbare Ergebnisse für einen Maschinen- bzw. Systemvergleich zu erreichen, kommt nur die Untersuchung auf einem Prüfstand bzw. in einem Prüfraum in Betracht. Äußere Einflüsse wie Luftwechselraten, Raumgrößen oder wechselnde Materialzusammensetzung lassen sich bei Arbeitsplatzmessungen meist nicht hinreichend eliminieren.

Dennoch sollte erreicht werden, den praktischen Einsatzbedingungen der Bearbeitungssysteme möglichst nahe zu kommen. Deshalb wurde in der Bayerischen BauAkademie in Feuchtwangen ein spezieller Prüfraum hergerichtet und für alle Untersuchungen genutzt. In diesem Prüfraum wurden die verschiedenen Bearbeitungssysteme an Materialien unter Arbeitsbedingungen, die auch in der Praxis anzutreffen sind, untersucht.

5.3 Prüfraum

Zur Einrichtung des Prüfraumes ist eine bestehende Halle (Werkhalle 17; ehemalige Waschhalle; Länge/Breite/Höhe: 14 m/6,7 m/4,3 m) zunächst durch eine Trennwand in den eigentlichen Prüfraum und einen Vorraum (Aufnahme der Messtechnik / Lager) unterteilt worden.

Als Zugang zum Prüfraum (Länge/Breite/Höhe: 6,9 m/6,7 m/4,3 m) dient eine zwei-flügelige Tür (Hörmann MZ-Tür D45-2; 2250x2250 mm). Zwei beidseitig neben der Tür eingebaute Fenster (650x750 mm) ermöglichen den Sichtkontakt zwischen Prüfraum und Vorraum. Bestehende Heizungsrohre wurden verlegt oder verkleidet, um die Fläche möglicher Staubablagerungen zu reduzieren und eine rasche Reinigung des Raumes zu gewährleisten.



Abb. 5.3 - 1 Werkhalle 17 vor dem Umbau zum Prüfraum



Abb. 5.3 - 2 Werkhalle 17 vor dem Umbau

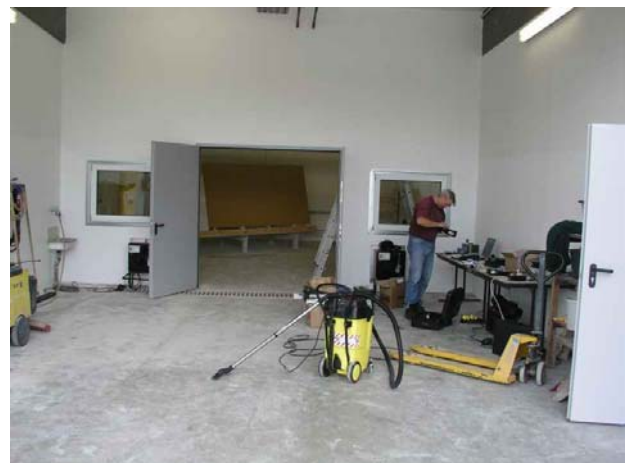


Abb. 5.3 - 3 Werkhalle 17 nach dem Umbau zum Vorraum mit Prüfraum im Hintergrund

Materialauflagefläche

Die zu bearbeitenden typischen Baustoffe (Kalksandsteinformelemente, Betonplatten, Trockenbauplatten etc.) wurden entweder vertikal (A-Bock) oder horizontal (Bock-Gerüst) aufgelegt.

Zur Aufnahme der Baustoffe bei vertikaler Bearbeitung (z.B. Mauernutfräsen; Schleifen von Trockenbauplatten) diente ein A-Bock (Schrägbock) in den Massen (H= 2000 mm; L= 4000 mm; B= 1000 mm) hergestellt (Hersteller: Max Bögl. Stahl – und Anlagenbau GmbH & Co).



Abb. 5.3 - 4 A-Bock zur Materialauflage im Prüfraum

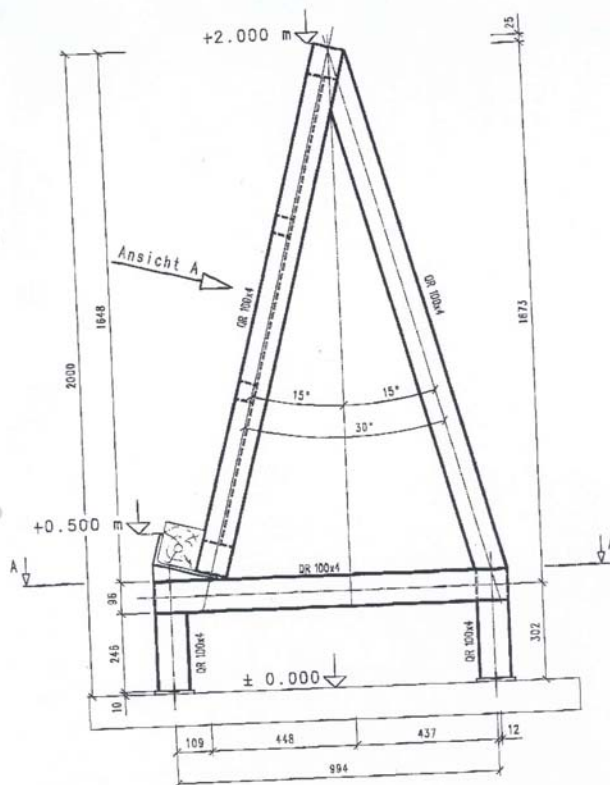


Abb. 5.3 - 5 Skizze des A-Bocks

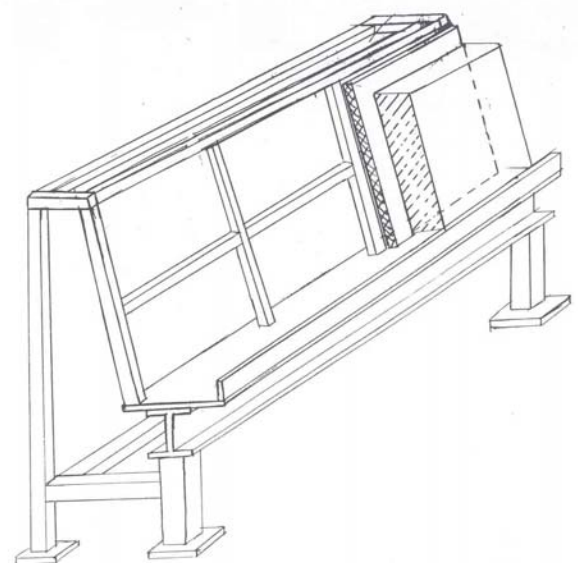


Abb. 5.3 - 6 Skizze des A-Bocks

Für die Auf- und Ablage der teilweise bis zu 75 kg schweren Formelemente wurde ein Säulenschwenkkran TYP GEWA-TYP US mit Kettenlift im Prüfraum installiert.

Für die vertikale Bearbeitung der Baustoffe (z.B. Schneiden von Betonplatten) war ein Bockgerüst in ergonomischer Arbeitshöhe (900 mm) im Raum erforderlich.



Abb. 5.3 - 7 Bockgerüst zur Bearbeitung der Werkstoffe

Raumlüftung

Während der Staubemissionsmessungen waren Fenster und Türen des Prüfraumes grundsätzlich geschlossen sowie die Luftreiniger ausgeschaltet. Eine freie Lüftung durch Fenster und Türen war während der Versuche nicht möglich.

Aus Vorsorgegründen trug der Maschinenführer während der Versuche konsequent Atemschutz, obwohl dies - im Nachgang betrachtet - in vielen Fällen nicht notwendig gewesen wäre.

Nach jedem Versuch erfolgte eine intensive Belüftung des Raumes. Hierzu sind neben den bereits bestehenden Fenstern im oberen Bereich der Halle zwei weitere Fenster eingebaut worden. Durch den seitlichen Einbau von zwei Hochleistungsraumlüftern TYP ERMATOR A 100 konnte bei geschlossener Tür eine rasche Reinigung der Raumluft bis auf die Hintergrundkonzentration erreicht werden. Die bei geöffnetem Fenster und geschlossener Tür angesaugte Raumluft wurde mittels Abluftschläuche (d=160 mm) ins Freie geleitet.



Abb. 5.3 - 8 Einer der beiden Hochleistungsraumlüfter

Zur Bestimmung der Hintergrundkonzentration der Raumluft, d. h. der Laufzeit der Raumlüfter, diente ein Streulichtmessgerät (TM digital, der Fa. Hund). Die Lüfter wurden abgeschaltet, sobald das Streulichtmessgerät den Wert der üblichen Hintergrundkonzentration / Außenluft anzeigte (Anzeigewert ca. 0,01-0,02 Einheiten).



Abb. 5.3 - 9 TM-Digital auf Stativ



Abb. 5.3 - 10 TM-Digital

Die vom TM digital gelieferten Daten wurden als Konzentrationsverlauf während des gesamten Versuches zusätzlich mittels Linienschreiber (Philips PM 8110 x-t-Rekorder; Schreibgeschwindigkeit 0,5 cm pro Minute) auf Schreiberpapier-Faltstreifen aufgezeichnet. Um die Grundkonzentration im Raum zu messen, wurde das TM digital in einer Ecke des Prüfraumes, entfernt von der Arbeitsstelle auf einem Stativ positioniert.



Abb. 5.3 - 11 Philips PM 8118 Linienschreiber

5.4 Probenahmegeräte

Während der Tätigkeiten mit den unterschiedlichen Bearbeitungsmaschinen wurde im Prüfraum die Konzentration der einatembaren (E-Staub) und der alveolengängigen (A-Staub) Fraktion bestimmt. In der auf dem Filter erfassten alveolengängigen Staubfraktion wurde zusätzlich die Quarzstaubkonzentration bestimmt.

Die Messungen erfolgten dabei sowohl personengetragen als auch stationär. Die Position der stationären Probenahmeinrichtung wurde im Raum markiert und bei den Maschinen einer Kategorie eingehalten. Die Entfernung zur Arbeitsstelle betrug etwa 150 cm.

Einen Überblick über die angewandten Probenahme- und Analyseverfahren des BGIA liefert Tabelle 5.4 - 1.

Tabelle 5.4 - 1 Kennzahlen der Probenahme- und Analysenverfahren des BGIA aus der BGIA-Arbeitsmappe [6]

	Probenahmesystem	Probenträgerart	Analysenkennzahl
personengetragen			
E-Staub	235	305	7284
A-Staub Quarzstaub	234	210	6068 8522
Respicon: E- A- Quarzstaub	796	280	7284 6068 8522
stationär			
E-Staub	228	214	7284
A-Staub Quarzstaub	227	214	6068 8522

5.4.1 Personengetragene Probenahme

A-Staub und Quarz (Siliciumdioxid kristallin)

Die alveolengängige Fraktion wurde an der Person mit dem Probenahmesystem PAS-Pumpe, FSP-10 erfasst.

Durch das Probenahmesystem FSP-10 wird über einen Vorabscheider (Zyklon) ein definierter Luftvolumenstrom von 10 l/min angesaugt. Die alveolengängige Staubfraktion wird dabei auf einem Cellulosenitrat-Membranfilter (Pw 8 µm; 37 mm) abgeschieden.

Die Masse des Staubes wird durch Differenzwägung ermittelt (Auflösung der Waage 0,3 mg). Die Analyse der Proben erfolgt im BGIA durch Wägung.

Der Massenanteil an Quarzstaub wird im BGIA in der alveolengängigen Fraktion mittels Infrarotspektroskopie und Röntgenbeugung bestimmt.

E-Staub

Die einatembare Fraktion wurde an der Person mit dem Probenahmesystem PAS-Pumpe, GSP-10 erfasst.

Durch das Probenahmesystem GSP-10 wird ein definierter Luftvolumenstrom von 10 l/min angesaugt. Die einatembare Staubfraktion wird dabei auf einen Glasfaserfilter (GF), Binderfrei (BF), 37 mm abgeschieden und durch Differenzwägung ermittelt. Für die Wägung von Glasfaserfiltern mit einem Durchmesser von 37 mm ist eine Reproduzierbarkeit von 0,3 mg erforderlich. Die Analyse der Proben erfolgte im BGIA durch Wägung.

RESPICON TM – Staubsammel- und -messgerät

Das Staubsammelgerät RESPICON TM erlaubt die Sammlung der alveolengängigen (A-Staub), thorakalen (nicht berücksichtigt) und einatembaren Fraktion (E-Staub) und zugleich die direkte Anzeige dieser größenfraktionierten Konzentration der jeweiligen Fraktion.

Das dem Messgerät zugrunde liegende Verfahren ist eine Kombination aus Inertialklassierung und Aufkonzentrierung grober Partikel durch virtuelle Impaktion, Filtersammlung und

Streulichtphotometrie. Mittels eine zweistufigen, virtuellen Impaktors wird eine aerodynamische Auftrennung des angesaugten Staubes in drei Größenfraktionen erreicht. Im RESPICON TM sind zwei Trenn- und Anreicherungsstufen hintereinandergeschaltet. Die zugehörigen Staubfraktionen werden auf Filtern abgeschieden und zur Auswertung durch Wägung an das BGIA übersandt.



Abb. 5.4.1 - 1 RESPICON und sein dreistufiges Staubsammelsystem

Zugleich erfassen drei identische Streulichtphotometer dabei den jeweils zugehörigen zeitlichen Verlauf der Konzentration. Dies kann mittels Datenlogger aufgezeichnet oder auch direkt (z.B. mittels PIMEX-System) sichtbar gemacht werden.

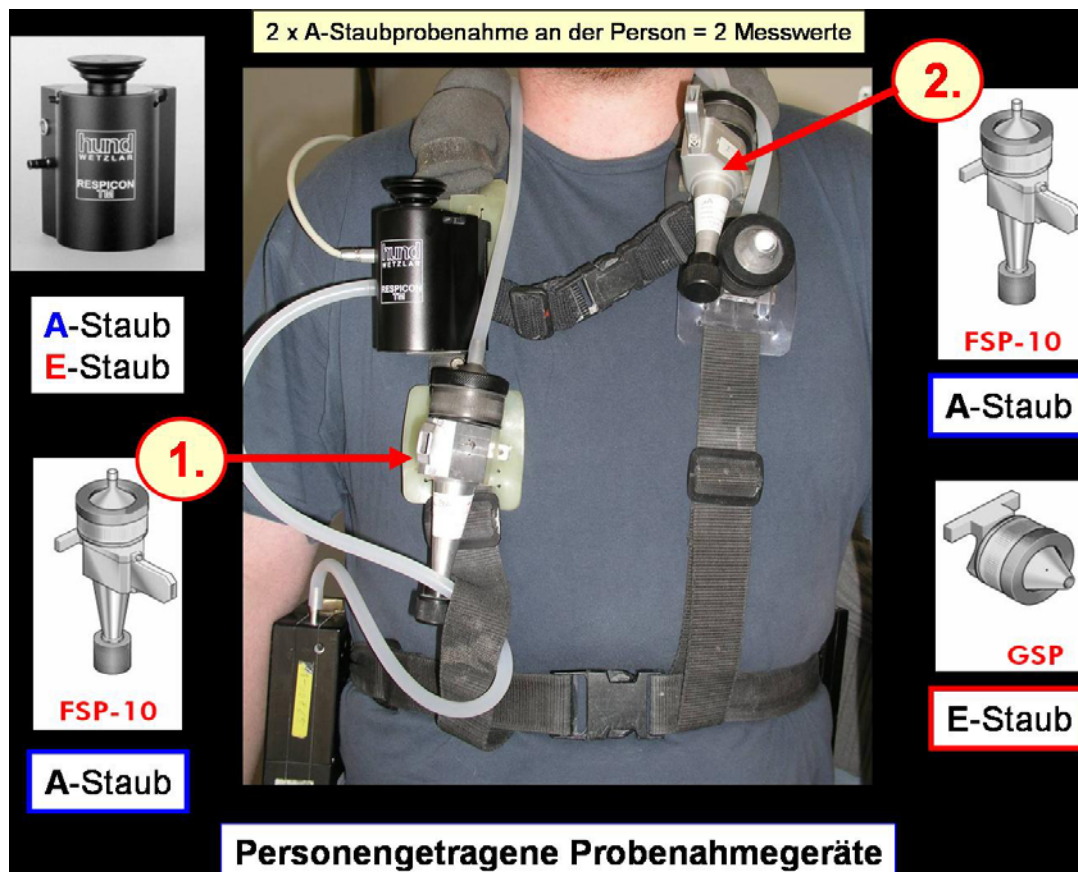


Abb. 5.4.1 - 2 GSP und 2x FSP-10 sowie RESPICON an der Person

5.4.2 Stationäre Probenahme

A-Staub und Quarz (Siliciumdioxid kristallin)

Die alveolengängige Fraktion wurde stationär im Raum mit dem Probenahmesystem Gravikon PM 4 F erfasst.

Mittels des Probenahmesystem PM 4 F wird über einen Vorabscheider (Zyklon) ein definiertes Luftvolumen von 4 m³/h angesaugt und die alveolengängige Staubfraktion über einem Cellulosenitrat-Membranfilter (Pw 8 µm; 70 mm) abgeschieden.

Die Masse des Staubes wird durch Differenzwägung ermittelt (Reproduzierbarkeit der Waage 0,6 mg). Die Analyse der Proben erfolgt im BGIA durch Wägung.

Der Massenanteil an alveolengängigem Quarz wird im BGIA in der alveolengängigen Fraktion mittels Infrarotspektroskopie und Röntgenbeugung bestimmt.

E-Staub

Die einatembare Fraktion wurde stationär im Raum mit dem Probenahmesystem Gravikon PM 4 G erfasst.

Mittels des Probenahmesystem PM 4 G wird ein definiertes Luftvolumen von 4 m³/h angesaugt und die einatembare Staubfraktion auf einem Cellulosenitrat-Membranfilter (Pw 8 µm; 70 mm) abgeschieden. Die Masse des Staubes wird durch Differenzwägung ermittelt.

Für die Wägung von Glasfaserfiltern mit einem Durchmesser von 70 mm ist eine Reproduzierbarkeit von 0,6 mg erforderlich. Die Analyse der Proben erfolgte im BGIA durch Wägung.



Abb. 5.4.2 - 1 Stationäre Probenahme - Gravikon PM 4 G sowie Gravikon PM 4 F

5.4.3 Begleitung der Messungen durch PIMEX-Aufzeichnungen

Einsatz des PIMEX-Systems

Neben der "klassischen" Staubprobenahme gemäß BGIA-Verfahren kam auch das PIMEX-System zum Einsatz. PIMEX ist eine Methode um Belastungen am Arbeitsplatz sichtbar zu machen. Ein Arbeitsablauf wird mit einer Videokamera gefilmt, gleichzeitig können über direktanzeigende Messgeräte physikalische Größen, medizinische Daten und Messwerte (z.B. Staub, Aufnahmeleistung, Geräuschpegel, Herzfrequenz, Raumtemperatur etc.) erfasst werden. Durch die Möglichkeit, Expositionsverläufe direkt mit der Tätigkeit des Beschäftigten in Verbindung zu bringen, lassen sich Zusammenhänge zwischen dem Arbeitsablauf, den Belastungen und z.B. Spitzenkonzentrationen erkennen.

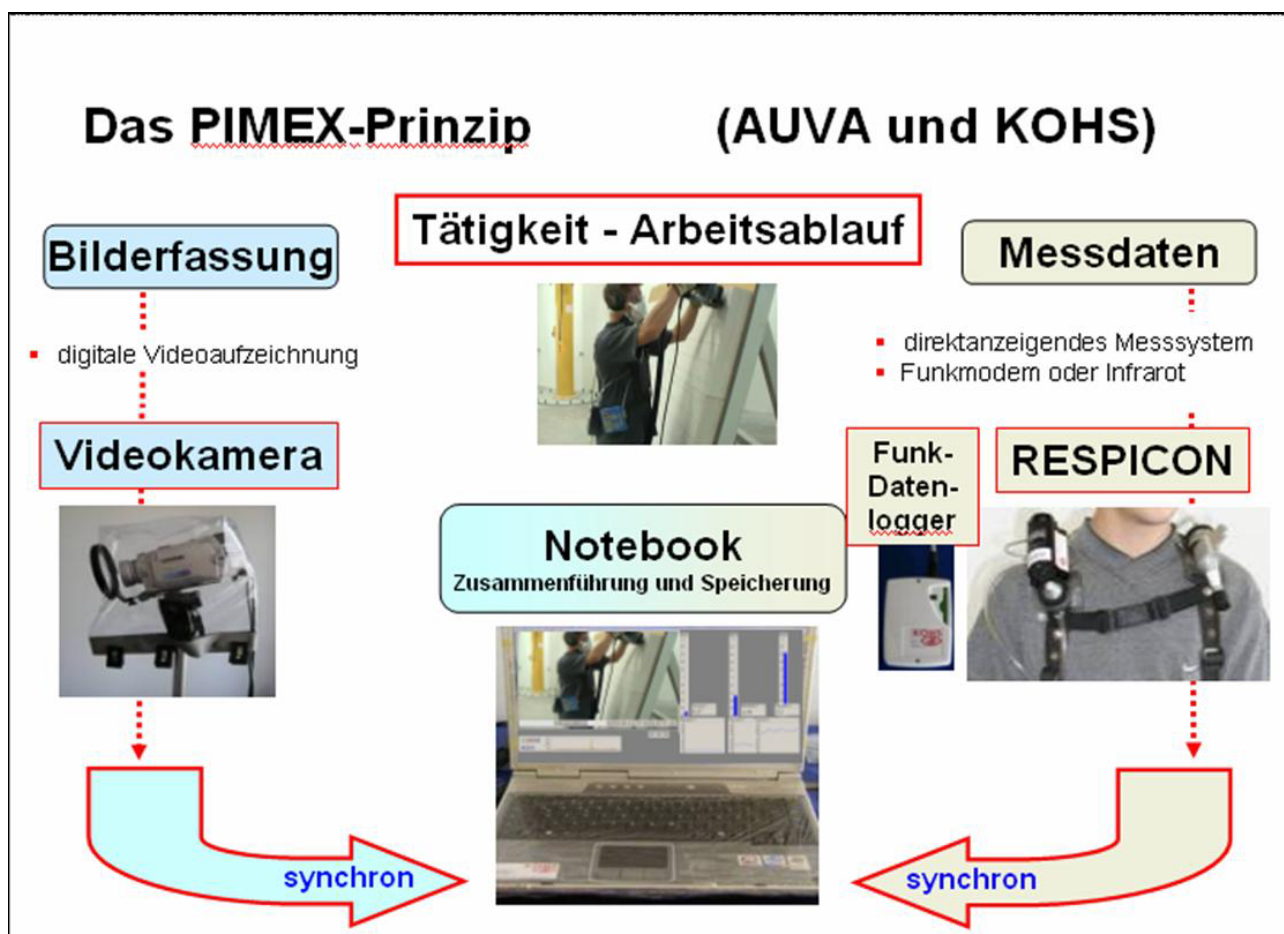


Abb. 5.4.3 - 1 Das Prinzip einer PIMEX-Messung (Observation)

Die PIMEX-Methode selber ist als solche bereits vor rund 30 Jahren in Schweden von Prof. Gunnar Rosén und Ing. Marie Andersson entwickelt worden. Das im Rahmen des Forschungsvorhaben eingesetzte PIMEX-System ist gemeinsam von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) in Wien mit der Fa. KOHS weiter entwickelt und in den letzten Jahren zur Marktreife gebracht worden. Der Einsatz des Systems hat sich bei der AUVA in Österreich etabliert und auch in Deutschland sind einige Systeme im Einsatz.

Das PIMEX-System stellte eine effektive und überaus hilfreiche Methode zur Visualisierung und Dokumentation der durchgeführten Untersuchungen an Maschinen dar. Schwachstellen an der Maschine bzw. am System (Maschine + Mobilentstauber) lassen sich so später anschaulich nachvollziehen. Dies schaffte die Voraussetzungen für eine spätere zielgerichtete Auswertung der Ergebnisse. Zudem liefert die Visualisierung wert-

volle Hinweise für die staubtechnische Optimierung der Systeme durch die Maschinenhersteller.

Die Übertragung der Bildinformationen (Video) zum PIMEX-Notebook macht die Postierung einer digitalen Videokamera (Sony DCR-HC85E) auf einem Stativ im Prüfraum notwendig. Ein Weitwinkelvorsatz (SONY VCL-MHGO7A) für die Kamera ermöglicht die Darstellung des gesamten Arbeitsbereichs im Bild.

Bei den Arbeiten im Raum war eine teilweise hohe Staubbelastung in der Umgebungsluft zu erwarten. Um den dauerhaften Einsatz der elektronischen Geräte - insbesondere der optischen Geräte - zu sichern waren Maßnahmen erforderlich. Einen wirksamen Schutz der Kamera vor Verstaubung bewirkt die Verwendung einer Staub / Regenschutzhaube (Ewa-Marine Regencape VC-M).

Die Übertragung des Videosignals erfolgt aufgrund der hohen Datenmengen mittels Firewire-Kabel (IEEE1394) Kabelverbindung). Die notwendige Kabellänge von 10 m zur Verbindung mit dem außerhalb des Prüfraumes platzierten Notebooks macht den Einsatz eines Signalverstärkers notwendig. Es sind zwei Kabelteilstücke von je 4,5 m notwendig.



Abb. 5.4.3 - 2 Kamera mit Regencape

Als direktanzeigendes Messgerät für die Erfassung mineralischer Stäube an der Person wurde das RESPICON der Fa. Hund verwendet. Das Gerät ist ein personenbezogenes Staubmesssystem. Es ermöglicht eine Vorortüberwachung und direkte Beurteilung der Staubsituation und -emission im Prüfraum und ermöglicht die Bestimmung der drei nach DIN/EN 481 physiologisch relevanten Staubfraktionen, einatembare, thorakale und alveolare Fraktion. Im Rahmen des Projektes fand die thorakale Fraktion keine Berücksichtigung, da arbeitsschutzrechtlich in Deutschland nur A- und E-Staub von Bedeutung sind.



Abb. 5.4.3 - 3 Signalverstärker

Die Datenübertragung an das Notebook erfolgte anfangs mittels Datenkabel (serielles Kabel 15 m Länge) und später über Funk (Bluetooth-Technologie).



Abb. 5.4.3 - 5 Bluetooth-Datenlogger und -Empfänger am Notebook

Durch den beschriebenen Versuchsaufbau konnten die Tätigkeiten im Prüfraum zeitgleich mit den Messdaten (Staubmessungen) visualisiert und dokumentiert werden. Der Versuchsablauf bei der Prüfung der Maschine wird hierbei mit einer Video-Kamera gefilmt. Gleichzeitig werden über direktanzeigende Messgeräte (RESPICON) auftretende Staubkonzentrationen (A-Staub und E-Staub) erfasst. Der gesamte Versuchsablauf bei der Untersuchung einer Maschine konnte jederzeit rekonstruierbar auf CD-ROM oder DVD aufgezeichnet werden. Das sofortige Erkennen von Spitzenwerten beim Arbeitsablauf ist somit auch im Nachgang möglich.

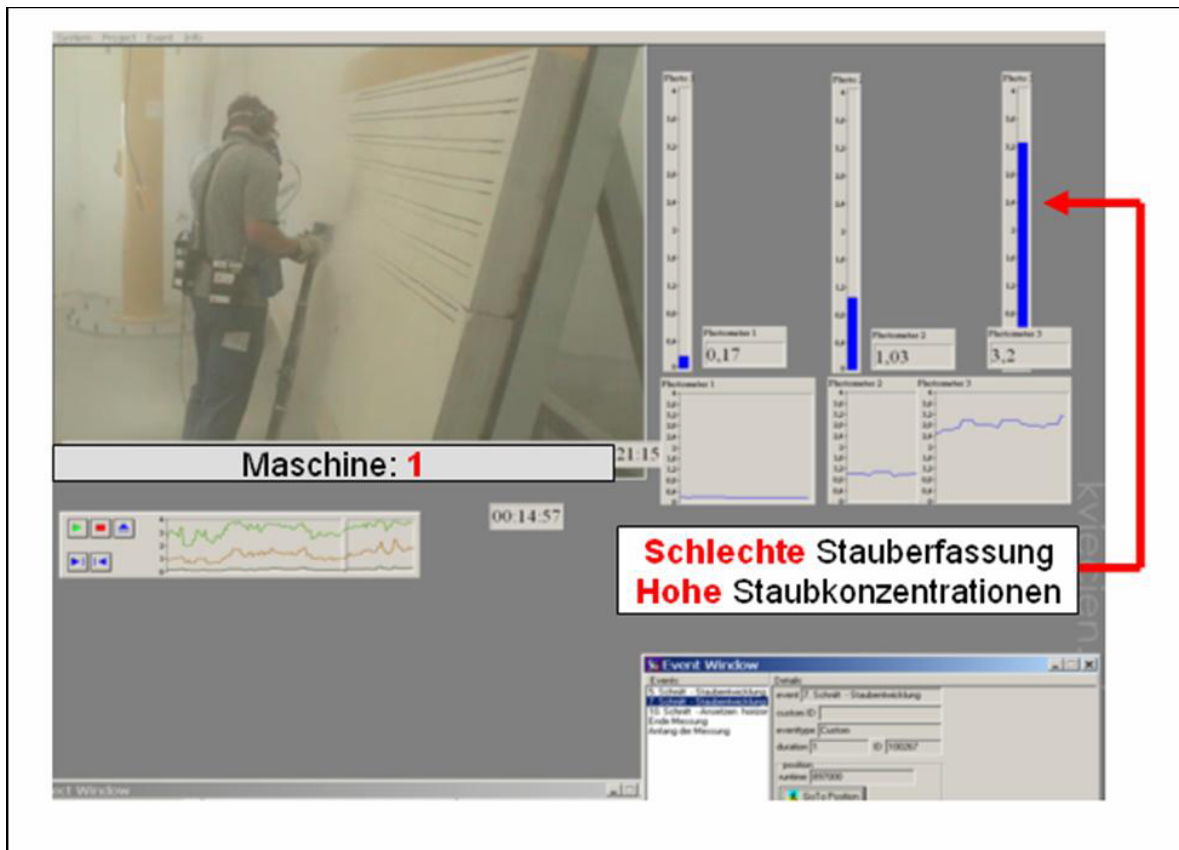


Abb. 5.4.3 - 6 Beispiel einer PIMEX-Messung (Observation)

Im Rahmen des Projektes hat sich der Einsatz des PIMEX-Systems bewährt. Die PIMEX-Aufzeichnungen (Observationen) wurden auch den Maschinenherstellern zur Verfügung gestellt, die hieraus Anstöße für die Optimierung ihrer Bearbeitungssysteme ziehen werden.

Zur Einarbeitung in das PIMEX-System wurden die am Projekt beteiligten Messtechniker im Rahmen eines 2-tägigen Praxisseminars (10./11. Oktober 2004) intensiv in die Bedienung der Hard- und Softwarekomponenten eingeführt.

5.4.4 Nachweisgrenzen

Bedingt durch den Versuchsaufbau und die hiermit verbundenen Probenahmedauern von ca. 1 Stunde resultieren hieraus die in Tabelle 5.4 - 2 aufgeführten relativen Nachweisgrenzen. Die Probenahme mit dem Respicon-System erfolgte i.d.R. über alle drei Versuche, d.h. über einen Zeitraum von drei Stunden.

Tabelle 5.4 - 2 Relative Nachweisgrenzen in mg/m³ bei den Untersuchungen

	FSP-10 /GSP-10 BIA (personengetragen)	RESPICON TM 37 (personengetragen)	PM 4F/G (stationär)
A-Staub	0,500	0,627	0,150
E-Staub	0,500	1,608	0,150
Quarzfeinstaub	0,067	0,20	0,010

5.5. Messunsicherheit der Systeme

Bei der Darstellung der Messwerte ist zu berücksichtigen, dass die Messunsicherheit als integraler Fehler aus allen bei einer Messung auftretenden systematischen und zufälligen Fehlern nach der TRGS 402 Nummer 3.7, Abs. 6 bis zu 30 % betragen darf [7].

5.6 Expositionsdauer Versuch und Praxis

Die Expositionsdauer des Beschäftigten (Maschinenführer) während der einzelnen Versuche ist bedingt durch den Versuchsaufbau stets deutlich kürzer als eine Schichtlänge von 8 Stunden; im Mittel liegt sie bei etwa 60 Minuten. Die Bearbeitungssysteme werden - je nach Maschinenkategorie - in der Praxis jedoch auch häufig kürzer betrieben. Vor diesem Hintergrund und den speziellen Rahmenbedingungen des Prüfraumes (d.h. Fenster und Türen geschlossen, geringe Luftwechselrate) wird die dargestellte Expositionssituation häufig "worst-case" Bedingungen entsprechen.

Durch die o.g. verkürzte Expositionsdauer, die deutlich unter einer Schichtlänge von 8 Stunden lag ergeben sich jedoch im Hinblick auf die Staubprobenahmen zusätzlich Schwierigkeiten. Gerade bei Bearbeitungssystemen mit einem niedrigen Staubemissionsverhalten finden sich auf den Probenträgern (Membranfiltern) nur sehr geringe Staubmengen. Teilweise lagen diese im Bereich der Nachweisgrenze oder darunter.

5.7 Prüfkriterien

Die Untersuchungen werden unter möglichst praxisnahen Bedingungen durchgeführt. Die Auswahl der verwendeten mineralischen Baustoffe und die Kriterien für die einzelnen Maschinenkategorien war daher eine wichtige Voraussetzung im Rahmen der Projektarbeit. Nur so lassen sich realistische Aussagen zu Staubemissionen in der Praxis gewinnen.

Die Erarbeitung der Kriterien erfolgte in Arbeitsgruppen und orientierte sich an den realen Einsatzbedingungen der Maschinen sowie den praktischen Möglichkeiten im Prüfraum. Die Kriterien für jede Maschinenkategorie sind dokumentiert und Bestandteil der Handlungsanleitungen der betreuenden Messtechniker.

5.8 Handlungsanleitungen

Angesichts des Projektumfangs wurde die messtechnische Betreuung auf mehrere Probennehmer verteilt. Vor Ort waren jeweils mindestens zwei Mitarbeiter aus den messtechnischen Diensten unterschiedlicher Berufsgenossenschaften (BG BAU, BGFE) und des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz (BGIA) tätig. Um eine einheitliche Vorgehensweise bei der Durchführung der Versuche sowie der Probenahmen zu gewährleisten, wurde für jede Maschinenkategorie eine Handlungsanleitung erstellt.

Diese Handlungsanleitung beschreibt die Durchführung der Versuche (Prüfkriterien) und die Vorgehensweise für Probenahme und Messungen (Geräte, Probenträger etc.) im Rahmen des Projektes. Sie ist für alle Messtechniker im Rahmen des Projektes verbindlich.

5.9 Inventarisierungen der Bearbeitungssysteme sowie des Zubehörs

Der Erfolg der Prüfung von Maschinen bzw. Bearbeitungssystemen ist durch die Bereitschaft der Hersteller, für das Projekt kostenfrei Bearbeitungssysteme zur Verfügung zu stellen, wesentlich unterstützt worden. In einer schriftlichen Kooperationsvereinbarung zwischen dem ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. und der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) wurde die Zusammenarbeit und Aufgaben für die Beteiligten verbindlich festgelegt.

Die Auswahl typischer Maschinen mit hohem Marktanteil erfolgte in enger Abstimmung mit den einzelnen Herstellern und dem ZVEI. Nach dem Fortgang der Untersuchungen erfolgte die Zusendung der zu untersuchenden Bearbeitungssysteme zu GISBAU nach Frankfurt am Main.

Bei der Vielzahl der angelieferten Bearbeitungssysteme und den teilweise rauen Einsatzbedingungen mit zwangsweise wechselnden Personen (Maschinenführer und Messtechniker) war eine dauerhafte und zweifelsfreie Identifizierung der angelieferten Teile notwendig. Nur so konnten Verwechslungen bei den teilweise sehr ähnlichen bzw. nahezu baugleichen Systemen vermieden werden.

Daher erfolgte nach der Anlieferung zunächst eine Inventarisierung der Bearbeitungssysteme (Maschine und Mobilentstauber) sowie der Zubehörteile. Die erhobenen Daten (Inventar-Nr., Hersteller, Gerät, Typ, etc.) sowie (digitale) Abbildungen der Maschinen und Mobilentstauber wurden in eine Datenbank eingepflegt. Für jedes inventarisierte Systemteil wurde eine Identifikations-Karte gedruckt und diese in einem laminierten Gepäckanhänger mittels Kabelbinder angebracht.

Anonymisierte Codierung der Bearbeitungssysteme

Im Rahmen der Untersuchung wurden auch Prototypen untersucht, die sich zum Zeitpunkt der Untersuchung noch in der Entwicklung befanden. Daher werden die Ergebnisse der Untersuchungen (Messwert und Beurteilung) für die einzelnen Bearbeitungssysteme in anonymisierter Form dargestellt. Bei dieser Vorgehensweise wird das Bearbeitungsgerät mit einer Kombination aus Buchstaben und Zahlen codiert, wobei die Buchstaben jeweils einen Hinweis auf die Maschinenkategorie liefert (z.B. MF02 für Mauernutfräsen; ES03 für Exzentrerschleifer etc.). Der vom Hersteller mitgelieferte bzw. empfohlene Mobilentstauber wurde analog hierzu mit einer Buchstabenzahlenkombination codiert (z.B. E03). In der Regel wurde von einem Hersteller nur jeweils ein Mobilentstauber geliefert, der dann mehrfach für die verschiedenen Bearbeitungsgeräte zum Einsatz kam. Hierdurch ergeben sich anonymisierte Codierungen für die untersuchten Systeme, z.B. ES04-E03 oder auch MF02a-E03 (wurde ein Gerät unter verschiedenen Bedingungen untersucht, dann ist das durch angehängte kleine Buchstaben gekennzeichnet).

5.10 Bestimmung der erfassten bzw. zerspanten Masse

Nach den Versuchen wurde die von den Maschinen erfasste bzw. zerspante Masse bestimmt. Dies erfolgte durch Berechnung (z.B. bei Mauernutfräsen über den Scheibendurchmesser, die Eintauchtiefe und die Schnittlänge).

In anderen Fällen wurde die erfasste Masse durch Differenzwägung der bearbeiteten Werkstoffe bestimmt. Als einfache, pragmatische Vorgehensweise hat sich - hieraus abgeleitet - letztlich eine Wägung des gesamten Mobilentstaubers erwiesen (wie in den Handlungsanleitungen für die Messtechniker beschrieben; nach Aufsaugen des am Boden, am Werkstoff etc. anhaftenden Liegestaubes).

Die Wägung der Werkstücke oder der Mobilentstauber erfolgte mittels elektronischer Präzisionswaage (Fabrikat: KERN DS 65 K1 - grammgenau bis 65 kg).



Modell Kern DS 65K1	
Ablesbarkeit d	1g
Wägebereich Max	65kg
Mindest-Stückgewicht Stückzählung	3g
Wägeplatte mm	450x350
Eichwert e	-
Mindestlast Min	-
Reproduzierbarkeit	1g
Linearität	3g

Abb. 5.10 - 1 Kern DS 65 Präzisionswaage



Abb. 5.10 - 2 Wägung eines Mobilentstauber

6 Ergebnisse der Untersuchungen

6.0 Allgemeines zur Darstellung und Bewertung der Messwerte

Ziel der Untersuchungen sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Die Schlussfolgerung aus den Messungen soll einerseits den Mitgliedsbetrieben über die Medien von GISBAU (CD-ROM, Internet, Broschüren etc.) als Hilfestellung für den bestmöglichen Betrieb zur Verfügung gestellt werden. Andererseits erhalten die Hersteller der Bearbeitungssysteme wertvolle Hinweise zur Optimierung und Weiterentwicklung ihrer Systeme.

Als Vorgehensweise zur Umsetzung der Ergebnisse in eine effektive Hilfestellung für die Betriebe, wurden abgestimmte Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit den untersuchten Bearbeitungssystemen entwickelt. Die Gefährdungsbeurteilung ist eine Forderung des Arbeitsschutzgesetzes und wird in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen konkretisiert und muss vom Arbeitgeber (als Normadressaten der Verordnung) durchgeführt werden. Aufgrund des freigesetzten Staubes beim Einsatz der untersuchten Bearbeitungssysteme ist eine solche Gefährdungsbeurteilung hier erforderlich.

Im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung hat der Arbeitgeber die Gefährdungen bei der Tätigkeit zu ermitteln und die Schutzmaßnahmen festzulegen. Ohne Kenntnisse der zu erwartenden Exposition können die Maßnahmen - insbesondere dann wenn es sich um so weit reichende Entscheidungen wie das z.B. das belastende Tragen von Atemschutz, die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung der Beschäftigten handelt - nicht adäquat festgelegt werden.

Die Maßnahmen müssen nach der GefStoffV in der Regel bei Überschreitung eines Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) ergriffen werden. Für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub existieren in Deutschland Grenzwerte für die Luft am Arbeitsplatz. Für Quarz-Staub ist derzeit kein Luftgrenzwert festgelegt. Aus diesem Grund erfolgt im Rahmen dieser Untersuchung keine Bewertung der ermittelten Messwerte für Quarzstaub.

Als Kriterium für eine tätigkeitsbezogene Beurteilung der Staubemission der Bearbeitungssysteme wurden daher die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) für die A- und E-Staubfraktion in Höhe von 3 mg/m^3 bzw. 10 mg/m^3 herangezogen.

- Bei dieser Beurteilung ist zu berücksichtigen, dass die Messungen unter Worst-Case Bedingungen in einem Prüfraum ohne natürliche Lüftung durchgeführt worden sind. Auf Baustellen erfolgen diese Tätigkeiten i.d.R. nicht über die gesamte Schicht in ein und demselben Raum, zumindest nicht bei der vorliegenden Raumgröße.
- Die Messdauer betrug jeweils ca. 1 Stunde. Üblicherweise werden die Systeme in der Praxis - wie die Arbeitsplatzmessungen auf Baustellen zeigten - am Stück kürzer eingesetzt. Eine kurzzeitige hohe Belastung am Arbeitsplatz, kann - um den Arbeitsplatzgrenzwert dennoch einzuhalten - durch längere expositionsfreie Zeiträume ausgeglichen werden.

⇒ In den Fällen, in denen Systeme Messwerte im Bereich um den Grenzwert lieferten, kann daher durchaus in der Praxis ebenfalls eine Grenzwerteinhaltung möglich sein.

Für jedes Bearbeitungssystem wurde zunächst der **zeitgewichtete Mittelwert** der **personengetragenen Probenahme** für die i.d.R. drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltung (grün) des AGW sind für das untersuchte Bearbeitungssystem in den entsprechenden Tabellen (Bewertung der handelsüblichen Systeme) in den jeweiligen Kapiteln sowie im Anhang farblich dargestellt.

In den folgenden Kapiteln zu den einzelnen Geräteklassen werden die Messergebnisse zur Veranschaulichung in Diagrammen dargestellt. Bei einer Anordnung nach einer "laufenden Nummer" (lfd. Nr.) wurden die Messungen nach aufsteigendem Messwert sortiert und in der so erhaltenen Reihenfolge aufgeführt. Unter dem Sammelbegriff "Staubarten" werden in den folgenden Kapiteln die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub sowie Quarzstaub zusammengefasst.

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubfraktionen oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubfraktionen) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Diese Entwürfe zur Gefährdungsbeurteilung liefern die wesentlichen Maßnahmen bei Tätigkeiten mit diesem Bearbeitungssystem. Bei Einhaltung des Grenzwertes wird der **Typ I** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der **Typ II** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird gewählt, wenn mindestens einer der zeitgewichteten Mittelwerte der beiden Staubfraktionen den Grenzwert überschreitet

Es hat sich gezeigt, dass die Staubemission der Bearbeitungssysteme abhängig ist von den Rahmenbedingungen (Kriterien) bei der Bearbeitung der Werkstoffe. So ist beispielsweise die eingestellte Schnitttiefe der Maschine bei Mauernutfräsen und Diamanttrennschleifern von entscheidender Bedeutung. Mit zunehmender Schnitttiefe steigt die freigesetzte Masse und stellt damit höhere Anforderungen an die Stauberfassung. In diesen Fällen wurde daher für jede Schnitttiefenkategorie ein eigenständiger Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung mit den Typen I und II entwickelt.

6.1 Mauernutfräsen

Mauernutfräsen sind handgeführte Elektrowerkzeuge, die im Elektrohandwerk, beim Heizungsbau sowie bei der Wasserinstallation zum Einbringen von Schlitzern bzw. Nuten für die Verlegung von elektrischen Leitungen und Rohren eingesetzt werden. Es handelt sich um Geräte mit schnell rotierenden Werkzeugen, mit denen parallele Schlitzlöcher in das Mauerwerk geschnitten bzw. die Mauernuten herausgefräst werden. Dabei werden große Mengen an Staub erzeugt. Gesundheitsgefahren können durch den freigesetzten mineralischen Staub auftreten, der in Abhängigkeit vom Untergrund Anteile an Quarz enthalten kann. Mauernutfräsen sind deshalb mit Erfassungselementen ausgerüstet und werden in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben. Leider werden heutzutage auf Baustellen noch zu selten vom Hersteller abgestimmte Systeme eingesetzt - häufig werden einfach im Betrieb vorhandene Staubsauger benutzt.

6.1.1 Prüfkriterien

Die Kriterien zur staubtechnischen Prüfung von Mauernutfräsen erarbeitete eine Arbeitsgruppe am 30.01.2004 in Frankfurt am Main. Hierbei erwiesen sich insbesondere die durch das BGIA-Projekt 3061 (Staubemission beim Einsatz von Mauernutfräsen) gewonnenen Erkenntnisse sowie die Erfahrungen der Vorversuche in Nürnberg (Sep. 2003) als wertvoll.

Einteilung der Maschinen

Je nach Leistungsvermögen der Maschinen lassen sich unterschiedliche Schnitttiefen erreichen. Die 41 Untersuchungen von Bearbeitungssystemen (einschließlich Wiederholungsmessungen) wurden in vier Schnitttiefen-Kategorien eingeteilt, die in der Tabelle 6.1 - 1 aufgelistet sind. Unter einem Bearbeitungssystem ist im Rahmen dieser Untersuchung die vom Hersteller bereitgestellte Kombination aus der Bearbeitungsmaschine und dem zugehörigen Mobilentstauber zu verstehen. Bearbeitungsmaschine und Mobilentstauber sind über einen Saugschlauch verbunden.

Tabelle 6.1 - 1 Übersicht der Schnitttiefenkategorien

	maximale Schnitttiefe s_{max} laut Bedienungsanleitung	eingestellte Schnitttiefe s_E bei Untersuchung
Kategorie I:	$s_{max} \leq 20 \text{ mm}$	$s_E = 20 \text{ mm}$
Kategorie II:	$20 \text{ mm} < s_{max} \leq 30 \text{ mm}$	$s_E = 25 \text{ mm}$
Kategorie III:	$30 \text{ mm} < s_{max} \leq 45 \text{ mm}$	$s_E = 35 \text{ mm}$
Kategorie IV:	$45 \text{ mm} < s_{max} \leq 65 \text{ mm}$	$s_E = 50 \text{ mm}$

Neben den Mauernutfräsen, die durch Einschneiden von Schlitzern mit Diamanttrennscheiben und anschließendem Herausschlagen der Nut in einem gesonderten Arbeitsgang arbeiten, wurden zwei Mauernutfräsen geprüft, die die Nut direkt ausräumen. Dabei wird die Nut in einem Arbeitsgang durch hartmetallbestückte Fräser vollständig ausgeformt. Diese Nut liegt entweder rechtwinklig (90° Winkel), oder mit einem Winkel von 20° in der Wand, um ein ungewolltes Herausfallen z.B. des Installationsrohres zu verhindern.

Die Hartmetallfräser konnten trotz der anderen Fräsgeometrie den vereinbarten Schnitttiefen der anderen Mauernutfräsenart zugeordnet werden, da sich die durch den Einschneidvorgang zu erzielenden Nutmaße und die gefräste Nut in der Kategorie gleicheten.

Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Geometrie dient die Abbildung 6.1.1 - 1.

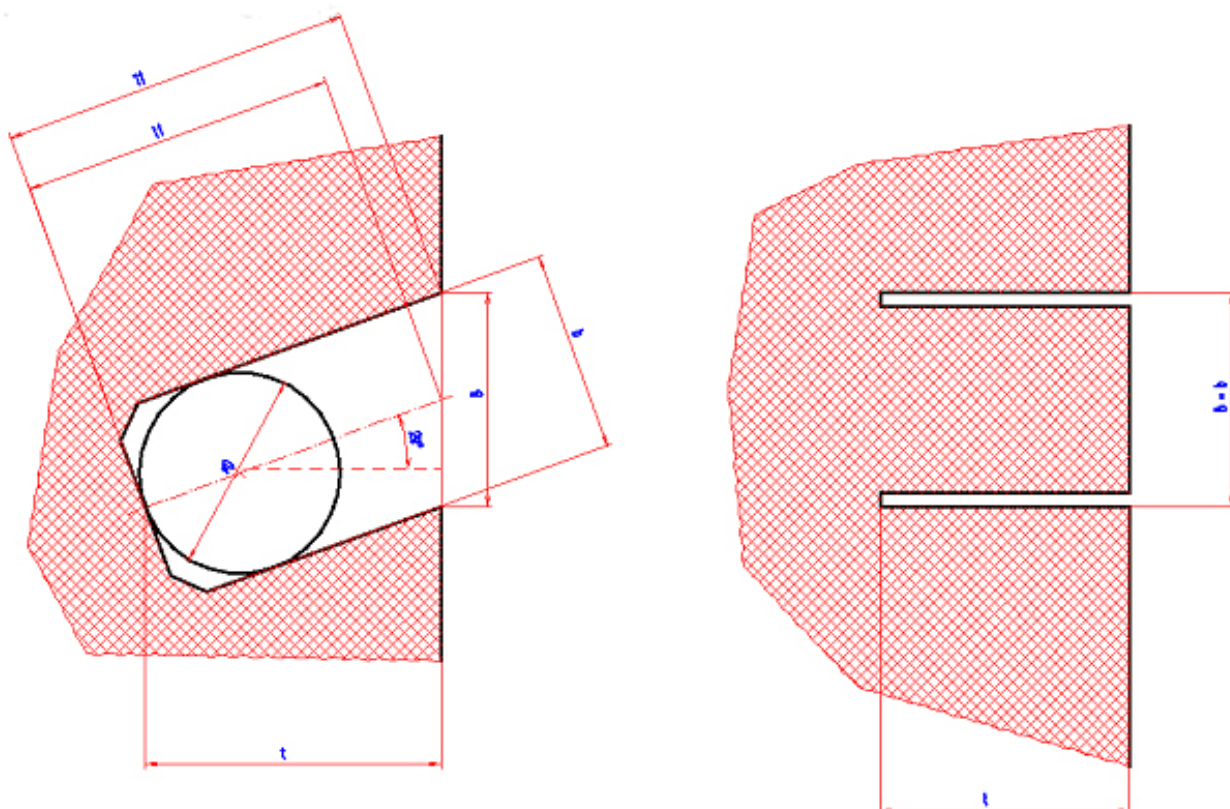


Abb. 6.1.1 - 1 Hartmetallfräser für 20° Nut (Besonderheit) und Schnittbild der Diamantscheiben

Die Prüfung der Maschinen erfolgte unter Berücksichtigung der Schnitt- und Frästiefe getrennt nach Kategorien. Für alle Maschinen einer Kategorie ist eine einheitliche Prüftiefe festgelegt. Es wird festgehalten, ob der Schneid- bzw. Fräsvorgang der Mauernuten durch Schieben ("Maschinenführung = schiebend") oder Ziehen ("Maschinenführung ziehend") des Gerätes erfolgt.

Schnitt-/Fräsbreite der Geräte (Scheibenabstand)

Der Abstand der Scheiben bei den Prüfungen ist aus technischen Gründen nicht exakt auf ein für alle Maschinen einheitliches Maß festzulegen. Die Schnittbreite des Gerätes wird aus diesem Grund immer gleich oder geringfügig kleiner als die Prüftiefe eingestellt.

Bei den Nutausräumfräsen ist die Fräsbreite der Maschinen durch die Fräsradgeometrie festgelegt.

Trennscheiben und Fräswerkzeuge

Von den Herstellern werden auf das Prüfmaterial optimal abgestimmte Trennscheiben zur Verfügung gestellt. Bei den nutausräumenden Mauernutfräsen wurden die für Kalksandstein geeigneten Fräswerkzeuge mitgeliefert.

Schnittrichtung am Prüfstand

Um den Versuchsablauf so praxisnah wie möglich zu gestalten, erfolgt während der Herstellung der Schlitze ein Wechsel der Schnittrichtung. Auch hierbei wird sich an den in der Praxis üblichen Bedingungen orientiert. Erfahrungsgemäß erfolgen auf Baustellen etwa 1/3 der Schnitte vertikal und etwa 2/3 horizontal.

Übertragen auf den Versuchsaufbau bedeutet dies, dass der gesamte Arbeitsvorgang aus einer Kombination beider Schnittrichtungen besteht. Entlang des etwa 4 m langen A-Bocks wird zunächst horizontal über eine Länge von rund 2,5 m pro Schnitt gefräst. Anschließend erfolgt ein Wechsel der Schnittrichtung und es wird vertikal über eine Länge von rund 1,5 m pro Schnitt gefräst. Die Anzahl der Schlitze besteht somit aus ca. 1/3 vertikalen und 2/3 horizontalen Schnitten.

Wechsel der Schnittrichtung

Der Wechsel von horizontaler zur vertikaler Schneidrichtung erfolgt während der Probenahme, d.h. während des Wechsels laufen die Messgeräte bzw. Staubsammelgeräte weiter, der Beschäftigte bleibt im Raum.

Schnittbreite

Zur Vermeidung der Ansaugung von Falschluff darf das Maschinengehäuse seitlich nicht über bereits gefräste Schlitze stehen. Die Abstände zwischen den Schnitten betragen 100 mm (in Anlehnung an die maximalen Gehäusebreiten der eingesetzten Maschinen, da immer eine vollständige Überdeckung der zu fräsenden Fläche gewährleistet sein muss).

Mineralischer Werkstoff

Als mineralische Werkstoffe für die Untersuchung von Mauernutfräsen wurden großformatige Kalksandsteinformelemente (KS-XL-PE 20-2,0) (623x115x998 mm) ausgewählt. Die Rohdichte des Kalksandsteines beträgt 2,0 kg/dm³. Der Quarzgehalt des Werkstoffes lag bei ca. 21%. Es wurden je 8 Steine auf Paletten angeliefert und trocken gelagert. In der Regel wurden jeweils die 8 Steine einer Palette für einen Versuch verwendet.

Die nutausräumenden Mauernutfräsen wurden auf dem oben beschriebenen Kalksandsteinmaterial sowie jeweils an einem zweiten Prüftag auf Porenbeton geprüft. Die Porenbetonsteine stellen das Material dar, auf dem in der Praxis die Nuträumer am häufigsten angewendet werden. Die Prüfwand wurde aus kleinformatigen Porenbetonplanbauplatten (PPpl-06 (0,16) NF) (624 x 115 x 499 mm) aufgebaut. Die Rohdichte des Porenbetonsteines beträgt 0,6 kg/dm³. Die Steine wurden auf Paletten angeliefert und trocken gelagert. Es wurden jeweils 16 Steine einer Palette für einen Versuch verwendet.

6.1.2 Durchführung

Arbeitsverfahren

Der Schrägbock (A-Bock) im Prüfraum wurde für den Versuch mit jeweils 8 Kalksandsteinformelementen bestückt und so eine Versuchswand (L = 4000 mm; H = 1300) hergestellt. Bleistiftmarkierungen auf der Versuchswand gaben sowohl den Abstand der Schnitte wie auch die Schnittrichtung vor.

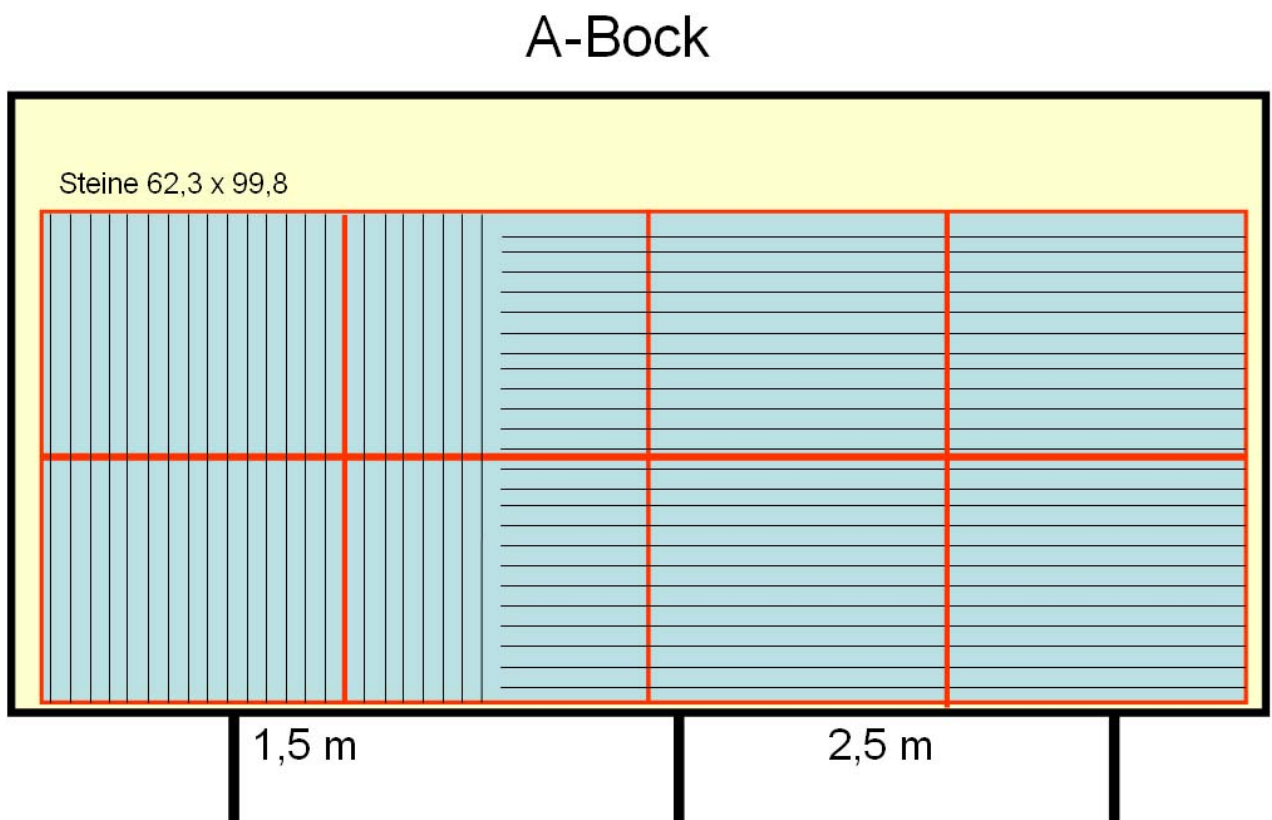


Abb. 6.1.2 - 1 Anordnung der Kalksandstein-Formelemente auf dem A-Bock

Der Maschinenführer macht sich vor Versuchsdurchführung mit dem Bearbeitungssystem vertraut. (Dies erfolgte meist am Vortag der Untersuchung, im noch nicht gereinigten Raum).

Die Fräsarbeiten erfolgen entlang der vorgegebenen Linien.

Zwischen den beiden Fräsabschnitten wird routinemäßig der Staubbeutel des Mobilentstaubers gewechselt. Der Wechsel wird vom Messtechniker im Freien durchgeführt. Während des Wechsels laufen die Messgeräte bzw. Staubsammelgeräte weiter, d. h. der Beschäftigte bleibt im Prüfraum.

Nach Beendigung der Fräsarbeiten werden die Probenahmegeräte ausgeschaltet und die Filter entnommen. Die Probenahme mit dem RESPICON erfolgt über alle Messreihen eines Tages.

Da die Kalksandsteine von beiden Seiten benutzt werden können, werden nach der ersten Messserie die Steine gedreht. Anschließend wird der Boden des Prüfraumes, die Auflageflächen des A-Bocks sowie alle Fugen und Zwischenräume an den Kalksandsteinen abgesaugt.

Während dieser Zeit wird der Raum belüftet. Die Reinheit der Raumluft wird mit dem Streulichtmessgerät TM digital der Fa. Hund bestimmt. Der Wert sollte dem Außenluftwert entsprechen (ca. 0,01- 0,02 Anzeigeeinheiten).

Die Probenahmedauer beträgt mindestens eine Stunde.

Der Versuchsaufbau und -ablauf für die nutausräumenden Mauernutfräsen entspricht, mit Ausnahme der Anzahl der geschnittenene Steine, den Prüfungen der mit Trennscheiben bestückten Mauernutfräsen.

6.1.3 Messdatenauswertung und Bewertung Mauernutfräsen

Ziel der Untersuchungen an Mauernutfräsen sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Für die Maschinengruppe der Mauernutfräsen wurden 41 Untersuchungen von verschiedenen Kombinationen von Mauernutfräsen mit Mobilentstaubern einschließlich Wiederholungsmessungen durchgeführt. In der Regel kam hierbei die vom Hersteller für diese Bearbeitungssystem empfohlene Kombination aus Mauernutfräse und Mobilentstauber zum Einsatz. Daneben wurde in Einzelfällen die gleiche Mauernutfräse aber auch unter unterschiedlichen Bedingungen untersucht, z.B. mit verschiedenen Mobilentstaubern oder bei unterschiedlichen Schnitttiefen.

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.1.3 - 1 bis 6.1.3 - 3) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

Bearbeitungssysteme, die in dieser Kombination am Markt gegenwärtig nicht verfügbar sind, wurden in der Tabelle 6.1.3 - 2 kenntlich gemacht (marktüblich = Nein). Bei diesen Systemen handelt es sich z.B. um Prototypen, Weiterentwicklungen oder Wechsel in der Gerätekombination wie Enstauberwechsel, Verwendung von Staubsammelbeuteln oder anderen Entstauberschlauchdurchmessern. Die Untersuchungsergebnisse für nicht marktübliche Systeme sind teilweise in jeweils eigenständigen Übersichtsgrafiken dargestellt. Durch diese Vorgehensweise wird die Beschreibung zur Staubemission auf die aktuell am Markt verfügbaren Systeme und deren Technik fokussiert.

Tabelle 6.1.3 - 1 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen ("<NWG"), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte <NWG vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Die Differenz zu den theoretisch zu erwartenden 123 ($41 * 3$) Messwerten pro Staub-Art erklärt sich zum Teil dadurch, dass nicht in allen Fällen drei Versuche für jede Untersuchung durchgeführt wurden (z.B. bei extrem hohen Staubentwicklungen) oder auch durch einen defekten Probenträger (so dass in einem Fall kein A-Staub und Quarz-Staub bestimmt werden konnte). Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Es fällt auf, dass einige Untersuchungen (bei den Bearbeitungssystemen MF05b-E02, MF19-E12, MF10-E04, MF06-E02, MF05a-E02 und MF20-E11) außergewöhnlich hohe

Messwerte ergeben. Deshalb wurden in den Diagrammen logarithmische Skalen eingesetzt. Erläuterungen zu diesen Extremwerten werden weiter unten gegeben.

Tabelle 6.1.3 - 1 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Mauernutfräsen

(**P** = personengetragene Probenahme, **S** = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		< NWG		≈ NWG [mg/m ³]	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	115	108	107	108	8	0	0,7	-
A-Staub	157	109	111	107	46	2	0,7	0,2
Quarz-Staub	157	105	90	105	67	0	0,02	-

In Tabelle 6.1.3 - 2 sind alle untersuchten Mauernutfräsen zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen aufgeführt.

Für die Mauernutfräsen wurden entsprechend der Schnitttiefe 4 Kategorien gebildet. Es zeigt sich deutlich, dass mit größerer Schnitttiefe eine stärkere Staubbelastung einhergeht. Die Einzelwerte für die in der Regel jeweils drei E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messungen aller Mauernutfräsen-Versuche sind in Abbildung 6.1.3 - 1 bis 6.1.3 - 3 differenziert nach Schnitttiefenkategorie dargestellt.

Tabelle 6.1.3 - 2 Untersuchte Mauernutfräsen

Messbericht	Ma-schine	Mobil-ent-stauber	Kate-gorie	Schnitt-tiefe [mm]	Mittel-wert Schnitt-länge [m]	Bemerkung	Marktüblich vom Her-steller ab-gestimmtes System
2004/2494	MF01a	E05	III	35	81,35		Ja
2005/2594	MF01b	E15	III	35	17,13	H-Entstauberprüfungen auf Kalk-sandstein	Nein
2004/2289	MF02a	E06	IV	50	74,38	unterschiedliche Schnitttiefe	Ja
2004/2644	MF02b	E06	II	22	81,87	unterschiedliche Schnitttiefe	Ja
2004/2650	MF02c	E06	III	37	76,96	unterschiedliche Schnitttiefe	Ja
2004/2651	MF02d	E06	II	27	82,66	unterschiedliche Schnitttiefe	Ja
2005/2261	MF02e	E06	IV	50	73,8	Geräteprototyp mit verbesserter Absaugung	Nein
2005/2474	MF02f	E06	IV	50 /35	36,31	Geräteprototyp mit verbesserter Abdichtung, nur 1 Versuch durchgeführt mit geänderter Schnitttiefe	Nein
2004/2597	MF03	E04	II	25	91,26		Ja
2004/2495	MF04	E05	I	20	89,74		Ja
2004/2290	MF05a	E02	III	33,5	85,79	herkömmliche Konfiguration mit Entstauberbeutel	Ja
2004/2492A	MF05b	E02	III	32	62,68	herkömmliche Konfiguration ohne Entstauberbeutel, nur 1 Versuch	Nein

Messbericht	Maschine	Mobilentstauber	Kategorie	Schnitttiefe [mm]	Mittelwert Schnittlänge [m]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
						durchgeführt	
2004/2996	MF05c	E06	III	32	85,37	Mauernutfräse wurde mit einem anderen Entstauber getestet	Nein
2005/2462	MF05d	E02	III	33	73,8	Haubenprototyp mit angepasster Maschine	Nein
2005/2463	MF05e	E02	III	35	65,05	Test mit neuem Entstauberbeutel	Ja
2005/2464	MF05f	E02	III	35	73,8	Entstauber ohne Beutel, optimierte Einstellung	Nein
2004/2492B	MF05g	E02	III	32	91,72	herkömmliche Konfiguration ohne Entstauberbeutel, nur 1 Versuch durchgeführt	Ja
2004/2291	MF06	E02	II	25	93,14	herkömmliche Konfiguration mit Entstauberbeutel	Ja
2005/1133	MF07a	E16	III	35	35,01	H-Entstauberprüfungen mit E16 auf KS	Nein
2005/569	MF07b	E14	III	31	80	H-Entstauberprüfungen mit E14 auf KS	Nein
2004/2491	MF07c	E01	III	34	76,96		Ja
2004/2538	MF08	E09	II	25	90,56		Ja
2004/2517	MF09a	E09	III	35	83,07	herkömmlicher Schlauch, d=27 mm	Ja
2004/2906	MF09b	E09	III	35	79,35	großer Schlauch, d=35 mm	Ja
2004/2596	MF10	E04	IV	51	69,49		Ja
2004/2512	MF11a	E03	III	34,5	80,8		Ja
2005/2473	MF11b	E03	III	35	76,89	Wiederholungsmessung	Ja
2004/2539	MF12	E03	II	24,5	92,2		Ja
2004/2995	MF13	E06	III	40	45,16	Geräteart anders: Mauernut wird kompl. ausgeräumt, Versuch auf Porenbeton	Ja
2004/2595	MF14a	E08	III	35	21,03	Geräteart anders: Mauernut wird kompl. ausgeräumt, Versuch auf Kalksandstein	Ja

Messbericht	Ma-schine	Mobil-ent-stauber	Kate-gorie	Schnitt-tiefe [mm]	Mittel-wert Schnitt-länge [m]	Bemerkung	Marktüblich vom Her-steller ab-gestimmtes System
2004/2911	MF14b	E08	III	33	44,92	Geräteart anders: Mauernut wird kompl. ausgeräumt, Versuch auf Porenbeton	Ja
2004/2598	MF15a	E07	III	36	80,77	Während der Messung trat ein Entstauberdefekt auf, der erst vor dem 3. Versuch beseitigt werden konnte	Nein
2005/2472	MF15b	E07	III	36	67,89	Wiederholungsmessung	Ja
2005/2600	MF15c	E15	III	35	16,63	H-Entstauberprüfungen auf KS,	Nein
2004/2905	MF16	E07	III	36	77,67	Prototyp /Verbesserung des her-kömmlichen Gerätes, soll Ende 2006 auf den Markt kommen	Nein
2004/2998	MF17	E12	II	24	91,96		Ja
2004/2997	MF18	E12	III	35	85,38		Ja
2004/2994	MF19	E12	IV	49	48,42	aufgrund der hohen Staubent-wicklung wurde nur 1 Versuch durchgeführt,	Ja
2005/165	MF20	E11	III	35	83,2	Geräteprototyp	Nein
2005/2601	MF21	E01	II	25	90	Geräteumbau vom Trennschleifer zur Mauernutfräse	Ja
2005/2595	MF22	E20	III	35	19,17	Entstauberprototyp	Nein

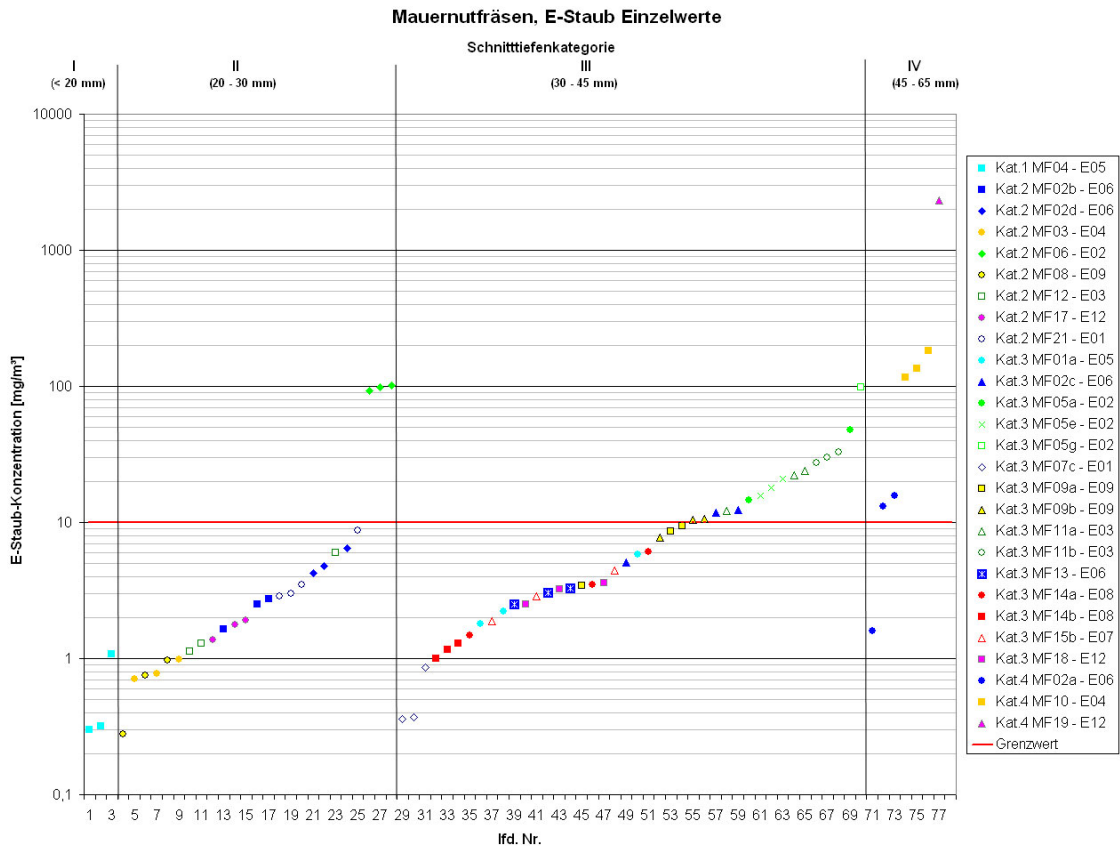


Abb. 6.1.3 – 1 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen

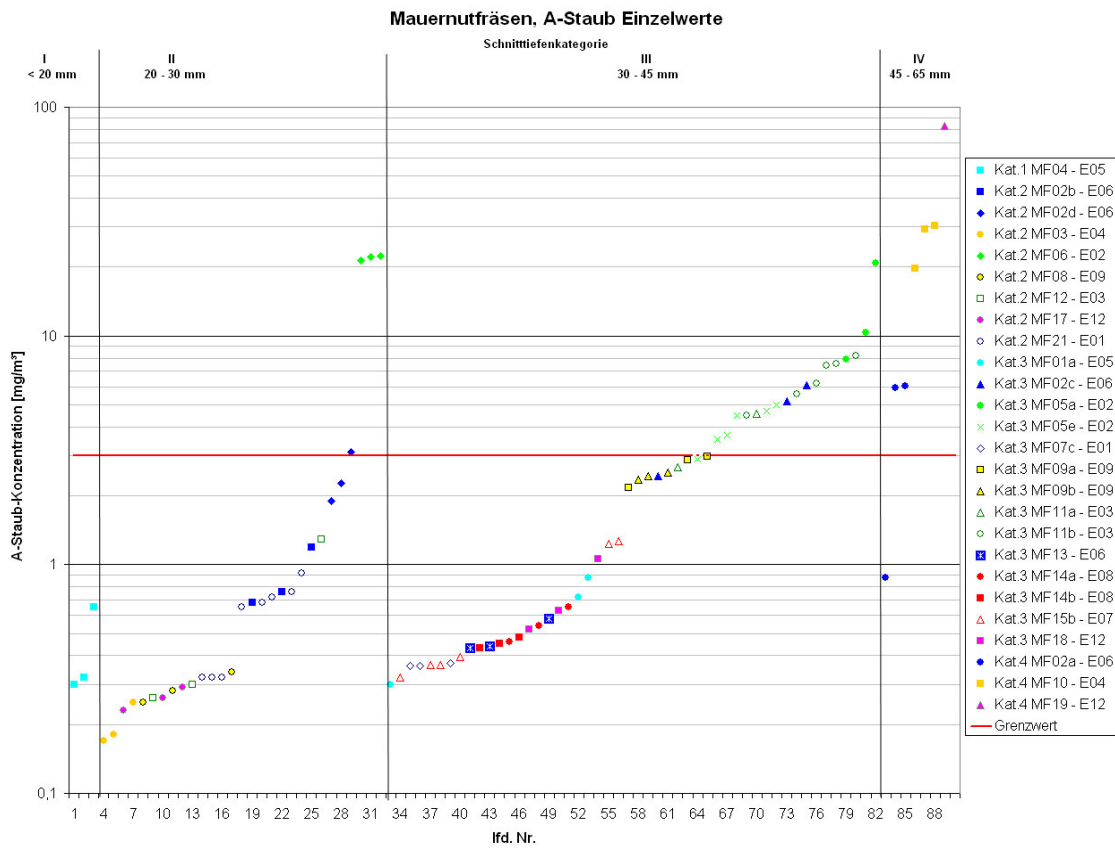


Abb. 6.1.3 – 2 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen

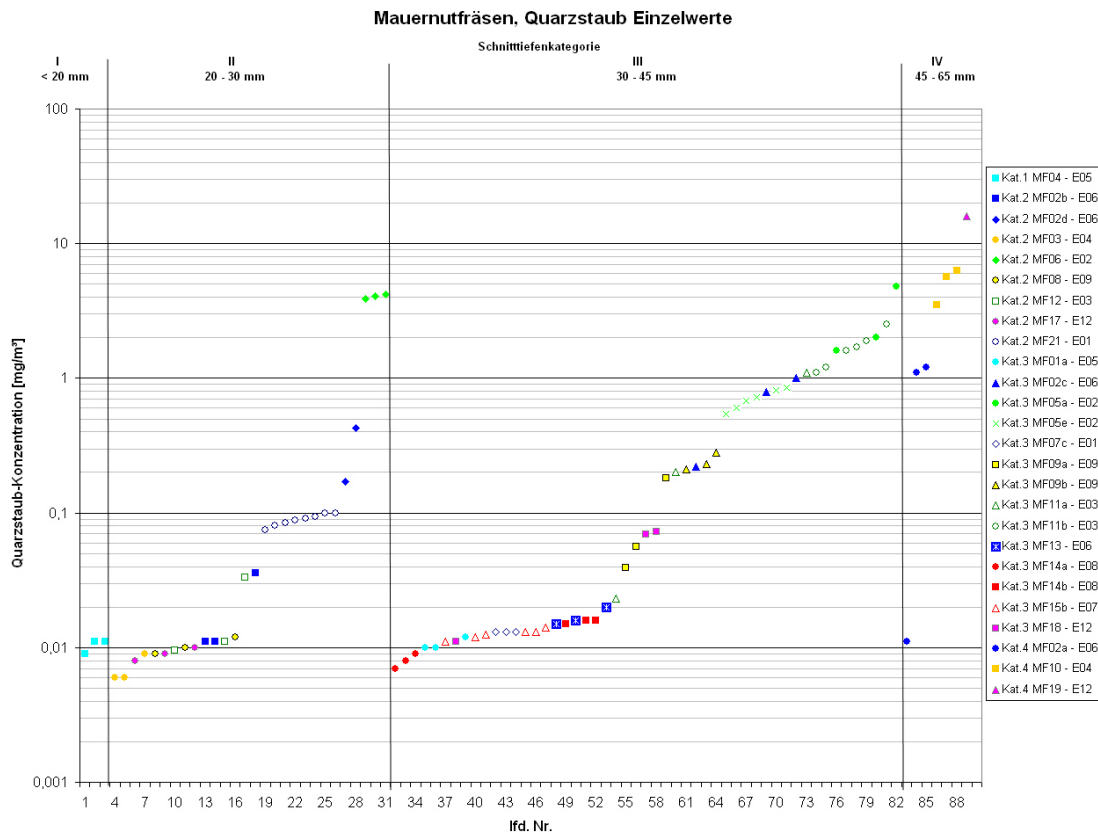


Abb. 6.1.3 – 3 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen

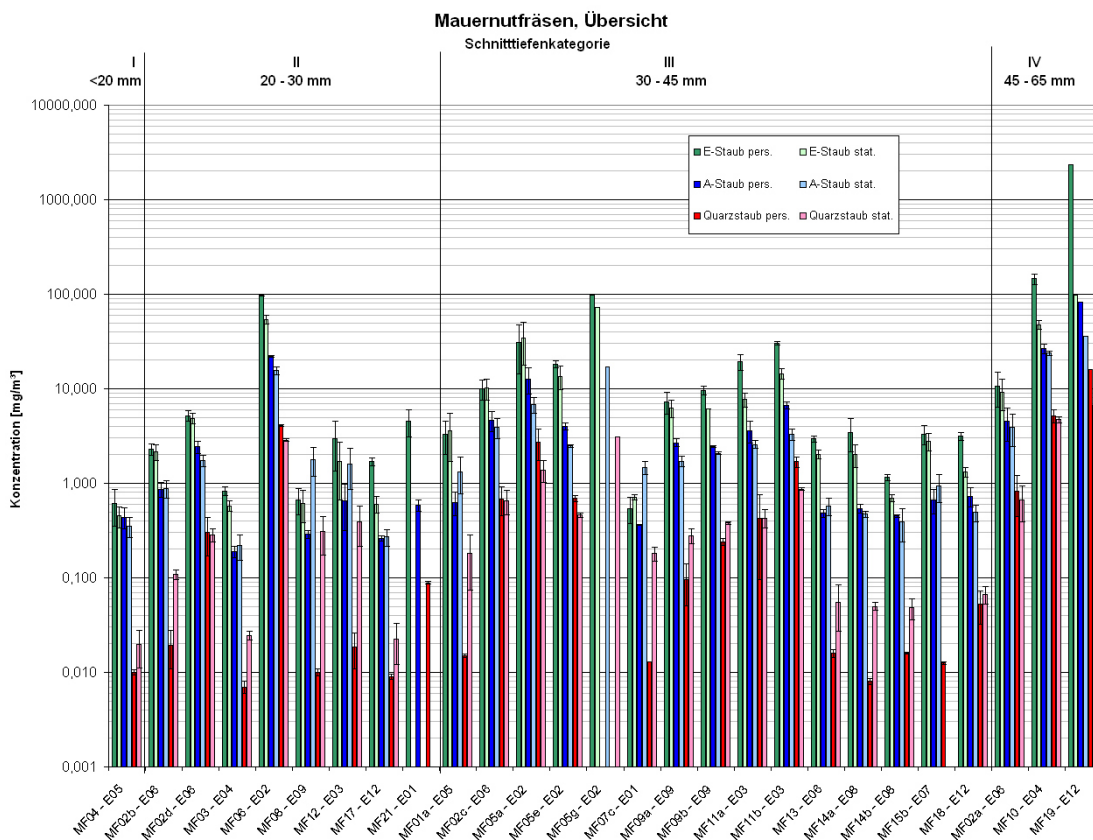


Abb. 6.1.3 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Mauernutfräsen

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mit ihrer Steubreite.

Mauernutfräsen, Einfluss der Schnitttiefe
 Einzelwerte für MF02-E06

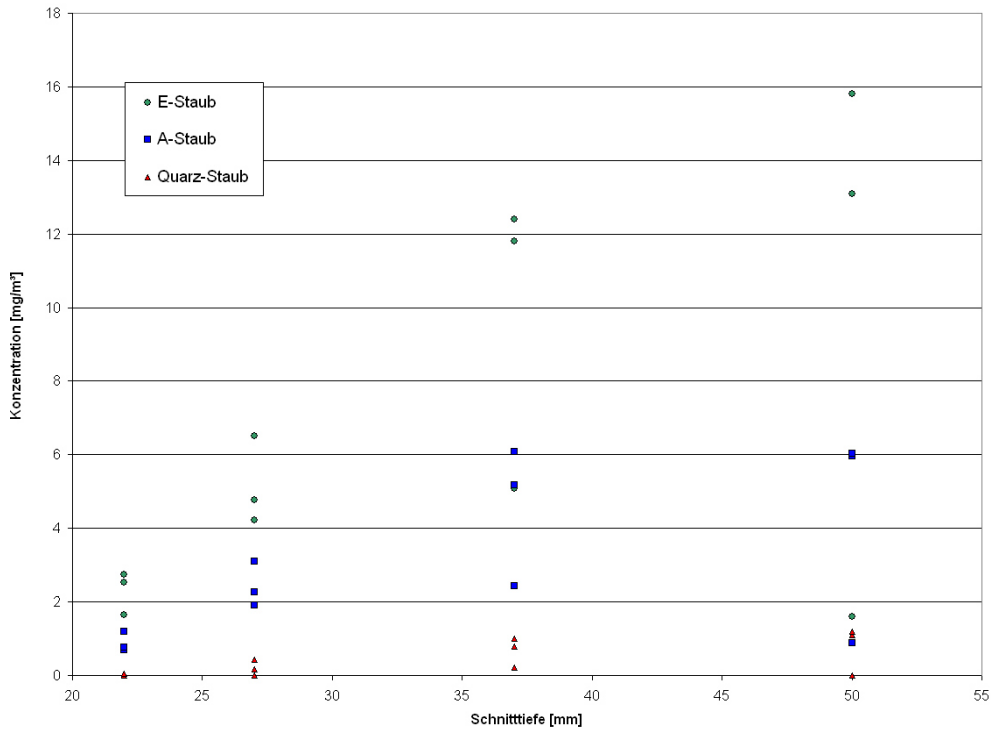


Abb. 6.1.3 – 5 Einfluss der Schnitttiefe auf die Staubkonzentrationen für die Mauernutfräse MF02-E06

Dargestellt sind die Einzelmesswerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub, A-Staub und Quarzstaub.

Mauernutfräsen, Optimierungsansätze für MF05

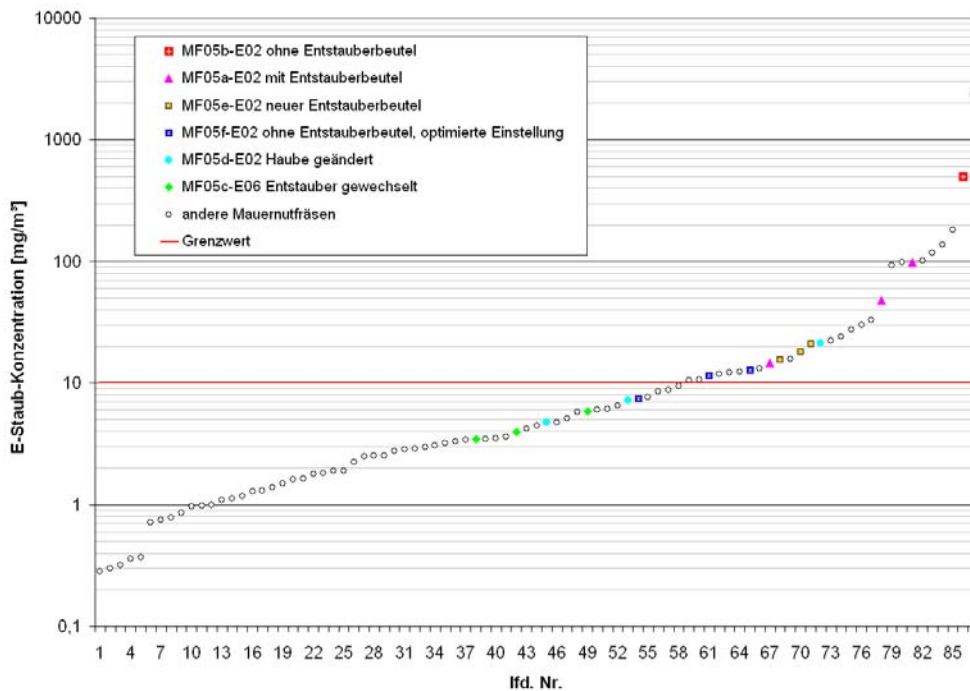


Abb. 6.1.3 – 6 Optimierungsansätze für die Mauernutfräse MF05

Farbig dargestellt sind die Einzelmesswerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub für verschiedene Variationen. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

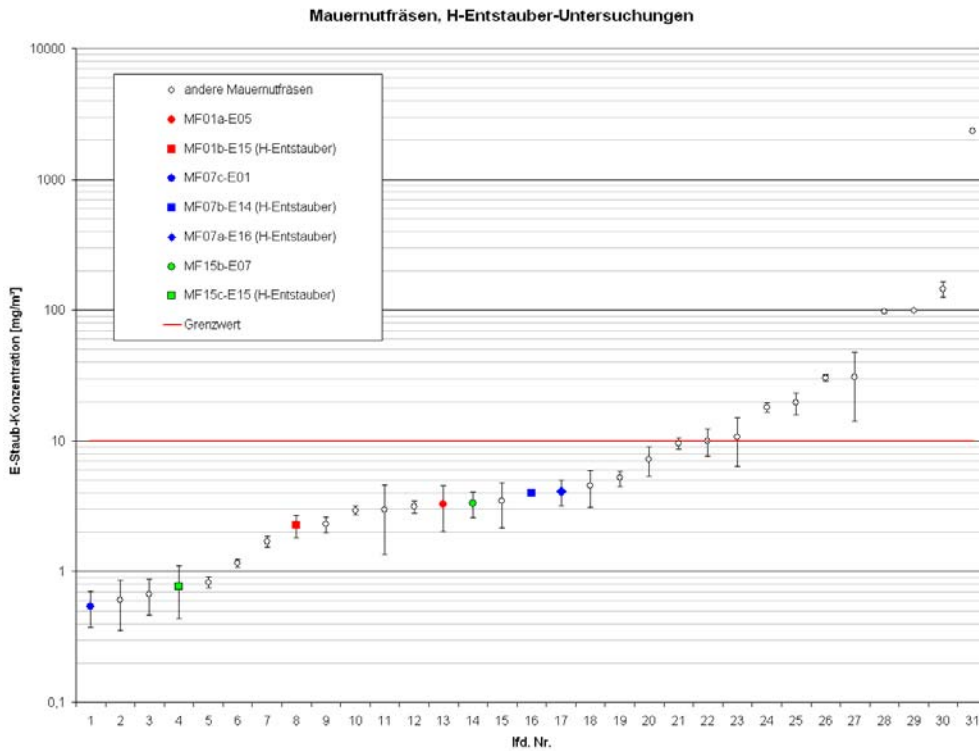


Abb. 6.1.3 – 7 H-Entstauber-Untersuchungen für Mauernutfräsen

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den H-Entstauber-Messungen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

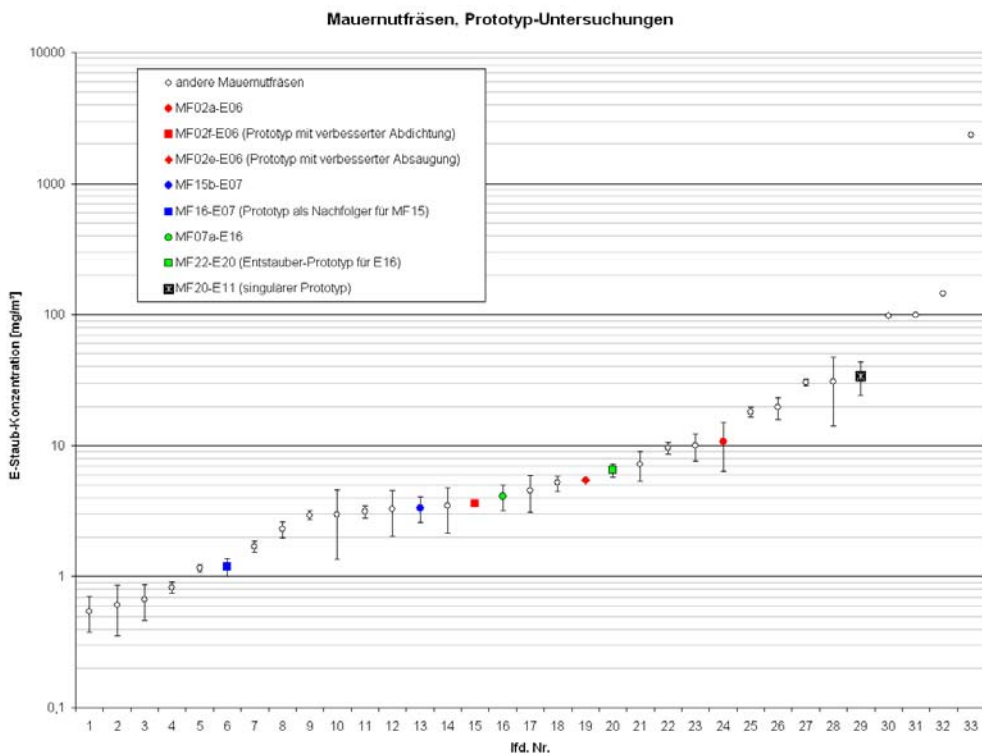


Abb. 6.1.3 – 8 Prototyp-Untersuchungen für Mauernutfräsen

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den Prototypen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Für das System MF20-E11 gibt es kein Vergleichssystem, dementsprechend ist es als ‚singulärer Prototyp‘ bezeichnet. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

Für die Bewertung des Bearbeitungssystems (Mauernutfräse + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem ist hierbei zunächst der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R. drei Versuche berechnet worden. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltungen (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.1.3 - 3 farblich dargestellt.

Tabelle 6.1.3 - 3 Bewertung der handelsüblichen Bearbeitungssysteme: Mauernutfräsen

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2004/2494	MF01a – E05	3,29	0,63
2004/2289	MF02a – E06	10,75	4,51
2004/2644	MF02b – E06	2,3	0,87
2004/2650	MF02c – E06	9,98	4,65
2004/2651	MF02d – E06	5,19	2,43
2004/2597	MF03 – E04	0,83	0,19
2004/2495	MF04 – E05	0,61	0,44
2004/2290	MF05a – E02	30,77	12,74
2005/2463	MF05e – E02	18,08	4,00
2004/2492B	MF05g – E02	98,8	
2004/2291	MF06 – E02	97,36	21,92
2004/2491	MF07c – E01	0,54	0,36
2004/2538	MF08 – E09	0,67	0,29
2004/2517	MF09a – E09	7,22	2,69
2004/2906	MF09b – E09	9,6	2,44
2004/2596	MF10 – E04	145,56	26,56
2004/2512	MF11a – E03	19,47	3,61
2005/2473	MF11b – E03	30,35	6,65
2004/2539	MF12 – E03	2,96	0,65
2004/2995	MF13 – E06	2,95	0,48
2004/2595	MF14a – E08	3,48	0,54
2004/2911	MF14b – E08	1,16	0,45
2005/2472	MF15b – E07	3,32	0,67
2004/2998	MF17 – E12	1,7	0,26
2004/2997	MF18 – E12	3,14	0,73
2004/2994	MF19 – E12	2334	82,70
2005/2601	MF21 – E01	4,54	0,59

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubarten oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubarten) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der Typ I des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der Typ II des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird gewählt, wenn ein zeitgewichteter Mittelwert den Grenzwert überschreitet. Für jede Schnittiefenkategorie wurde aus diesem Grund ein eigenständiger Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung mit den Typen I und II entwickelt. Bei dieser Einteilung der Maschinen ergibt sich folgendes Bild:

Kategorie I

In der Kategorie I bis zu 20 mm Schnittiefe gab es nur eine Maschine (MF04-E05). Hier ist die Staubbefreiung sehr gering. Für den E- und A-Staub ist der Grenzwert eingehalten. Nur bei einem Versuch wurde für E- und A-Staub ein Messwert oberhalb der Bestimmungsgrenze erhalten, alle anderen Werte sind unterhalb der Nachweisgrenze (<NWG).

Bewertung:

Das Einzige in der Kategorie I ($s_{\max} < 20$ mm) untersuchte Bearbeitungssystem MF04-E05 überschreitet keine der genannten Grenzwerte. Eine klare Zuordnung zur Gefährdungsbeurteilung Typ I ist möglich.

Kategorie II

In der Kategorie II (>20 - ≤ 30 mm Schnittiefe) wurden acht Untersuchungen durchgeführt. Fünf Mauernutfräsen (MF03-E04, MF08-E09, MF12-E03, MF17-E12, MF21-E01) zeigen sehr geringe Staubentwicklungen: Für diese fünf Systeme sind alle E-Staub-Werte kleiner als der Grenzwert. Nahezu alle A-Staub- und Quarzstaub-Werte sind <NWG.

Die Mauernutfräse (MF02-E06) zeigt vermehrt Messwerte unter dem Grenzwert. MF02d-E06 mit 27 mm Schnittiefe zeigt deutlich höhere Werte als MF02b-E06 mit 22 mm Schnittiefe.

Die höheren Messwerte für das System MF06-E02 ergeben sich aus der Verwendung eines schlecht abgestimmten Mobilentstaubers. Das wurde aber in dieser Konfiguration als handelsübliches System zum Zeitpunkt der Untersuchung angeboten.

Bewertung:

Auch in der Kategorie II ($20 \text{ mm} < s_{\max} \leq 30 \text{ mm}$) zeigen nahezu alle Bearbeitungssysteme sehr geringe Staubemissionen und können der Gefährdungsbeurteilung **Typ I** zugeordnet werden. Lediglich das System MF06-E06 mit einer bis zu 10fachen Überschreitung der Grenzwerte muss dem **Typ II** zugeordnet werden.

Kategorie III

In der Kategorie III (>30 - ≤ 45 mm Schnittiefe) wurden mit 23 Untersuchungen die weitest- aus meisten Messungen durchgeführt. Bei der Betrachtung der Einzelwert-Diagramme lassen sich drei Gruppen mit unterschiedlichen Staubkonzentrationen erkennen.

In dieser Maschinenkategorie gibt es eine Gruppe von 7 Bearbeitungssysteme, die sehr geringe Staubentwicklungen aufweisen: MF01-E05, MF07c-E01, MF13-E06, MF14a-E08, MF14b-E08, MF15b-E07, und MF18-E12. Hier ist in vielen Fällen für A-Staub und Quarzstaub der Messwert <NWG.

Etwas höhere Staubentwicklungen zeigen die 2 Bearbeitungssysteme einer zweiten Gruppe: MF09a-E09 und MF09b-E09.

Grenzwertüberschreitungen wurden für die 5 Bearbeitungssysteme MF02c-E06, MF05a-E02, MF05e-E02, MF11a-E03, MF11b-E03, festgestellt.

Bewertung:

Nach der eher einheitlichen Einteilung der Systeme in der Kategorie II ändert sich in der Kategorie III ($30 \text{ mm} < s_{\text{max}} \leq 45 \text{ mm}$) das Bild. Neben sehr gut abgestimmten Bearbeitungssystemen sind auch Systeme zu beobachten die hohe Staubemissionen aufweisen. Neben Systemen, die Messwerte deutlich unterhalb des Grenzwerte liefern (u. a. MF07-E01, MF14-E08, MF18-E012; MF13-E06, MF01-E05 ...) und klar dem **Typ I** zugeordnet werden können, sind in dieser Kategorie auch Systeme zu finden bei denen die Grenzwerte überschritten sind. Hier muss eine Zuordnung zu dem **Typ II** erfolgen (MF05-E02, MF11-E03, MF20-E011).

In dieser Kategorie wurden auch die nutausräumenden Mauernutfräsen (MF13-E06 und MF 14-E08) auf Kalksandstein sowie auf Porenbeton getestet. Bei einer Maschine wurde der erste Versuch auf Kalksandstein abgebrochen. Die Fräsräder griffen nicht in das Kalksandsteinmaterial, so dass keine Nut gefräst werden konnte. Die andere Mauernutfräse dagegen räumte vollständige Nuten aus, allerdings konnte nur eine geringe Schnittlänge erreicht werden.

Die Prüfungen auf dem Untergrund Porenbeton verliefen störungsfrei. Trotz der größeren erfassten Masse liegen beide Mauernutfräsen sowohl bei Kalksandstein als auch beim Porenbeton deutlich unterhalb des Grenzwertes und schneiden in Ihrer Schnitttiefenkategorie sogar besser ab als viele Trennscheibenfräsen. Die beiden nutausräumenden Systeme MF13-E06 und MF 14-E08 können somit klar dem **Typ I** zugeordnet werden.

Während der Auswertungen der Messungen zeigte sich, dass in der Kategorie III zwei baugleiche Maschinen (MF09 und MF15) mit anderen jeweils firmenspezifischen Mobilentstaubern (MF09-E09 und MF15-E07) getestet wurden. Die Ergebnisse beider Maschinen sind für die Kategorie zwar gering, aber die Mauernutfräse MF15 liefert nur halb so hohe Werte wie die MF09. Da die Erfassungshaube an beiden Maschinen identisch ist, deuten die Daten auf eine bessere Absaugung bzw. die Optimierung des Mobilentstaubers (E07) der Mauernutfräse MF15 hin.

Kategorie IV

Bei der größten Schnitttiefenkategorie IV ($>45 - \leq 65 \text{ mm}$) zeigt das System MF02a-E06 überwiegend Grenzwertüberschreitungen. Die Systeme MF10-E04 und MF19-E12 zeigen Grenzwertüberschreitungen in allen Messungen.

Bewertung:

In der größten Schnitttiefenkategorie IV ($45 \text{ mm} < s_{\text{max}} \leq 65 \text{ mm}$) zeigen alle drei Systeme MF10-E04, MF02a-E06 und MF19-E12 teilweise deutliche Grenzwertüberschreitungen. Für diese Systeme muss daher der **Typ II** des Entwurfes einer Gefährdungsbeurteilung gewählt werden.

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messwerte mit ihren Streubreiten für alle Staubarten bei den Mauernutfräsen liefert Abbildung 6.1.3 - 4. Dort sind die Messwerte für die zeitgewichteten Mittelwerte der in der Regel jeweils drei E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt.

Es wird deutlich, dass sich bei den Untersuchungen zu den Mauernutfräsen Grenzwertüberschreitungen primär - ca. bei einem Drittel aller Versuche - bei den E-Staub-Werten ergeben und nur in ca. einem Viertel aller Fälle bei den A-Staub-Werten.

Einfluss der Schnitttiefe

Der Einfluss der Schnitttiefe auf die Staubentwicklung lässt sich zum einen aus den Verteilungen der Messwerte der einzelnen Kategorien in den Abbildungen 6.1.3 - 1 bis 6.1.3 - 3 erkennen.

Wie mit ansteigender Schnitttiefe die Staub-Exposition zunimmt zeigt zum anderen auch Abbildung 6.1.3 - 5 für das Bearbeitungssystem MF02-E06. Dieses System wurde als einziges Bearbeitungssystem in vier Schnitttiefen geprüft. Die Messwerte steigen deutlich erkennbar für alle drei Staubarten (A-Staub; E-Staub und Quarz-Staub) mit zunehmender Schnitttiefe von 22 mm nach 50 mm an.

6.1.4 Zusätzliche Untersuchungen

Neben den marktüblichen vom Hersteller abgestimmten Systemen wurden weitere Kombinationen von Mauernutfräsen mit unterschiedlichen Mobilentstaubern sowie einige Prototypen untersucht. Diese Systeme wurden zum Stand der Untersuchung in dieser Kombination vom Hersteller nicht angeboten bzw. empfohlen (siehe Tab. 6.1.4 - 1)

Tabelle 6.1.4 - 1 Zusätzliche Untersuchungen - Mauernutfräsen

Grenzwertüberschreitungen der zeitgewichteten Mittelwerte sind rot markiert.

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m³]	A-Staub [mg/m³]	Bemerkung
2005/2594	MF01b - E15	2,26	0,65	H-Entstauberprüfungen auf Kalksandstein
2005/2261	MF02e - E06	5,46	1,92	Geräteprototyp mit verbesserter Absaugung
2005/2474	MF02f - E06	3,6	1,30	Geräteprototyp mit verbesserter Abdichtung, nur 1 Versuch durchgeführt
2004/2492A	MF05b - E02	499	118,00	herkömmliche Konfiguration ohne Entstauberbeutel, nur 1 Versuch durchgeführt
2004/2996	MF05c - E06	4,51	0,53	Mauernutfräse wurde mit einem anderen Entstauber getestet
2005/2462	MF05d - E02	12,22	3,53	Haubenprototyp mit angepasster Maschine
2005/2464	MF05f - E02	10,46	3,49	Entstauber ohne Beutel, optimierte Einstellung
2005/1133	MF07a - E16	4,09	0,76	H-Entstauberprüfungen auf KS
2005/569	MF07b - E14	4,01	0,97	H-Entstauberprüfungen auf KS
2004/2598	MF15a - E07	7,46	2,65	Entstauber defekt
2005/2600	MF15c - E15	0,77	0,54	H-Entstauberprüfungen auf KS, Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads
2004/2905	MF16 - E07	1,19	0,28	Prototyp /Verbesserung des herkömmlichen Gerätes, soll Ende 2006 auf den Markt kommen
2005/165	MF20 - E11	33,76	8,16	Geräteprototyp
2005/2595	MF22 - E20	6,5	2,15	Entstauberprototyp

Durch diese zusätzlichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass in zumindest einem Fall, die erhöhten Messwerte auf eine nicht optimale Abstimmung von Bearbeitungsgerät und Mobilentstauber zurückzuführen sind (MF05a-E02 und MF05c-E06) (siehe Abbildung 6.1.3 - 6). Hier kommt offensichtlich der Mobilentstauber nach kurzer Zeit nicht mit

den für Mauernutfräsen typischen großen erfassten Massen zurecht. Der alleinige Wechsel des Mobilentstaubers (MF05-E06) bringt bereits eine drastische Verbesserung.

Bei anderen Systemen (MF11-E03, MF07-E01) war zu beobachten, dass beim Fräsvorgang selbst aufgrund einer relativ geschlossenen Haube nur eine geringe Staubemission auftrat. Allerdings sammelten sich in der Haube teilweise recht große Mengen Staub an. Dieser Staub fiel z.B. beim Absetzen der Maschine von der Wand oder Wechsel der Schnittrichtung aus dem Gehäuse zu Boden und belastete die Raumluft. Dieser Effekt ist in den PIMEX-Observationen gut zu beobachten und hat sicherlich das Ergebnis für diese Maschinen negativ beeinflusst.

In der Kategorie III wurden noch einige orientierende Zusatzmessungen vorgenommen. So stellte ein Hersteller für seinen Mobilentstauber zwei Saugschläuche mit verschiedenen Schlauchdurchmessern (27 mm und 35 mm) zur Verfügung. Beide Schläuche werden marktüblich verwendet. Aufgrund der Streubreite der Messwerte lässt sich allerdings weder bei A- noch bei E-Staub keine aussagekräftige Tendenz erkennen, welcher Schlauchdurchmesser eine Verbesserung bringen könnte.

Im Rahmen des Projektes wurden auch Prototypen von veränderten marktüblichen Systemen untersucht. Das marktübliche System MF02a-E06 wurde mit verbesserter Erfassung (MF02e-E06) und verbesserter Abdichtung (MF02f-E06) der Haube untersucht.

Verbesserte Erfassung

Die verbesserte Erfassung des Gerätes (MF02e-E06) zeigte dabei deutlich eine verringerte Staubemission. Durch diese Modifikation konnten die Grenzwerte - im Gegensatz zu allen anderen Systemen in der Kategorie IV - eingehalten werden. Der Hersteller plant, diese Verbesserung des Gerätes im Jahr 2006 auf den Markt zu bringen.

Verbesserte Abdichtung

Die verbesserte, besonders gute Abdichtung der Haube (MF02f-E06) selbst hatte zunächst ebenfalls eine Verringerung der Staubentwicklung zur Folge. Durch die Modifikation verringerte sich (evtl. aufgrund des nun zu starken Unterdrucks an der Maschine) die eigentlich sehr gute Absaugleistung des Mobilentstaubers. Aufgrund dessen Überlastung musste diese Prüfung daher bereits nach dem ersten Versuch abgebrochen werden.

Mobilentstaubermodifikationen

Weitere modifizierte Konfigurationen wurden von der Mauernutfräse MF05 untersucht. Untersucht wurde zunächst die marktübliche Konfiguration bestehend aus Mauernutfräse MF05 mit dem Mobilentstauber E02, bestückt mit einer Papierfiltertüte der Klasse M. Dabei zeigte sich, dass sich die Absaugleistung des Mobilentstaubers durch die Papierfiltertüte verringerte. Daher wurde eine weitere Prüfung des Gerätes ohne Entstauberfilterbeutel durchgeführt (MF05b-E02). Hierbei stieg aber die Staubemission während des ersten Versuches jedoch so stark an, dass dieser abgebrochen werden musste. Im Anschluss wurde ein nochmaliger Versuch mit eingelegtem Staubsammelbeutel (MF05g-E02) durchgeführt, dessen Werte mit den ersten Prüfergebnissen der Mauernutfräse übereinstimmen.

Nach der zusätzlichen Prüfung mit einem anderen, offensichtlich effizienteren Mobilentstauber (MF05c-E06) wurde der möglichen Ursache der schlechten Absaugleistung nachgegangen. So wurde am Mobilentstauber ohne Papierfilterbeutel die Wirksamkeit von Bedienungsänderungen (Optimierung und häufigeres manuelles Abrütteln des Hauptfilters, MF05f-E02) getestet. Diese Modifikation ergab eine Verringerung auf ca. 1/4 der ursprünglichen Werte (MF05f-E02). Die zur Abreinigung notwendige Abrüttelfrequenz scheint allerdings beim Gebrauch auf der Baustelle wenig praktikabel.

Als weitere Verbesserung wurde ein Filterbeutelprototyp aus einem anderen Material als die bisher verwendete Papierfiltertüte staubtechnisch untersucht (MF05e-E02). Auch hier zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Staubemission. A- wie auch E-Staub liegen aber geringfügig höher als die Werte des Versuches MF05f-E02.

Eine wesentliche Rolle bei der Staubemission spielte auch die unzureichende Stauberfassung durch die Haube; diese lag nicht auf dem Untergrundmaterial auf und bildete einen Spalt, durch den viel Staub austrat. Der Hersteller ließ daher einen aufgrund der ersten Erkenntnisse verbesserten Haubenprototyp ohne Papierfilterbeutel mit erhöhter Abrüttelfrequenz testen (MF05d-E05). Die Optimierung der Haubenkonstruktion und des Mobilentstaubers ergab ebenfalls eine Verringerung der Staubkonzentration auf 1/4 der ersten Ergebnisse.

Bei der Untersuchung an Mauernutfräsen (MF07) mit dem vom Hersteller als Systemkomponente gelieferter Mobilentstauber der Klasse M (E01) ließen sich deutlich bessere Ergebnisse (= geringe Staubemission) erzielen, als bei der Verwendung von zwei unterschiedlichen "Alternativ"-Mobilentstaubern der Staubklasse H (E16; E14). Dieser Effekt lässt sich ebenfalls deutlich an der Mauernutfräse MF15 beobachten. Auch hier liefert die vom Hersteller empfohlene Kombination (MF15-E07) hinsichtlich der Staubemission ein nahezu identisches Ergebnis als ein Wechsel auf einen nicht abgestimmten Mobilentstauber der höheren Staubklasse H (MF15-E15) (siehe hierzu Abbildung 6.1.3 - 7).

6.1.5 Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Mauernutfräsen ohne angeschlossenen Mobilentstauber ist vor dem Hintergrund der dabei freigesetzten Staubmassen nicht zu akzeptieren, da Überschreitungen der Grenzwerte um den Faktor 1.000 und mehr möglich sind.

Die Untersuchungen im Prüfraum und einige Praxismessungen auf Baustellen zeigen (vgl. Kapitel 7.2), dass heute marktübliche vom Hersteller abgestimmte Bearbeitungssysteme drastisch verringerte Staubemissionen aufweisen.

Bei 21 der 41 durchgeführten Prüfungen der Bearbeitungssysteme konnten die Grenzwerte eingehalten werden. Um aussagefähige Ergebnisse zu erhalten, wurden die Messzeiten weit über die in der Praxis üblichen Einsatzzeiten ausgedehnt. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Werte in der Praxis gegenüber den hier ermittelten nochmals niedriger liegen.

6.2 Betonschleifer

Betonschleifer sind handgeführte Elektrowerkzeuge, die vor allem in der Bauwirtschaft und der Steinbearbeitung eingesetzt werden. Er dient zum Entgraten und Glätten von Beton-Oberflächen, zum Beseitigen von Unebenheiten und Schalungsnähten, aber auch von alten Schutzanstrichen oder Kleberresten. Als Einsatzwerkzeuge werden diamantbestückte Segmentschleifkörper (Topfscheiben) verwendet. Die diamantbesetzte Schleifscheibe arbeitet stirnseitig.

Bei Betonschleifern handelt es sich um Geräte mit schnell rotierenden Werkzeugen, mit denen Material von der (Beton-)Oberfläche geschliffen wird. Dabei werden große Mengen an Staub erzeugt. Gesundheitsgefahren können durch den freigesetzten mineralischen Staub auftreten, der in Anhängigkeit vom Untergrund Anteile an Quarz enthalten kann. Betonschleifer nach dem Stand der Technik sind deshalb mit Erfassungselementen ausgerüstet und können in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben werden, was heutzutage auf Baustellen leider noch viel zu selten praktiziert wird.

6.2.1 Prüfkriterien

Die Kriterien zur staubtechnischen Prüfung von Betonschleifern erarbeitete eine Arbeitsgruppe am 12. Juli 2004 in Feuchtwangen.

Die Bearbeitungssysteme wurden nicht in Kategorien eingeteilt. Um die Vergleichbarkeit der Systeme zu gewährleisten, wurden für die Untersuchungen folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

- Zum Einsatz kommen gängige Segmentschleifkörper mit folgenden Scheibendurchmessern: 125-150-180 mm.
- Die Bearbeitungsmaschinen werden während der Versuche stets auf maximaler Leistungsstufe/Drehzahl (falls regelbar) betrieben.
- Die zu bearbeitende Fläche wird mit 2,4 m² festgelegt.
- Um die Geräte untereinander vergleichbar zu halten, muss das gerätespezifisch erfasste Material pro Versuch erfasst werden. Hierzu wird die von den Betonplatten erfasste Masse durch Wägung bestimmt.

Mineralischer Werkstoff

Die Bearbeitungsfläche wird aus 10 Einzelbetonplatten (Gehwegplatten 40x60x5 cm) zusammengestellt und mit einem Rahmen auf dem A-Bock fixiert. Die Rahmenkonstruktion dient gleichzeitig der Randbegrenzung, die einen gleich bleibenden Abstand zum Prüfflächenrand gewährleistet.

Das Gewicht der Betonplatten liegt zwischen 28-29 kg. Das zu bearbeitende Material (Gehwegplatten) muss eine bestimmte Betonfestigkeitsklasse (B 35; CEM I; 42,5 R;) aufweisen. Die Betonplatten wurden auf Paletten angeliefert und trocken gelagert. Für einen Versuch wurden jeweils 10 Platten verwendet.



Abb. 6.2.1 - 1 Betonplatten auf dem A-Bock

6.2.2 Durchführung

Das zu untersuchende Bearbeitungsgerät wurde auf die maximale Leistungsstufe (Drehzahl) entsprechend der Herstellerangaben eingestellt.

Auf die Versuchswand werden die Betonplatten wie oben beschrieben aufgestellt (siehe auch Versuchsaufbau auf unterem Bild). Die Platten sollen nur auf der Frontseite bearbeitet und dürfen nicht über den Rand hinaus geschliffen werden. Deshalb wurde der A-Bock mit einer Rahmenkonstruktion abgetrennt.

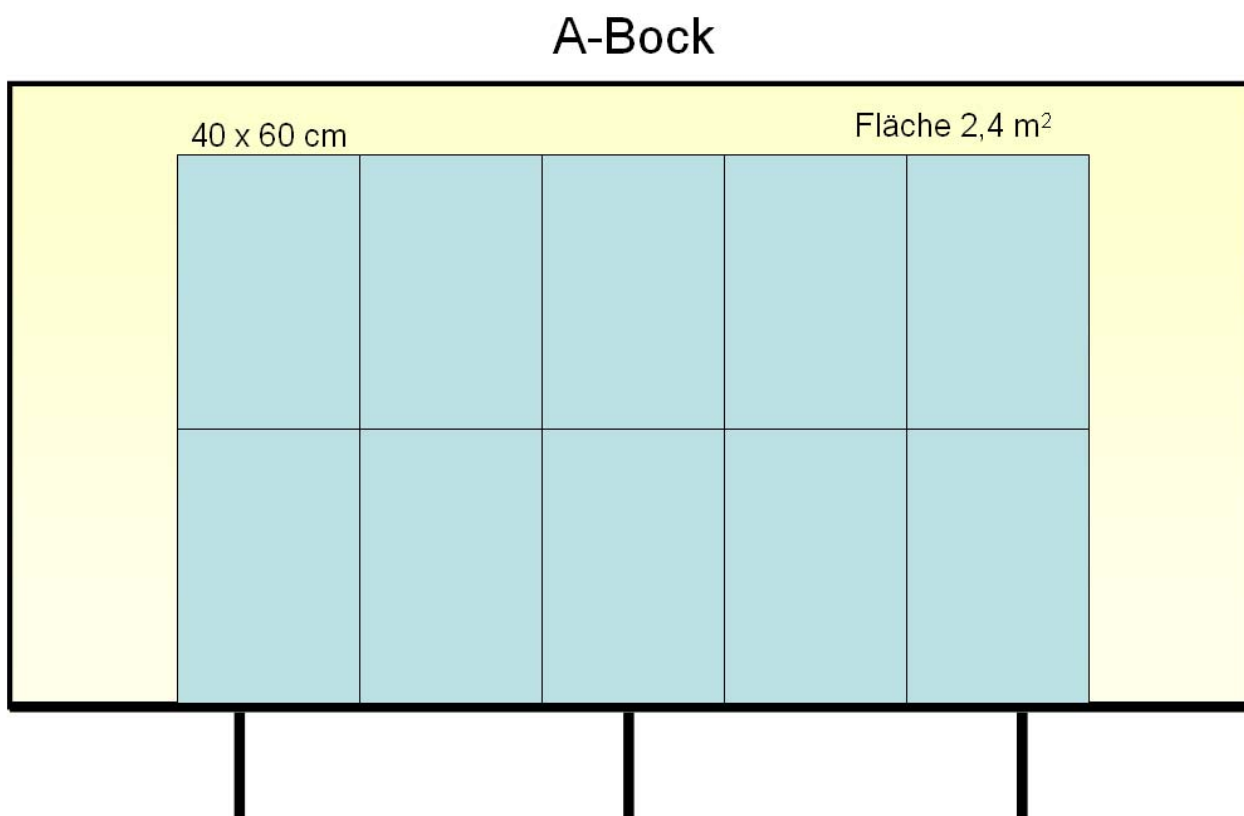


Abb. 6.2.2 – 1 Anordnung der Betonplatten auf dem A-Bock

Bei jedem Versuch wird etwa 1 Stunde lang geschliffen. Der Mobilentstauber wird vor und nach der Probenahme incl. Schlauch gewogen, um die erfasste Staubmenge zu bestimmen.

Die Raumreinigung zwischen den Versuchen erfolgte wie beschrieben. (Kapitel 5.3)

6.2.3 Messdatenauswertung und Bewertung Betonschleifer

Ziel der Untersuchungen an Betonschleifern sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Für die Maschinengruppe der Betonschleifer wurden 15 Kombinationen von Betonschleifern mit Mobilentstaubern untersucht. Bei 12 dieser Kombination handelt es sich um marktübliche vom Hersteller empfohlene Bearbeitungssysteme. Drei der untersuchten Systeme waren zum Zeitpunkt der Untersuchung in diese Kombination am Markt nicht verfügbar (diese sind in der Tabelle 6.2.2 kenntlich gemacht (marktüblich = nein)).

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.2.3 - 1 bis 6.2.3 - 3) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

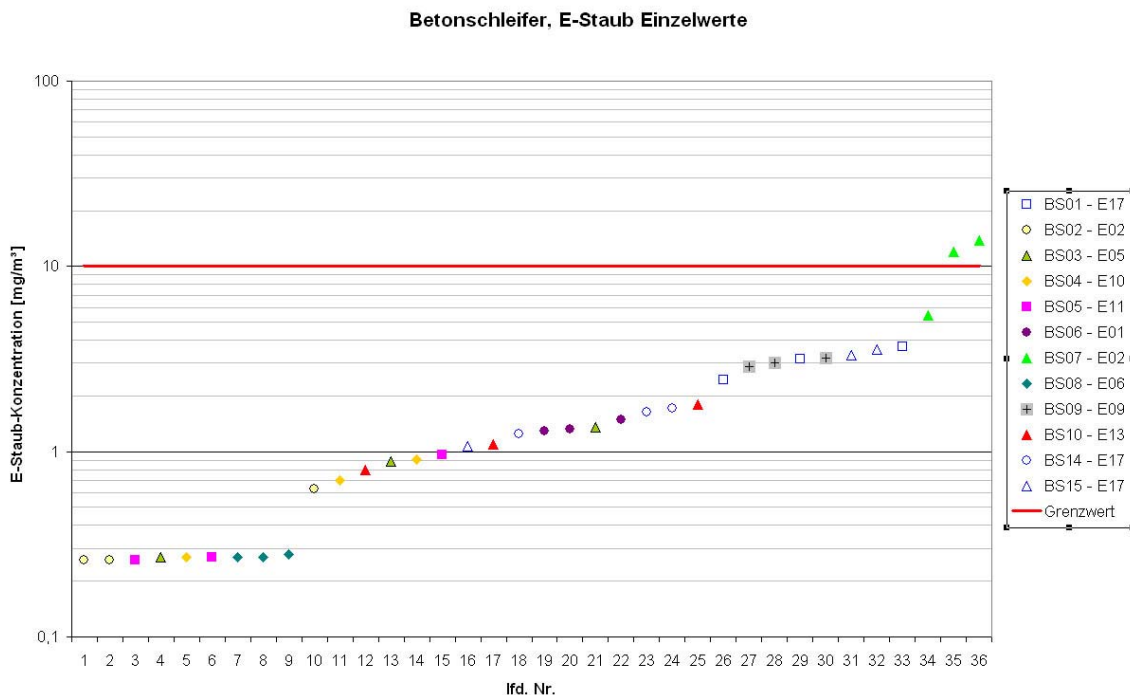


Abb. 6.2.3 – 1 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer

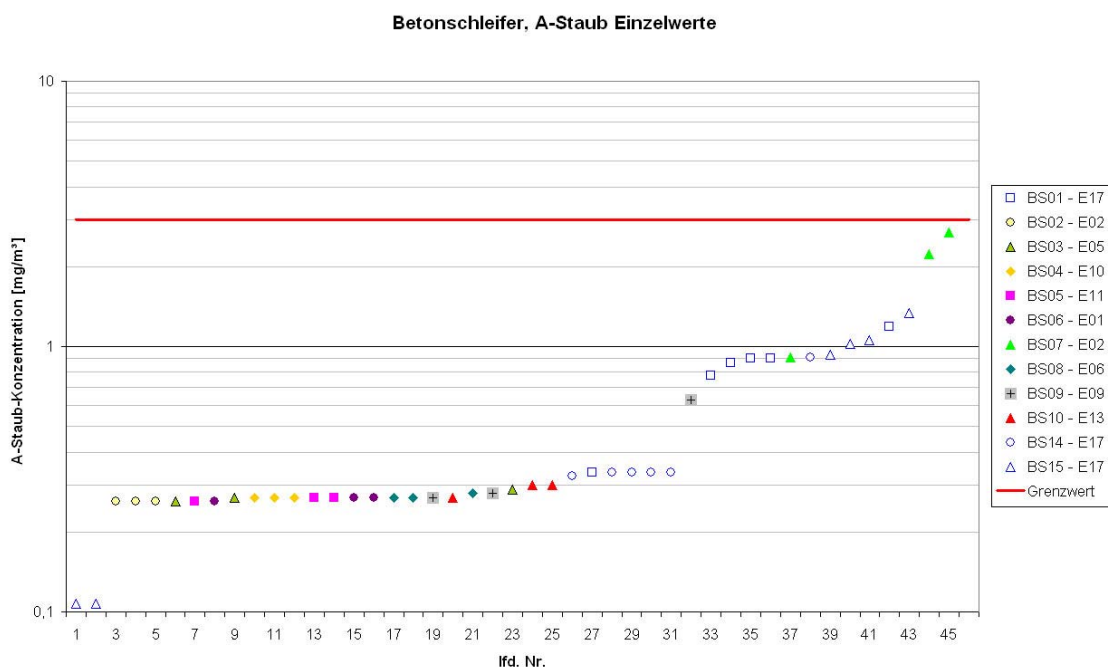


Abb. 6.2.3 – 2 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer

Betonschleifer, Quarzstaub Einzelwerte

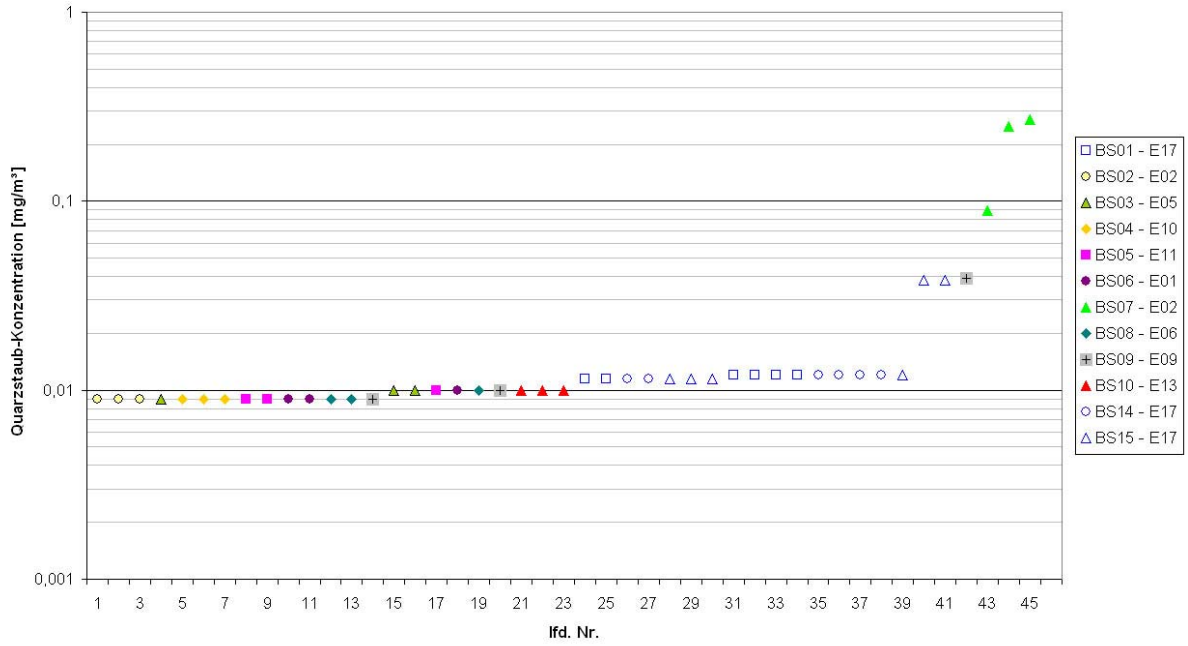


Abb. 6.2.3 – 3 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer

Betonschleifer, Übersicht

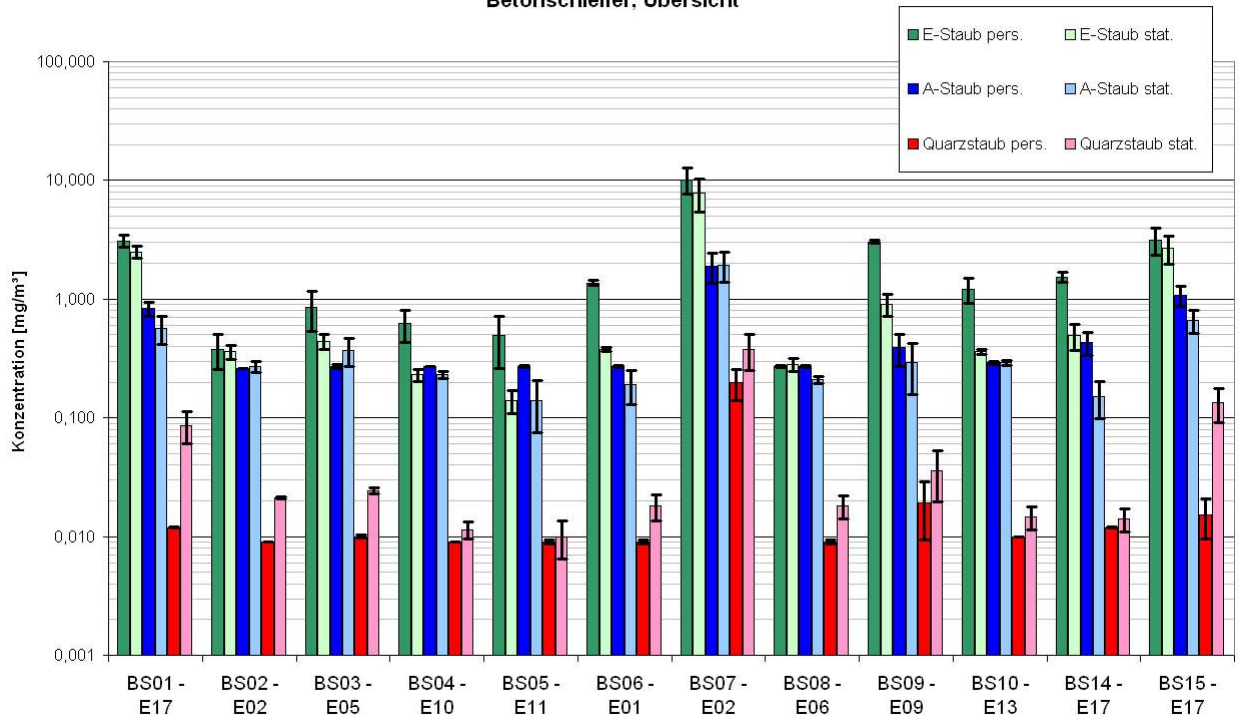


Abb. 6.2.3 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Betonschleifer

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mit ihrer Streubreite.

Tabelle 6.2.3 - 1 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen ("<NWG"), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte <NWG vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Die Differenz in einigen Fällen zu den theoretisch zu erwartenden 45 (15 * 3) Messwerten pro Staub-Art erklärt sich durch einen defekten Probenträger (so dass in einem Fall kein A-Staub und Quarz-Staub bestimmt werden konnte). Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Tabelle 6.2.3 - 1 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Betonschleifern

(P = personengetragene Probenahme, S = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		< NWG		≈ NWG [mg/m ³]	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	45	45	35	44	10	1	0,6	0,16
A-Staub	54	44	17	37	37	7	0,6	0,2
Quarz-Staub	54	44	7	43	47	1	0,02	0,04

In Tabelle 6.2.3 - 2 sind die untersuchten Betonschleifer aufgeführt, zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen.

Tabelle 6.2.3 - 2 Untersuchte Betonschleifer

Messbereich	Maschine	Mobilentstauber	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
2005/2262	BS01	E17	1,30		Ja
2004/3652	BS02	E02	0,79		Ja
2004/3653	BS03	E05	0,90		Ja
2004/3679	BS04	E10	0,94		Ja
2004/3680	BS05	E11	1,70		Ja
2004/3647	BS06	E01	1,13		Ja
2004/3651	BS07	E02	4,03		Ja
2004/3648	BS08	E06	0,95		Ja
2004/3935	BS09	E09	0,67		Ja
2004/3654	BS10	E13	0,68		Ja
2004/3936	BS11	E13	0,90	Prototyp der Haube/ Verbesserung an der Haube des herkömmlichen Gerätes, wird ab Mitte 2006 auf den Markt kommen	Nein
2004/3934	BS12	E03	1,17	Prototyp, nicht auf dem Markt erhältlich	Nein
2004/3933	BS13 *	E00	1,10	Geräteprototyp ohne Entstauberabsaugung, nur mit Staubsack	Nein
2005/2263	BS14	E17	0,95		Ja
2005/2264	BS15	E17	1,62		Ja

* = zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht am Markt verfügbar

Die Spannweite der erfassten Massen reicht von 0,44 kg bis zu 4,79 kg. Dabei erreicht die Maschine BS07-E02 die mit Abstand höchste gemittelte Masse von ca. 4 kg. Alle anderen erfassten Massen liegen zwischen 0,44 und 2,32 kg, der Mittelwert beträgt 1,06 kg.

Für die Bewertung des Bearbeitungssystems (Betonschleifer + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem (Betonschleifer und Mobilentstauber) wurde der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R. drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltungen (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.2.3 - 3 farblich dargestellt.

Tabelle 6.2.3 - 3 Bewertung handelsüblicher Systeme: Betonschleifer

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2005/2262	BS01 - E17	3,09	0,83
2004/3652	BS02 - E02	0,38	0,26
2004/3653	BS03 - E05	0,85	0,27
2004/3679	BS04 - E10	0,62	0,27
2004/3680	BS05 - E11	0,49	0,27
2004/3647	BS06 - E01	1,37	0,27
2004/3651	BS07 - E02	10,17	1,90
2004/3648	BS08 - E06	0,27	0,27
2004/3935	BS09 - E09	3,03	0,39
2004/3654	BS10 - E13	1,22	0,29
2005/2263	BS14 - E17	1,53	0,43
2005/2264	BS15 - E17	3,13	1,08

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubarten oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubarten) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der **Typ I** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der **Typ II** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird bei Überschreitung der Grenzwerte gewählt.

Für die Betonschleifer wurden keine Kategorien gebildet, auch wenn die erfasste Masse durchaus eine hohe Spannweite aufweist. Es zeigt sich deutlich, dass die Maschine BS07-E02 mit der weitaus größten Abtragsmasse für alle drei Staubarten (E-, A- und Quarzstaub) die höchste Staubemission erzeugt. Daneben zeigt die Maschine BS13-E00 (Prototyp), die ohne Mobilentstauber arbeitet und den freigesetzten Staub direkt in einen Filtersack bläst, verhältnismäßig hohe Messwerte.

Die Maschinen BS01-E17 und BS15-E17 zeigen für A-Staub und E-Staub mittlere Messwerte. Für E-Staub zeigen auch noch die Maschinen BS09-E09 und BS12-E03 mittlere Messwerte.

Die nahezu baugleichen Geräte BS05 und BS08 erreichen ähnliche Messergebnisse, die Unterschiede der Mobilentstauber scheinen keine wesentliche Rolle zu spielen.

Eine Besonderheit stellt zudem der Betonschleifer BS15 dar, der an einem Spezialgestänge geführt wird (Langhalsschleifer) und bis ca. 1,5 m vom Bearbeiter entfernt das Material abtragen kann. Betrachtet man die erzielten Messwerte, scheint der räumliche Abstand des Betonschleifers offensichtlich keinen erkennbaren Einfluss auf die personengetragenen A- oder E-Staubwerte zu haben.

Alle anderen Betonschleifer zeigen durchweg niedrige Staubemissionen, die stets unterhalb der Grenzwerte liegen.

Die Einzelwerte für die i.d.R. jeweils 3 E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messungen aller Betonschleifer-Versuche sind in Abbildung 6.2.3 - 1 bis 6.2.3 - 3 dargestellt.

Bewertung:

Die Betonschleifer BS02-E02, BS05-E11, BS03-E05, BS08-E06, BS04-E10 setzen bei der Bearbeitung so wenig Staub frei, dass zumindest der Messwert eines Versuches für alle

Staubarten unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt (< NWG). Für diese Bearbeitungssysteme ist eine klare Zuordnung zum **Typ I** der Gefährdungsbeurteilungen möglich. Auch die Betonschleifer BS09-E09, BS 14-E17, BS 15-E17 liefern Messwerte teilweise deutlich unterhalb der Grenzwerte für A- und E-Staub. Auch hier ist eine zweifelsfreie Zuordnung zum **Typ I** gegeben. Lediglich der Betonschleifer BS07-E02 mit der weitaus größten Abtragsmasse zeigt bei E-Staub eine Überschreitung des Grenzwertes. Dieses System muss daher der **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messwerte für alle Staubarten bei den Betonschleifern liefert Abbildung 6.2.3. - 4. Dort sind die zeitgewichteten Mittelwerte der i.d.R. jeweils drei E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt:

Es wird deutlich, dass sich bei den Untersuchungen zu den Betonschleifern Grenzwertüberschreitungen nur in einem Fall bei den E-Staub-Werten zeigt. Da der Anteil von Werten <NWG insbesondere bei A-Staub (75%) und Quarzstaub (87%) recht hoch ist, sind Rückschlüsse aus dieser Darstellung nur bedingt möglich.

Einfluss der erfassten Masse

Aussagekräftig kann auch der Einfluss der erfassten Masse auf die Staubemission sein. Da für A-Staub und Quarz-Staub der Anteil der Messwerte <NWG überwiegt, wurden nur die E-Staubergebnisse in die Betrachtung einbezogen (Einzel-Messwerte). Abgesehen von den Maschinen BS07-E02 (außergewöhnlich hohe erfasste Massen zwischen 3 und 5 kg) sowie BS13-E00 (ohne Mobilentstauber, E-Staub teilweise > 8 mg/m³ bei ca. 1,2 kg erfasster Masse) verteilen sich alle anderen Maschinen in einer Punktwolke, die keinen auffälligen Einfluss der erfassten Masse erkennen lässt. Sowohl für Massen von ca. 0,5 kg bis hin zu 2,5 kg liegen die E-Staub-Werte im Bereich von 0,5 - 4 mg/m³.

6.2.4 Zusätzliche Untersuchungen

Neben den marktüblichen vom Hersteller abgestimmten Systemen wurde zwei weitere Kombinationen von Betonschleifern mit unterschiedlichen Mobilentstaubern sowie ein Prototyp, der ohne Mobilentstauber arbeitet und den freigesetzten Staub direkt in einen Staubsack bläst, getestet. Diese Systeme wurden zum Stand der Untersuchung in dieser Kombination vom Hersteller nicht angeboten bzw. empfohlen. Das letztgenannte System ist zwischenzeitlich aber am Markt erhältlich.

Tabelle 6.2.4 - 4 Untersuchte Betonschleifer, nicht marktübliche Systeme

Grenzwerteinhalten der zeitgewichteten Mittelwerte sind grün markiert

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]	Bemerkung
2004/3936	BS11 - E13	2,15	0,27	Prototyp der Haube /Verbesserung an der Haube des herkömmlichen Gerätes, wird ab Mitte 2006 auf den Markt kommen
2004/3934	BS12 - E03	2,88	0,27	Prototyp, nicht auf dem Markt erhältlich
2004/3933	BS13 - E00*	7,88	1,51	Geräteprototyp ohne Entstauberabsaugung, nur mit Staubsack

* zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht am Markt verfügbar

Bei den Bearbeitungssystemen BS11-E13 und BS12-E03 handelt es sich um singuläre Prototypen. Singulär bedeutet hier, dass die Herstellerfirma zum Zeitpunkt der Prüfungen keinen abgesaugten Betonschleifer vertreibt und es somit kein "Vorläufermodell" zum Vergleich gibt. (s.a. Abb. 6.2.4 - 1)

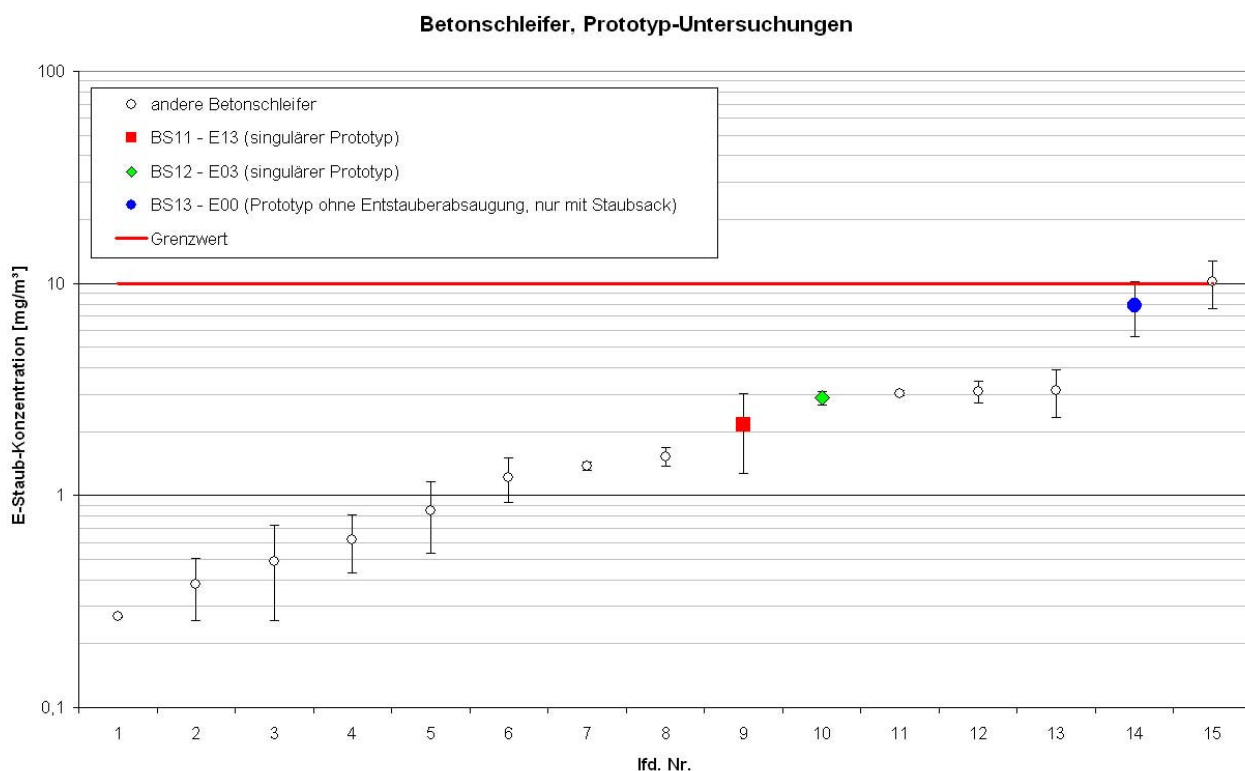


Abb. 6.2.4 – 1 Prototyp-Untersuchungen für Betonschleifer

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den Prototypen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Für das System MF20-E11 gibt es kein Vergleichssystem, dementsprechend ist es als ‚singulärer Prototyp‘ bezeichnet. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

Interessant ist die Maschine BS13, die ohne Mobilentstauber arbeitet und dafür den freigesetzten Staub in einen Staubsack leitet. Dieser Vorgang wird durch ein auf der Motorwelle zusätzlich angebrachtes Turbogebläse unterstützt. Dieses System der Stauberfassung zeigt gegenüber den Systemen mit Mobilentstaubern relativ schlechte Werte für E-Staub, die knapp unterhalb des Grenzwertes liegen (siehe hierzu Abbildung 6.2.5 - 1). Dennoch liegen die Ergebnisse dieses Systems unterhalb der höchsten Werte der Systeme mit Mobilentstauber. Bemerkenswert ist zudem, dass der Betonschleifer (BS12-E03) bis auf das zusätzliche Turbogebläse mit dem Betonschleifer BS13 nahezu identisch ist. Das Bearbeitungssystem BS12-E03 liefert im direkten Vergleich ein deutlich besseres Ergebnis als das nicht abgesaugte System.

6.2.5 Schlussfolgerungen

Das Arbeiten mit am Markt befindlichen Betonschleifern mit abgestimmten Mobilentstaubern erfolgt relativ staubarm.

Lediglich ein Bearbeitungssystem zeigt im Rahmen der Untersuchungen Messwerte für E-Staub oberhalb des Grenzwertes. Dieses System trägt aber im Vergleich zu den anderen untersuchten Maschinen viel Material ab.

Wie oben beschrieben, erreichte das System BS12-E03 mit Mobilentstauber im Vergleich zur Maschine BS13 mit Staubsack ein deutlich besseres Ergebnis. Daraus lässt sich schließen, dass die optimierte Absaugung durch Mobilentstauber für umfangreiche Arbeiten die beste Möglichkeit der Staubminimierung darstellt. Die Gerätekonfiguration Betonschleifer mit Staubsack kann allerdings aufgrund des geringeren Gewichtes und Geräteumfanges für geringfügige Arbeiten an schwer zugänglichen oder räumlich engen Arbeitsplätzen hilfreich sein.

Die Untersuchungen im Prüfraum zeigen, dass die heute marktüblichen vom Hersteller abgestimmten Bearbeitungssysteme für Betonschleifarbeiten drastisch verringerte Staubemissionen aufweisen. Bei 11 der 12 untersuchten handelsüblichen Systeme konnten die Grenzwerte für A-Staub und E-Staub unterschritten werden. Vor dem Hintergrund der bei den Schleifarbeiten erfassten Massen ist dies ein sehr gutes Ergebnis.

6.3 Diamanttrennschleifer

Diamanttrennschleifer (engl. diamond cutter) sind handgeführte Elektrowerkzeuge, die vorwiegend für Trennarbeiten von verschiedenen Werkstoffen, hauptsächlich Betonrand- und Leistensteinen, Ziegeln etc. in der Bauwirtschaft bestimmt sind. Auch Naturstein wird mit Diamanttrennschleifern bearbeitet bzw. geschnitten; dies war jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung. Wenn die Arbeitsspindel rechtwinkelig zur Motorachse angeordnet ist, werden die Geräte auch als Winkelschleifer bezeichnet.

Es handelt sich um Geräte mit schnell rotierenden Werkzeugen, mit denen u. a. mineralische Werkstoffe geschnitten werden. Dabei werden große Mengen an Staub erzeugt. Gesundheitsgefahren können durch den freigesetzten mineralischen Staub auftreten, der in Anhängigkeit vom Material unterschiedliche Anteile an Quarz enthalten kann. Diamanttrennschleifer nach dem Stand der Technik sind deshalb mit Erfassungselementen (Schutzhaube mit Führungsschlitten und Staubabsaugungsstutzen) ausgerüstet und können in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben werden.

6.3.1 Prüfkriterien

Die Kriterien zur staubtechnischen Prüfung von Diamanttrennschleifer erarbeitete eine Arbeitsgruppe am 2. November 2004 in Feuchtwangen.

Vorversuche ergaben, dass die Verwendung des A-Bockes für diese Versuche ungeeignet ist. Die Maschinenführung der Trennschleifgeräte an dem A-Bock gestaltet sich vertikal wie horizontal schwierig und ist zudem auch nicht praxisgerecht. Der Aufbau der Betonplatten erfolgte daher waagrecht auf einem Bockgestell. Dies kommt der auf Baustellen üblichen Arbeitsweise nahe.



Abb. 6.3.1 - 1 Bockgerüst zur Auflage der Betonplatten zur Untersuchung der Trennschleifer

Bei den Erörterungen der Ergebnisse aus den Vorversuchen ergaben sich folgende Kriterien für die Untersuchung der Diamanttrennschleifer:

- Zur Prüfung vorgesehen sind nur Trennschleifer, die ausschließlich zum Trennen von mineralischen Werkstoffen eingesetzt werden (engl. Cutter).
- Die Trennschleifer werden mit für diese Arbeiten üblicherweise verwendeten Diamanttrennscheiben bestückt. Korund- bzw. kunstharzgebundene Trennscheiben werden bei den Untersuchungen nicht verwendet.
- Als mineralischer Werkstoff werden Betonplatten der gleichen Güteklasse wie bei den Untersuchungen an Betonschleifern eingesetzt.
- Die Prüffläche ist eine Plattenlänge (ca. 0,6 m) breit und ca. 2,4 m lang, Dazu werden 6 Betonplatten mit den Maßen 0,6 m x 0,4 m hintereinander auf das Bockgerüst gelegt.
- Die Prüfschnitte werden mit dem Einfahren in die Platte ohne Eintauchvorgang begonnen. Der Schnitt endet ca. 10 cm vor Ende der Prüffläche; die Schnittlänge beträgt daher etwa 2,30 m.
- Vor dem Herausnehmen am Schnittende wird die Maschine ausgeschaltet.
- Der Schnittabstand wird auf 3 cm festgelegt; der Abstand zum unteren Rand wird anhand der Schlittenbreite ausgerichtet.
- Die Messzeit beträgt für alle Geräte 45 Minuten.

- Für die Schnitttiefen werden zwei Prüfkategorien festgelegt:
 - 2 cm Schnitttiefe für Diamanttrennscheiben mit Durchmesser 125 mm bis 180 mm.
 - 4 cm Schnitttiefe für Diamanttrennscheiben mit Durchmesser 230 mm und 300 mm und größer
- Die zerspannte Masse wird durch Wägung des kompletten Mobilentstaubers bestimmt. Das nicht von der Maschinenabsaugung erfasste zerspannte Material in Fugen und auf den Platten wird vorher aufgesaugt.
- Die Trennscheibendicke soll vor und nach dem Prüfvorgang mit einer Schieblehre bestimmt werden.
- Die Drehzahl der Maschinen ist vorgegeben und wird erfasst.
- Die Leistungsaufnahme der eingesetzten Maschine wird während des Versuchs überwacht und über das PIMEX System erfasst. Damit soll eine Überlastung der Maschine verhindert und rechtzeitig die Abnutzung der eingesetzten Trennscheibe erkannt werden. Für diese Überwachung der Leistungsaufnahmen wird ein Messmodul der Fa. AHLBORN über das Almemo-System in die PIMEX-Umgebung integriert.

Mineralischer Werkstoff

Die Bearbeitungsfläche wird aus 6 Einzelbetonplatten (Gehwegplatten 40x60x5 cm) zusammengestellt und auf dem Bockgerüst fixiert. Das Gewicht der Betonplatten liegt zwischen 28-29 kg. Das zu prüfende Material muss eine bestimmte Betonfestigkeitsklasse (B 35; CEM I; 42,5 R;) aufweisen.

6.3.2 Durchführung

Die zu untersuchende Maschine und der Mobilentstauber werden entsprechend der Herstellerangaben auf die vorgesehene Prüftiefe (2,0 cm bzw. 4,0 cm) eingestellt.

Als Prüffläche werden die Betonplatten wie unter Kap. Prüfkriterien beschrieben, auf dem Bockgerüst zusammengelegt.

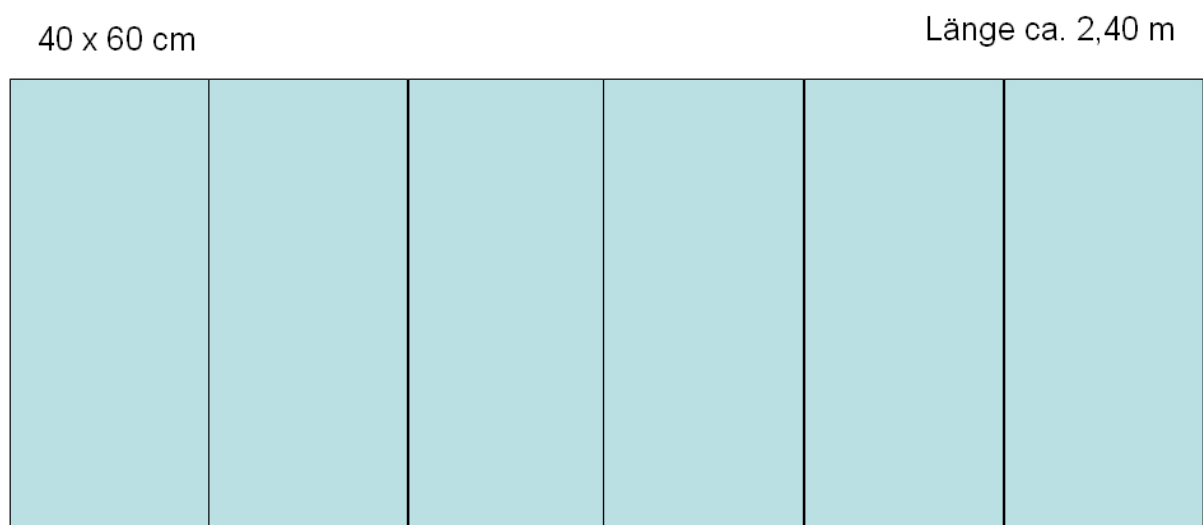


Abb. 6.3.2 - 1 Anordnung der Betonplatten auf dem Bockgerüst

Die Schnitte erfolgen entlang vorgegebenen Linien, die mit Bleistift auf den Betonplatten aufgezeichnet werden. Der Abstand zum unteren Rand (für den ersten Schnitt) ist jeweils abhängig von der Schlittenbreite des Trennschleifers (siehe Kap.Prüfkriterien)

Die Prüfschnitte werden wie in den Prüfkriterien vereinbart durchgeführt, die Maschine wird dabei vor dem Herausziehen aus der Betonplatte ausgeschaltet.

Nach je zwei Schnitten wird eine Pause von 3 min gemacht. In dieser Pause wird bei Bedarf die Trennscheibe gewechselt oder geschärft. Das Schärfen oder der Wechsel der Trennscheibe erfolgt außerhalb des Prüfraumes durch den Messtechniker. Der Maschinenbediener verbleibt in dieser Zeit im Prüfraum; die Messgeräte laufen weiter.

Der Mobilentstauber wird vor und nach der Probenahme gemeinsam mit dem Saugschlauch gewogen.

Nach Abschluss eines Versuches werden die Betonplatten vom Bockgerüst genommen und als Bauschutt entsorgt. Anschließend wird der Boden abgesaugt. Während dieser Zeit wird der Raum für den nächsten Versuch belüftet (vgl. Kapitel 5.3).

6.3.3 Messdatenauswertung und Bewertung Diamanttrennschleifer

Ziel der Untersuchungen an Diamanttrennschleifern sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Für die Maschinengruppe der Trennschleifer wurden 22 Kombinationen von Trennschleifern mit Mobilentstaubern untersucht. Bei 17 dieser Kombinationen handelt es sich um marktübliche vom Hersteller empfohlene Systemkonfigurationen aus Trennschleifer und Mobilentstauber.

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.3.3 - 1 bis 6.3.3 - 3) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

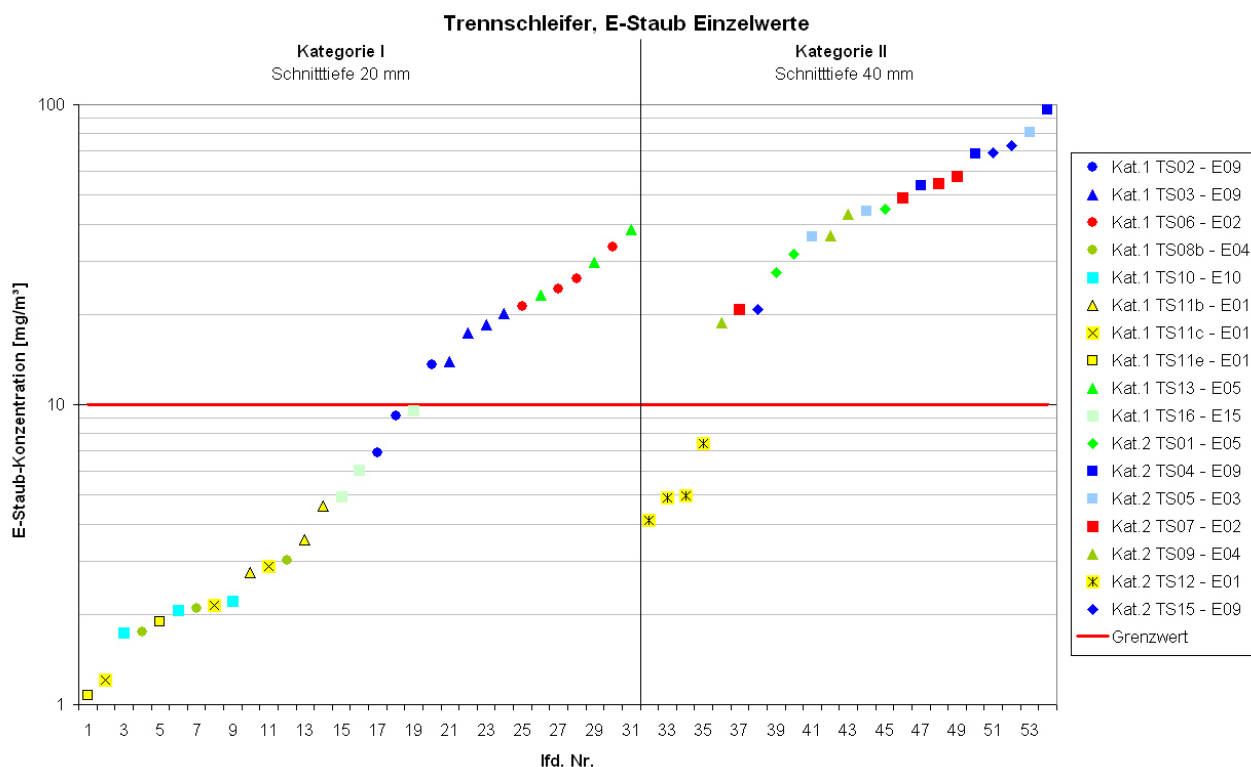


Abb. 6.3.3 – 1 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer

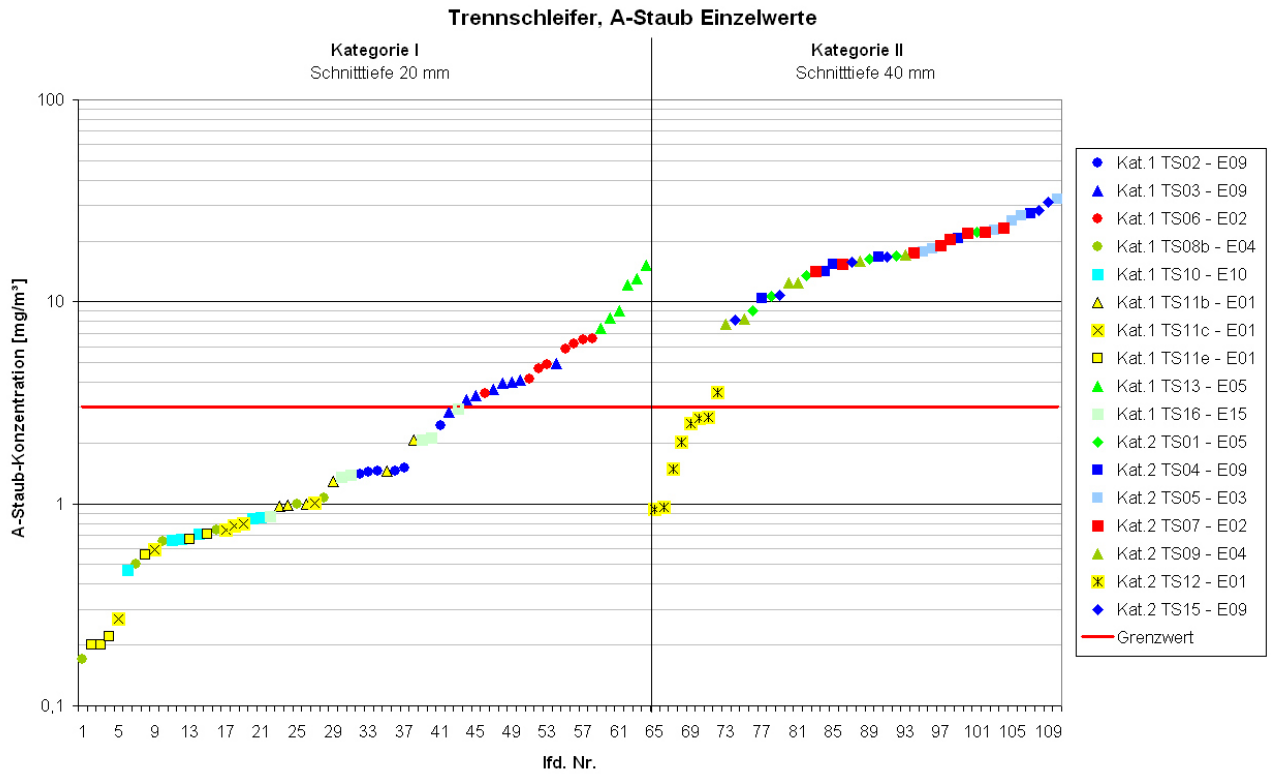


Abb. 6.3.3 – 2 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer

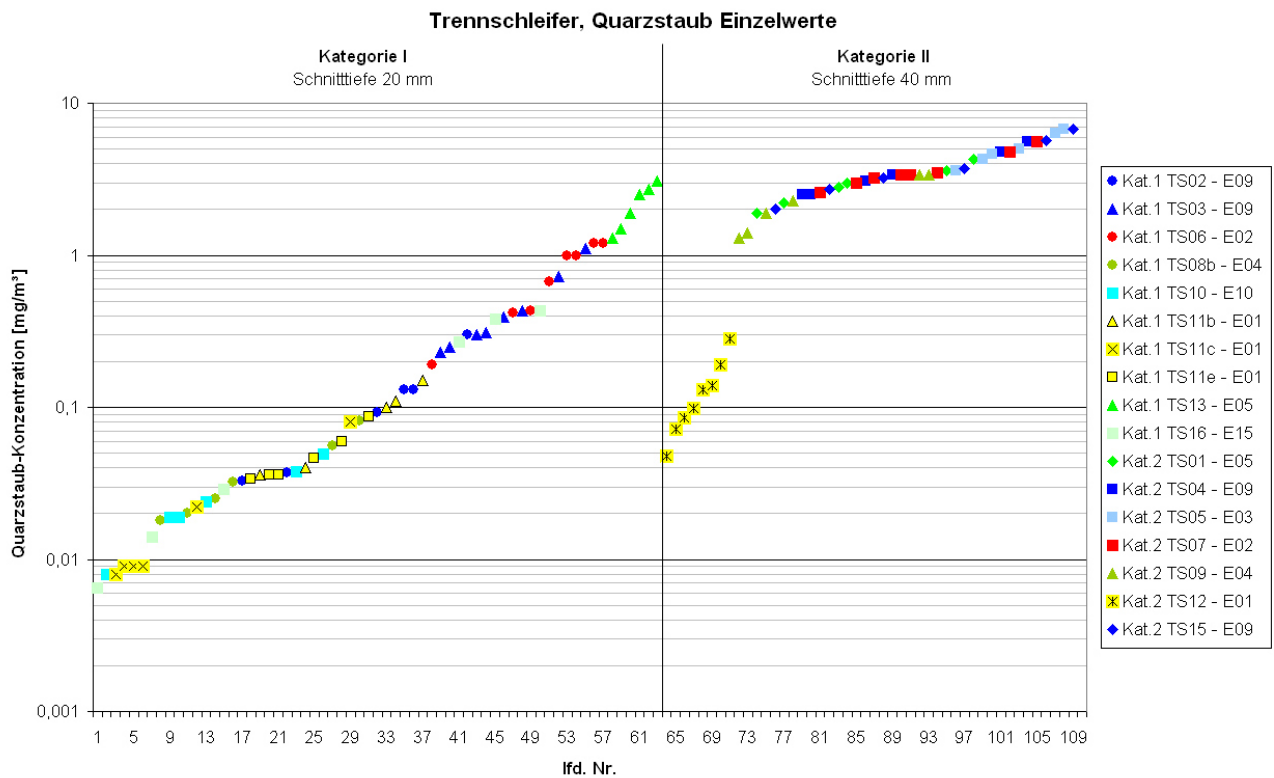


Abb. 6.3.3 – 3 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer

Tabelle 6.3.3 - 1 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen (" $<NWG$ "), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte $<NWG$ vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Da sich in vorhergehenden Versuchen zeigte, dass die Anbringung der Probenträger links oder rechts im Einatembereich des Maschinenbediener einen Einfluss auf die Höhe des Messwertes haben kann, erfolgte die A-Staub-Probenahme an der Person doppelt. Da von diesem Probenträger auch der Quarz-Staub-Messwert bestimmt wird, liegen theoretisch zu erwartend 66 ($22 \cdot 3$) Messwerte für E-Staub und 132 ($22 \cdot 2 \cdot 3$) Messwerte für A-Staub und Quarz-Staub vor. Abweichungen von diesen Zahlen erklären sich durch nicht durchgeführte Versuche bei einigen Untersuchungen. Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Tabelle 6.3.3 - 1 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Trennschleifern

(P = personengetragene Probenahme, S = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		< NWG		≈ NWG [mg/m^3]	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	70	66	70	66	0	0	-	-
A-Staub	142	68	134	68	8	0	0,6	-
Quarz-Staub	141	68	130	68	11	0	0,02	-

In Tabelle 6.3.3 - 2 sind die untersuchten Trennschleifer aufgeführt, zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen.

Tabelle 6.3.3 - 2 Untersuchte Diamanttrennschleifer

Messbereich	Maschine	Mobilentstauber	Kategorie	Schnitttiefe in mm	Mittelwert Schnittlänge in m	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
2005/305	TS01	E05	II	40	7,90	2,37		Ja
2005/507	TS02	E09	I	20	18,54	2,59		Ja
2005/510	TS03	E09	I	20	18,4	2,23		Ja
2005/508	TS04	E09	II	40	9,27	2,47		Ja
2005/286	TS05	E03	II	40	18,40	2,59		Ja
2005/287	TS06	E02	I	20	18,42	2,23		Ja
2005/288	TS07	E02	II	40	9,20	2,47		Ja
2005/570	TS08a	E14	I	20	18,40	4,89	H-Entstauberprüfungen auf Beton	Nein

Mess-bericht	Ma-schine	Mobil-ent-stauber	Kate-gorie	Schnitt-tiefe in mm	Mittelwert Schnitt-länge in m	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Herstel-ler abge-stimmtes System
2005/167	TS08b	E04	I	20	18,56	2,49		Ja
2005/168	TS09	E04	II	40	11,50	2,54		Ja
2005/166	TS10	E10	I	20	15,91	2,05		Ja
2005/568	TS11a	E14	I	20	18,40	2,05	H-Entstauber-prüfungen auf Beton	Nein
2005/296	TS11b	E01	I	20	18,47	3,43		Ja
2005/307	TS11c	E01	I	20	18,40	1,84		Ja
2005/1134	TS11d	E16	I	18	17,70	2,5	H-Entstauber-prüfungen auf Beton	Nein
2005/2602	TS11e	E01	I	25	18,80	2,46		Ja
2005/509	TS12	E01	II	40	9,26	2,60		Ja
2005/306	TS13	E05	I	20	17,93	2,19		Ja
2005/289	TS14 *	E00	I	20	18,40	3,06	Geräteprototyp ohne Entstauberabsaugung, nur mit Staubsack	Nein
2005/767	TS15	E09	II	40	9,19	2,74		Ja
2005/768	TS16	E15	I	28	12,27	2,83	zusammengesetzte Konfiguration, unterschiedliche Hersteller, aber auf dem Markt erhältlich	Ja
2005/2465	TS17	E18	I	22	2,60	2,13	Spezialgerät, Test als Trennschleifer auf Beton, Haube scheint ungeeignet zur Stauberfassung	Nein
2005/1518	TS18a	E19	I	20	60,0	-	Betontrennschleifer, Gerätezusammensetzung im Eigenbau, kein Entstauber, sondern Staubbindung durch Wasser	Nein
2005/1519	TS18b	E19	I	20	60,0	-	Fugenräumer, kein Entstauber, sondern Staubbindung durch Wasser	Nein

* = zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht am Markt verfügbar

Für die Trennschleifer wurden entsprechend der Schnitttiefe 2 Kategorien gebildet.

Die Einzelwerte für die i.d.R. 3 bzw. 6 E-Staub sowie A-Staub- und Quarzstaub-Messungen aller Trennschleifer-Versuche sind in Abbildung 6.3.1 - 1 bis 6.3.1 - 3 differenziert nach Schnitttiefenkategorie dargestellt.

Die Spannweite der abgetragenen, erfassten Massen reicht von 0,34 kg bis zu 5,0 kg. Dabei liegt der Mittelwert für die Schnitttiefenkategorie I bei 2,4 kg und für die Schnitttiefenkategorie II bei 2,8 kg. Die mittlere Schnittlänge für die Kategorie I ist mit 17,7 m nahezu doppelt so groß wie für die Kategorie II mit 10,0 m.

Für die Bewertung des Bearbeitungssystems (Diamanttrennschleifer + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem wurde zunächst der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R. drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltungen (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.3.3 - 3 farblich dargestellt.

Tabelle 6.3.3 - 3 Bewertung handelsüblicher Systeme: Diamanttrennschleifer

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2005/305	Kat.2 TS01 - E05	33,64	14,48
2005/507	Kat.1 TS02 - E09	9,76	1,62
2005/510	Kat.1 TS03 - E09	17,6	3,82
2005/508	Kat.2 TS04 - E09	71,97	17,21
2005/286	Kat.2 TS05 - E03	55,93	24,18
2005/287	Kat.1 TS06 - E02	26,94	5,40
2005/288	Kat.2 TS07 - E02	45,64	19,08
2005/167	Kat.1 TS08b - E04	2,29	0,67
2005/168	Kat.2 TS09 - E04	32,17	11,99
2005/166	Kat.1 TS10 - E10	2,01	0,70
2005/296	Kat.1 TS11b - E01	3,56	1,27
2005/307	Kat.1 TS11c - E01	2,21	0,73
2005/2602	Kat.1 TS11e - E01	1,46	0,43
2005/509	Kat.2 TS12 - E01	5,32	2,08
2005/306	Kat.1 TS13 - E05	30,02	10,71
2005/767	Kat.2 TS15 - E09	50,86	17,44
2005/768	Kat.1 TS16 - E15	6,29	1,71

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubarten oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubarten) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der **Typ I** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. **Der Typ II** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird bei Überschreitung der Grenzwerte gewählt.

Kategorie I

In der Schnitttiefenkategorie (20 mm) wurden 10 Diamanttrennschleifer mit einem Trennscheibendurchmesser von 125 bis 180 mm untersucht. Die Trennschleifer TS03-E09, TS06-E02 und TS09-E04 zeigten hierbei Messwerte deutlich oberhalb der Grenzwerte für E-Staub und A-Staub. Das System TS02-E09 liefert für E-Staub Messwerte um den Grenzwert; zeigte bei den Messwerten für A-Staub aber ein besseres Ergebnis.

Die Bearbeitungssysteme TS11b-E01, TS11c-E01, TS11e-E01 stellen ein und dasselbe Gerät mit unterschiedlicher Haubenkonfiguration dar und zeigen durchweg gute Ergebnisse unterhalb der Grenzwerte für E-Staub und A-Staub. Auch das System TS10-E10 überschreitet in keinem Fall die Grenzwerte.

Bewertung:

Die Diamanttrennschleifer TS03-E09, TS06-E02 und TS09-E04 müssen zweifelsfrei dem Typ II zugeordnet werden. Dagegen können die Systeme TS11b-E01, TS11c-E01, TS11e-E01 sowie TS10-E10 und mit Abstrichen auch TS02-E09 dem Typ I zugeordnet werden.

Kategorie II

In der Schnitttiefenkategorie (40 mm) wurden 7 Diamanttrennschleifer mit einem Trennscheibendurchmesser von 230 bis 305 mm untersucht. Die Trennschleifer TS01-E05, TS04-E09, TS05-E03, TS07-E02, TS09-E04 und TS15-E09 lieferten in allen Staubarten teilweise sehr hohe Messwerte, die die Grenzwerte für E-Staub und A-Staub deutlich überschreiten.

Lediglich der Trennschleifer TS12-E01 liefert in dieser Kategorie niedrige Messwerte, die unterhalb der Grenzwerte für E- und A-Staub liegen.

Bewertung:

Ohne Frage zählen Diamanttrennschleifer mit Scheibendurchmessern von 230 mm und mehr zu den am stärksten Staub emittierenden Maschinen dieser Untersuchungen. So verwundert es nicht, dass die Trennschleifer TS01-E05, TS04-E09, TS05-E03, TS07-E02, TS09-E04 und TS15-E09 aufgrund der Ergebnisse alle dem **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden müssen. Nur ein einziges System ist zweifelsfrei dem **Typ I** zuzuordnen.

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messwerte für alle Staubarten bei den Trennschleifern liefert Abbildung 6.3.3 - 4. Dort sind die zeitgewichteten Mittelwerte der i.d.R. 3 E-Staub bzw. jeweils 6 A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt. Wenn eine Überschreitung des Grenzwertes auftritt, dann stets für beide Staubfraktionen (E-Staub und A-Staub).

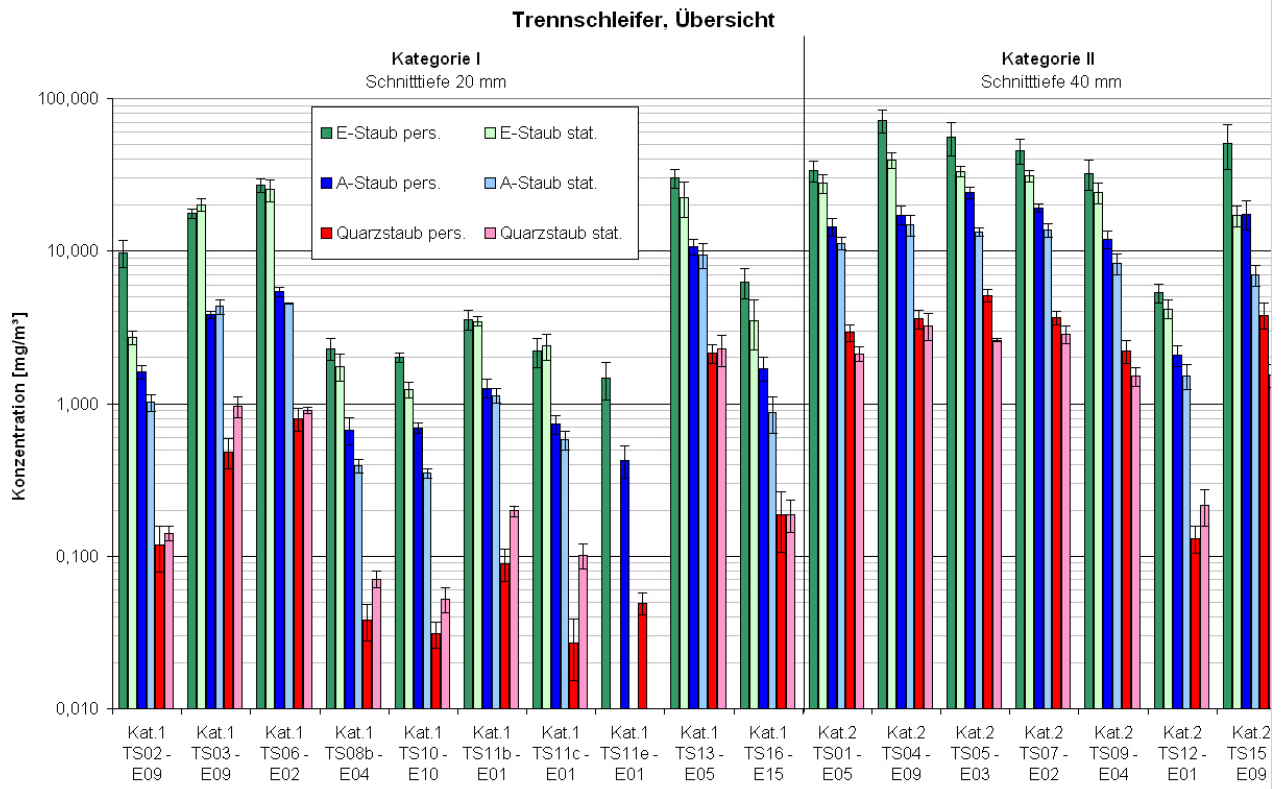


Abb. 6.3.3 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Trennschleifer

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mit ihrer Streubreite.

6.3.4 Zusätzliche Untersuchungen

Neben den marktüblichen vom Hersteller abgestimmten Systemen wurden auch hier zusätzliche Untersuchungen zu Diamanttrennschleifern durchgeführt (Prototypen (TS16), Spezialanfertigungen (TS17) und ein System mit einem Wasserspülsystem (TS18) sowie Systeme mit unterschiedlichen Mobilentstaubern). In der Tabelle 6.3.4 - 1 sind die verschiedenen Konfigurationen aufgelistet.

Tabelle 6.3.4 - 1 Untersuchte Trennschleifer, nicht marktüblich

Grenzwertüberschreitungen der zeitgewichteten Mittelwerte sind rot markiert.

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]	Bemerkung
2005/570	Kat.1 TS08a - E14	1,69	0,46	H-Entstauberprüfungen auf Beton
2005/568	Kat.1 TS11a - E14	3,28	1,40	H-Entstauberprüfungen auf Beton, flexible Absaughaube
2005/1134	Kat.1 TS11d - E16	9,58	2,04	H-Entstauberprüfungen auf Beton, flexible Absaughaube, schließt nicht ganz ab
2005/289	Kat.1 TS14 - E00	17,02	6,40	Geräteprototyp ohne Entstauberabsaugung, nur mit Staubsack
2005/2465	Kat.2 TS17 - E18	90,99	17,04	Spezialgerät, Test als Trennschleifer auf Beton, Haube scheint ungeeignet zur Stauberfassung
2005/1518	Kat.1 TS18a - E19	131	22,05	Betontrennscheifer, Gerätezusammenstellung im Eigenbau, kein Entstauber, sondern Staubbinding durch Wasser
2005/1519	Kat.1 TS18b - E19	226,7	49,48	Fugenräumer, Gerätezusammenstellung im Eigenbau, kein Entstauber, sondern Staubbinding durch Wasser

* = zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht am Markt verfügbar

H-Entstauber

Neben den abgestimmten Systemen wurden drei Kombinationen von Diamanttrennschleifern mit unterschiedlichen Mobilentstaubern getestet. (siehe Abbildung 6.3.4 - 1). Das Diagramm stellt die ursprüngliche Konfiguration Trennschleifer + Mobilentstauber im Vergleich zu der "neuen" Konfiguration mit dem H-Entstauber gegenüber.

Während das Bearbeitungssystem TS08a-E14 (mit H-Entstauber) innerhalb der Streubreite der Messergebnisse geringfügig niedrigere Messwerte zeigt, als das handelsübliche System TS08b-E04, liefert der Einsatz eines H-Entstaubers in den anderen beiden Fällen keine Verbesserung. Beide Systeme, TS11a-E14 und TS11d-E16 zeigen deutlich höhere Staubfreisetzungen als die handelsüblichen Systeme.

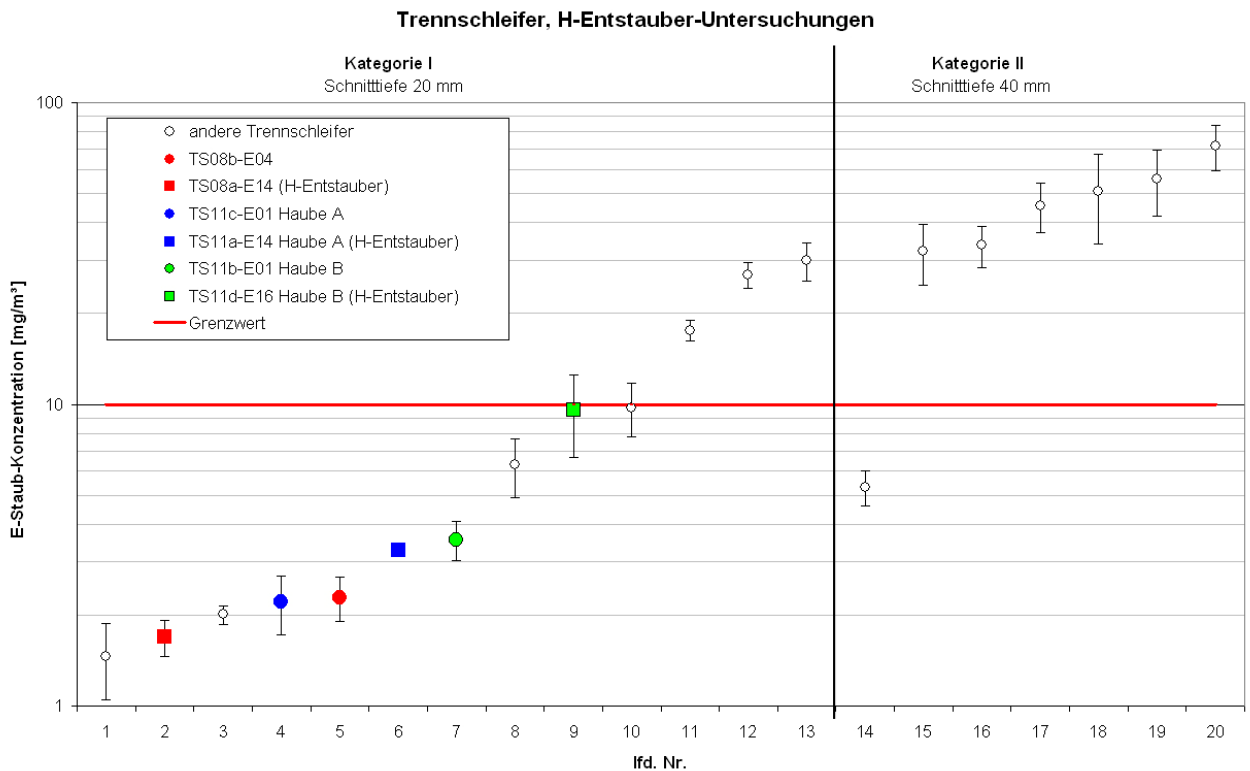


Abb. 6.3.4 – 1 H-Entstauber und Untersuchungen für handelsübliche Trennschleifer

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den H-Entstauber-Messungen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

Prototypen

Außerdem wurden drei Prototypen, die zum Teil mit besonderen Verfahren arbeiten, hinsichtlich der bei Anwendung entstehenden Staubemission untersucht. Unter anderem kam in der Schnitttiefenkategorie I auch die schon bei der Maschine BS13 erläuterte Spezialtechnik zum Einsatz. Der Diamanttrennschleifer TS14 ist nicht an einen Mobilentstauber angeschlossen. Ein auf der Motorwelle zusätzlich angebrachtes Turbogebälde unterstützt die Absaugung und leitet den erfassten Staub in einen speziellen Staubsack. Dieses System der Stauberfassung zeigt gegenüber den Systemen mit Mobilentstaubern relativ hohe Werte für E-Staub, die oberhalb des Grenzwertes liegen (siehe hierzu Abbildung 6.3.4 - 2). Dennoch liegen die Ergebnisse dieses Systems noch unterhalb der Werte der drei schlechtesten Systeme der Schnitttiefenkategorie I mit Mobilentstaubern.

Eine Besonderheit stellte außerdem ein in der Ausführung gewichtsreduzierter handgeführter Trennschleifer mit Hochfrequenzmotor dar (TS17-E18). Dieses System zeigte eine der höchsten Staubemissionen im Vergleich zu den Trennschleifern beider Schnitttiefenklassen. Das System verfügte leider nur über eine nicht angepasste, ungenügende Stauberfassung. Neben der halboffenen Haube war der von einem anderen Hersteller gestellte Mobilentstauber nicht optimal an das Gerät angepasst.

Ein weiterer Sonderfall in der Gerätekategorie der Diamanttrennschleifer wurde mit dem Gerät TS18 in der Schnitttiefenkategorie I geprüft. Dieser Trennschleifer repräsentierte die Staubbindung bei Trennschleifarbeiten durch ein wassergespültes System, hier als Entstaubungseinheit E19 bezeichnet. Der Trennschleifer wurde mit einer Diamanttrennscheibe wie unter 6.3.2 "Durchführung" beschrieben auf Beton getestet; hier fand aus sicherheitstechnischen Gründen nur ein Versuch statt.

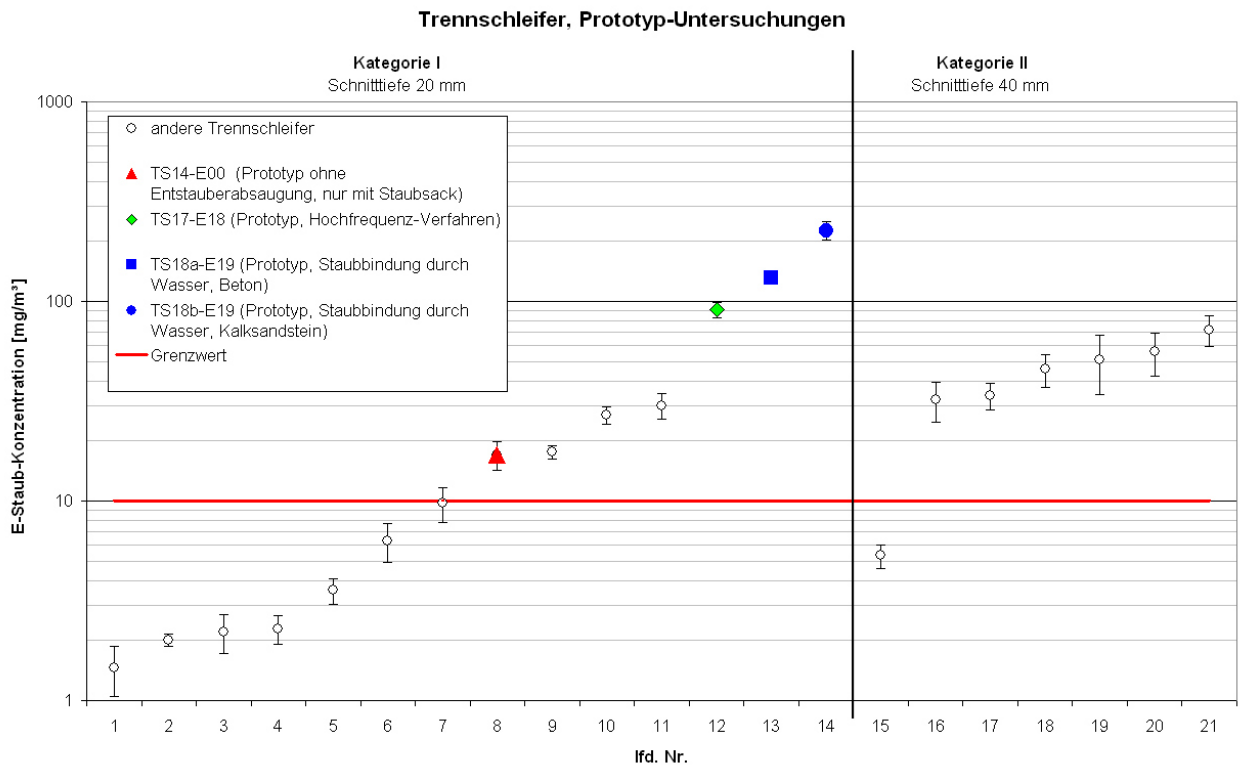


Abb. 6.3.4 – 2 Prototypen und Untersuchungen für handelsübliche Trennschleifer

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den Prototypen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Für das System MF20-E11 gibt es kein Vergleichssystem, dementsprechend ist es als ‚singulärer Prototyp‘ bezeichnet. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

In einer weiteren Untersuchung wurde mit dem Gerät, bestückt mit einer sogenannten Mörtelräumer- Diamanttrennscheibe, Dicke ca. 7,5 mm, das Fugentrennschneiden auf Kalksandstein simuliert. Dazu wurde das Bild einer Mauer aus Backsteinen (Maße wie gängige Klinker) mit Bleistift auf den Kalksandstein aufgezeichnet und die fiktiven "Fugen" auf 1,5 cm Tiefe eingeschnitten. Es fanden 3 Versuche von je 30 min statt mit einer Schnittlänge von je 60 m pro Versuch. Das wassergespülte System zeigte durchweg die höchsten Staubfreisetzungen von allen Trennschleifersystemen.

Die hier beschriebenen Systeme wurden zum Stand der Untersuchung in dieser Kombination vom Hersteller nicht angeboten bzw. empfohlen.

6.3.5 Schlussfolgerungen

Das Arbeiten mit am Markt befindlichen abgestimmten Systemen für Diamanttrennschleifer erfolgt relativ staubarm im Vergleich zu nicht abgesaugten Systemen. Allerdings zeigt nur ca. die Hälfte aller Systeme in der Schnitttiefenkategorie I (20 mm) sowie lediglich ein System aus der Kategorie II (40 mm) eine Einhaltung der Grenzwerte. Es zeichnet sich deutlich ab, dass die Höhe der Staubemission wesentlich von der Schnitttiefe bestimmt wird. Offenbar sind die anfallenden Staubmengen bei diesen Arbeiten sehr groß und stellen immer noch eine Herausforderung für eine Optimierung vieler Bearbeitungssysteme dar. Mit zunehmender Schnitttiefe stellt die freigesetzte Masse höhere Anforderungen an die Stauberfassung. Die optimierte Anpassung der Stauberfassungseinheit an das Gerät und den Mobilentstauber ist daher hier unerlässlich.

Es bleibt zu hoffen, dass in der nächsten Zeit Weiterentwicklungen dieser Systeme erfolgen, so dass auch bei größeren Schnitttiefen die Grenzwerte eingehalten werden können.

Generell kann aber die Aussage getroffen werden, dass der Einsatz von Diamanttrennschleifern ohne Absaugung aufgrund der, vor allem bei länger andauernden Trennschleifarbeiten, entstehenden Staubmassen ohne angeschlossenen Mobilentstauber nicht akzeptabel ist.

6.4 Putzfräsen

Putzfräsen sind motorbetriebene Elektrowerkzeuge, die vorwiegend zum Glätten von Betonflächen, zur Begradigung von Schalungsfugen, zum Aufräumen und Abtragen von Hart- und Weichputz oder zum Entfernen von Kleberrückständen, alten Beschichtungen etc. bestimmt sind.

Mehrere rotierende Zahnfräser aus Vollhartmetall an verschiedenen Fräsachsen werden über die Motorwelle angetrieben und sorgen für einen hohen Materialabtrag. Beim Einsatz von Putzfräsen werden große Mengen an Staub erzeugt. Gesundheitsgefahren können durch den freigesetzten mineralischen Staub auftreten, der in Abhängigkeit vom Untergrund Anteile an Quarz enthalten kann. Putzfräsen sind deshalb mit Erfassungselementen (Absaugstutzen) ausgerüstet und werden in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben. Leider werden heutzutage auf Baustellen noch viel zu selten vom Hersteller abgestimmte Systeme eingesetzt.

6.4.1 Prüfkriterien

Die folgenden Prüfkriterien für die Putzfräsen wurden in der Sitzung vom 16. September 2004 in Feuchtwangen erörtert und vereinbart:

- Zur Prüfung vorgesehen sind marktübliche Putzfräsen, aber auch Betonschleifgeräte, die mit Putzfräswerkzeugen (Fräsräder) ausgerüstet werden können und zum Putzabtrag eingesetzt werden.
- Anhand der gängigen Abtragstiefen werden zwei Prüffrästiefen festgelegt.
- Als Werkstoff soll Kalksandstein mit einer einem Durchschnittsputz adäquaten Rohdichte verwendet werden.
- Die Prüffläche soll aufgrund der hohen Abtragsleistung der Maschinen mindestens 2,4 m² betragen. Um das Überschleifen am äußeren Rand zu verhindern, muss ein Rahmen an den Steinen angebracht werden.
- Die Messzeit soll für alle Geräte mindestens 45 Minuten betragen.
- Die erfasste Masse wird durch Wägung des kompletten Mobilentstaubers bestimmt.

Einteilung der Maschinen

Je nach Leistungsvermögen der Maschinen lassen sich unterschiedliche Frästiefen erreichen. Die geprüften Bearbeitungssysteme wurden daher (mit Ausnahme des Bearbeitungssystems PF05-E11) in zwei Kategorien untersucht. Für die Kategorie I wird als Prüffrästiefe 3 mm, und für die Kategorie II 5 mm festgelegt. Die Frästiefe wird am Gerät fest eingestellt.

Mineralischer Werkstoff

Als mineralische Werkstoffe für die Untersuchung von Putzfräsen wurden kleinformatische Kalksandsteinhohlblocksteine (KSL-R (P)8 - 1,2 - 8DF/115) (498x115x248 mm) ausgewählt. Die Rohdichte des Kalksandsteines sollte einem gängigen Putzuntergrund angepasst sein und beträgt 1,2 kg/dm³. Die Steine wurden zu je 8 Stück auf Paletten angeliefert

und trocken gelagert. In der Regel wurden 20 Steine an einem Versuchstag (3 Versuche) auf einer Seite bearbeitet.

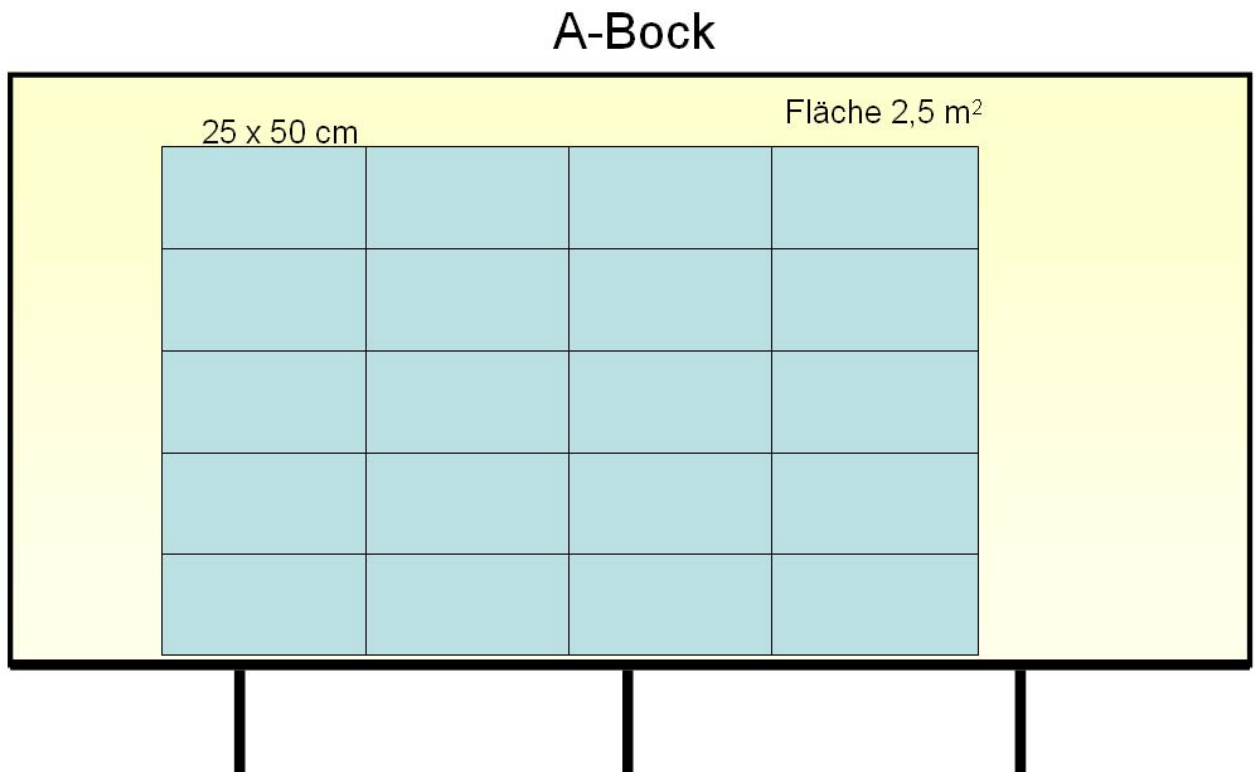


Abb. 6.4.2 – 1 Anordnung der Kalksandsteine auf dem A-Bock

6.4.2 Durchführung

Arbeitsverfahren

Die zu untersuchende Maschine und der Mobilentstauber wurden entsprechend der Herstellerangaben eingestellt. Die Versuchswand besteht aus 20 Kalksandsteinen (Maße wie oben). Dies entspricht einer Fläche von ca. 2,5 m². Die Steine wurden entsprechend Abb. 6.4.2 - 1 aufgestellt und durften nicht über den Rand hinaus bearbeitet werden.

Der Fräsvorgang dauerte ca. 45 min bis 1 Stunde. Der Mobilentstauber wurde vor und nach der Probenahme mit dem Schlauch gewogen, um die erfasste Masse zu bestimmen. Das nicht erfasste Material am A-Bock wurde vorher mit dem zu wiegenden Mobilentstauber aufgesaugt.

Die Raumreinigung erfolgte zwischen den Versuchen wie in Kapitel 5.3 beschrieben.

6.4.3 Messdatenauswertung und Bewertung für Putzfräsen

Ziel der Untersuchungen an Putzfräsen sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Für die Maschinengruppe der Putzfräsen wurden 14 Kombinationen von Putzfräsen mit Mobilentstaubern untersucht.

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.4.3 - 1 bis 6.4.3 - 3) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

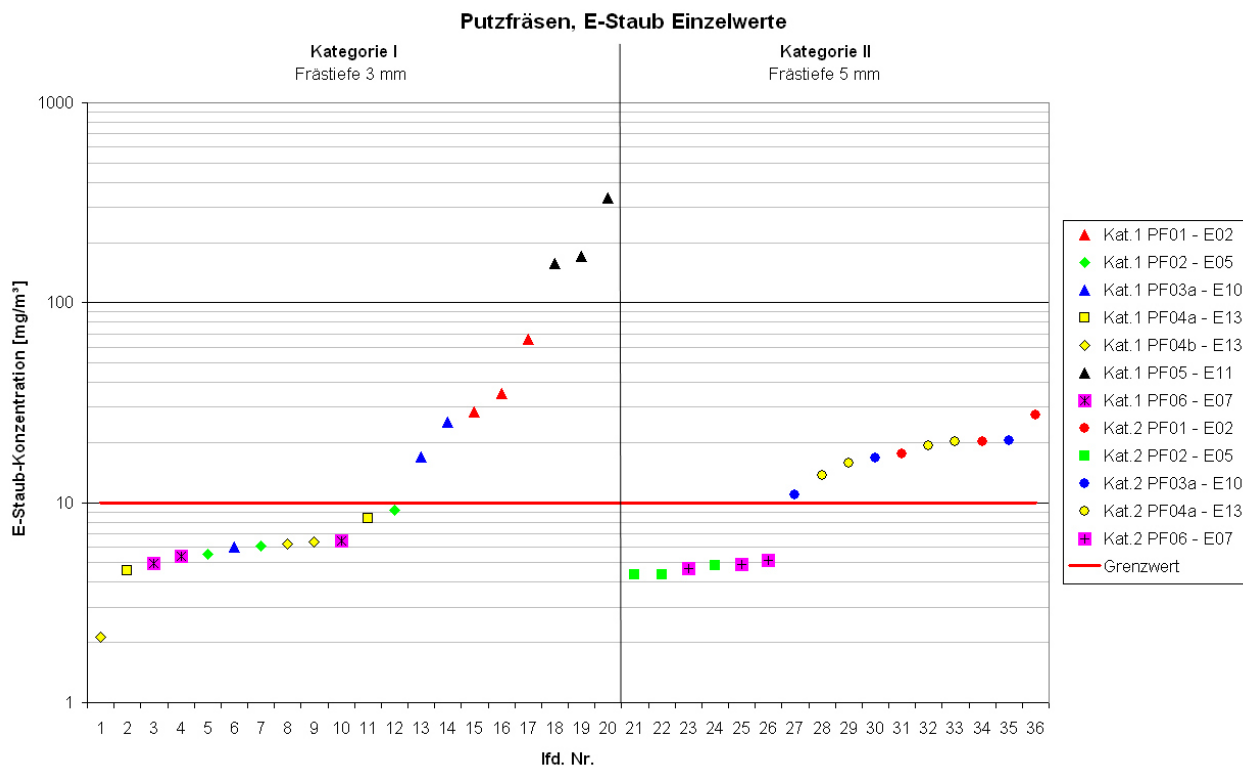


Abb. 6.4.3 – 1 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen

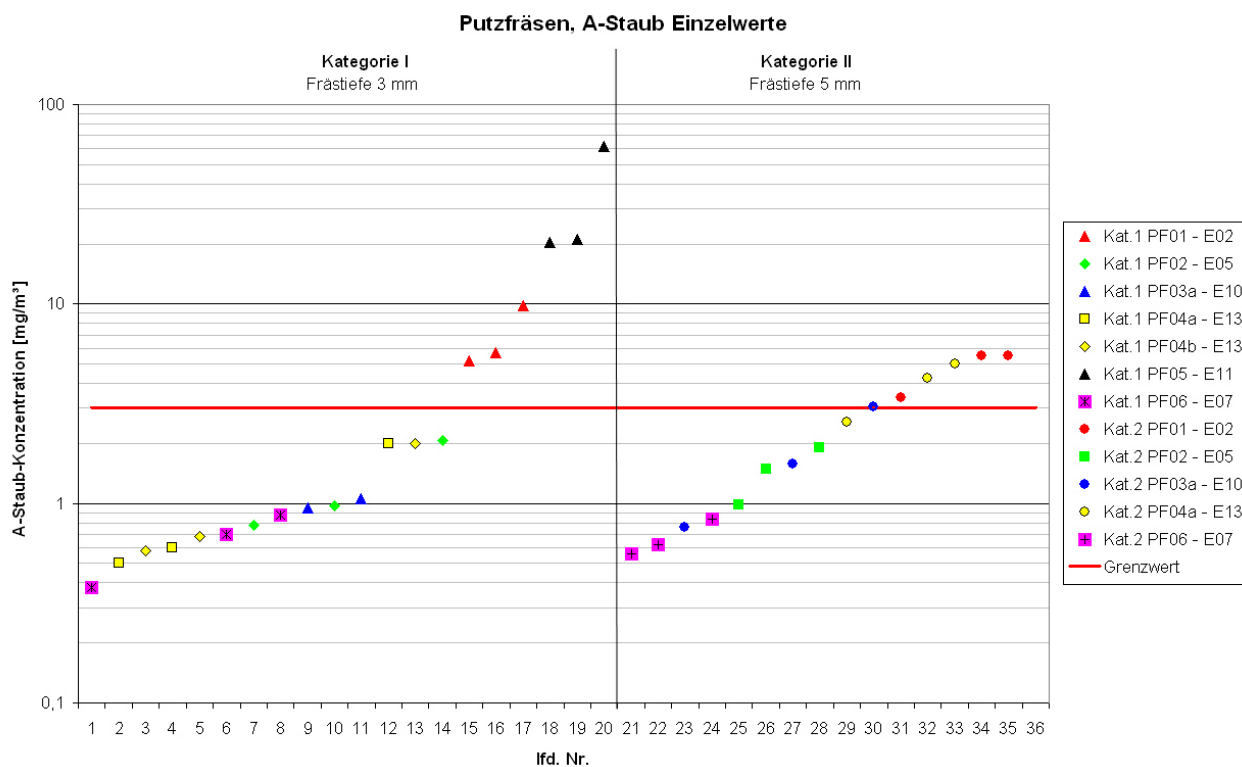


Abb. 6.4.3 – 2 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen

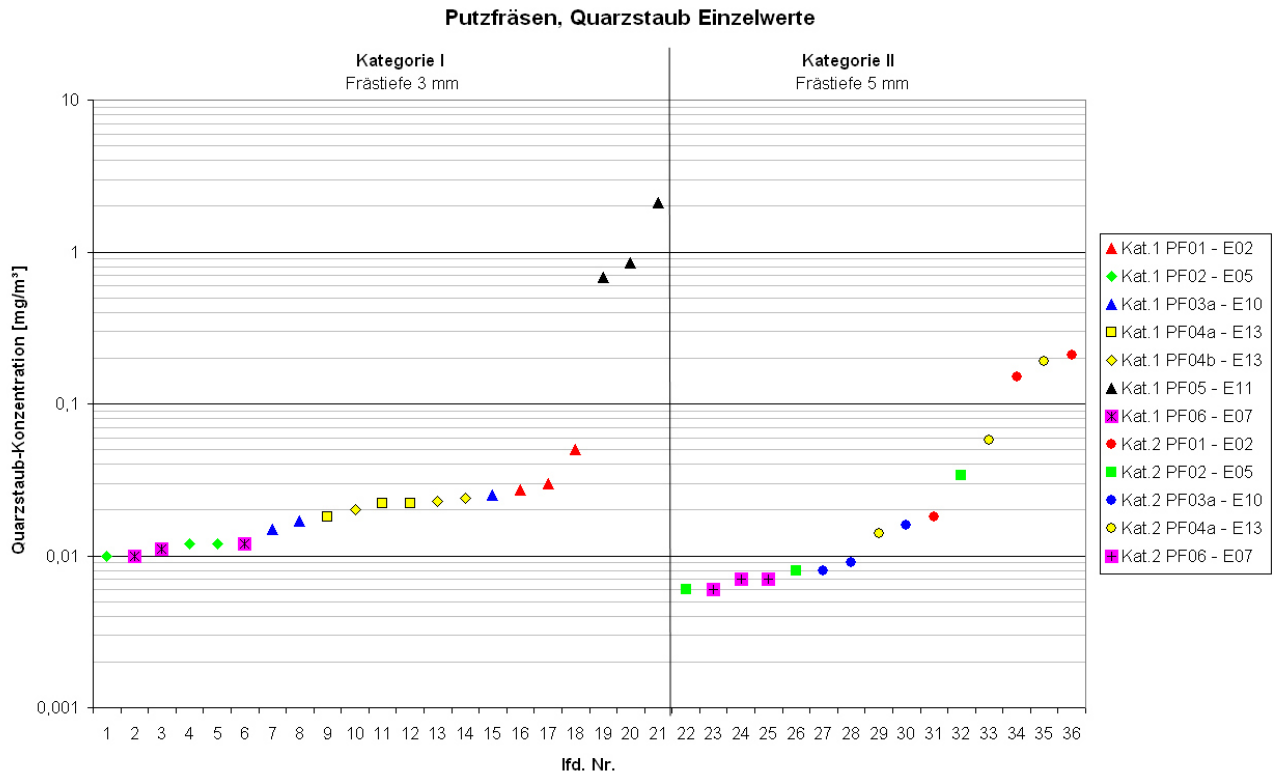


Abb. 6.4.3 – 3 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen

Tabelle 6.4.3 - 1 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen (" $<NWG$ "), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte $<NWG$ vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Tabelle 6.4.3 - 1 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Putzfräsen

(**P** = personengetragene Probenahme, **S** = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		$< NWG$		$\approx NWG$ [mg/m ³]	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	42	43	42	43	0	0	-	-
A-Staub	47	43	36	42	11	1	1,0	0,3
Quarz-Staub	48	43	10	40	38	3	0,05	0,01

In Tabelle 6.4.3 - 2 sind die untersuchten Putzfräsen aufgeführt, zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen.

Für die Putzfräsen wurden entsprechend der Abtragtiefe von 3 mm bzw. 5 mm zwei Kategorien gebildet. Die Einzelwerte für die jeweils 3 E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messungen aller Putzfräsen-Versuche sind in Abbildung 6.4.3 – 1 bis 6.4.3. - 3 differenziert nach der Kategorie dargestellt.

Die Spannweite der erfassten Massen reicht von 9,9 kg bis zu 20,5 kg. Dabei liegt der Mittelwert für die Kategorie 1 bei 11,9 kg und für die Kategorie 2 bei 16,6 kg.

Tabelle 6.4.3 - 2 Untersuchte Putzfräsen

Messbericht	Maschine	Mobilentstauber	Kategorie	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
2004/4086	PF01	E02	I	10,4	gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4087	PF01	E02	II	16,92	gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4036	PF02	E05	I	14,76	Betonschleifer mit Putzschleifscheibe, gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4034	PF02	E05	II	16,17	Betonschleifer mit Putzschleifscheibe, gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4173	PF03a	E10	I	10,25	Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads, gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4174	PF03a	E10	II	16,80	Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads, gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2005/572	PF03b	E14	I	10,55	H-Entstauberprüfungen auf Kalksandstein, Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads	Nein
2005/1132	PF03c	E16	II	15,67	H-Entstauberprüfungen auf Kalksandstein, Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads	Nein
2004/4022	PF04a	E13	I	11,45	Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads , gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4021	PF04a	E13	II	17,90		Ja
2004/4078	PF04b	E13	I	11,05	Putzfräse mit Flachzahnfräsrads , Frästtiefe 3mm	Ja
2004/4085	PF05	E11	I	16,12		Ja
2004/4171	PF06	E07	I	10,69	gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja
2004/4172	PF06	E07	II	15,51	gleiche Gerätekonfiguration, unterschiedliche Frästtiefe	Ja

Für die Bewertung des Bearbeitungssystem (Putzfräsen + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem wurde zunächst der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R. drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltungen (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.4.3 - 3 farblich dargestellt.

Tabelle 6.4.3 - 3 Bewertung handelsüblicher Systeme: Putzfräsen

Berichtsnummer.	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2004/4086	Kat.1 PF01 – E02	39,95	6,51
2004/4087	Kat.2 PF01 – E02	22,19	4,89
2004/4036	Kat.1 PF02 – E05	6,89	1,26
2004/4034	Kat.2 PF02 – E05	4,51	1,45
2004/4173	Kat.1 PF03a – E10	16,19	1,01
2004/4174	Kat.2 PF03a – E10	15,74	1,81
2004/4022	Kat.1 PF04a – E13	6,42	0,98
2004/4021	Kat.2 PF04a – E13	17,25	3,86
2004/4078	Kat.1 PF04b – E13	4,94	1,07
2004/4085	Kat.1 PF05 – E11	226,26	35,74
2004/4171	Kat.1 PF06 – E07	5,58	0,65
2004/4172	Kat.2 PF06 – E07	4,92	0,68

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubfraktionen oder Überschreitung bei mindestens einer Staubfraktion) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der Typ I des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der Typ II des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird bei Überschreitung der Grenzwerte gewählt.

Kategorie I

In der Kategorie I (Frästiefe 3 mm) wurden 7 Bearbeitungssysteme untersucht. Hier zeigen die Putzfräsen PF04b-E13, PF04a-E13, PF06-E07, und PF02b-E05 Messwerte unterhalb der Grenzwerte für A- und E-Staub. Diesen Systemen kann zweifelsfrei der **Typ I** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Dagegen zeigen die Systeme der Putzfräsen PF03a-E10, (bei E-Staub) PF01-E02 sowie PF05-E11 teilweise drastische Überschreitungen der A- und E- Staubgrenzwerte. Diesen Putzfräsen muss daher der **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Kategorie II

In der Kategorie II (Frästiefe 5 mm), mit 5 Bearbeitungssystem, zeigen lediglich die Putzfräsen PF02b-E05, PF06-E07 Messwerte unterhalb der Grenzwertes für A - und E-Staub. Diese Systeme können damit dem **Typ I** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Die Putzfräsen PF03a-E10, PF04a-E13 sowie PF01-E01 zeigen teilweise dagegen Überschreitungen der A- und E- Staubgrenzwerte. Diese Bearbeitungssysteme werden daher dem **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet.

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messwerte für alle Staubarten bei den Putzfräsen liefert Abbildung 6.4.3 - 4. Dort sind die zeitgewichteten Mittelwerte der i.d.R. jeweils 3 E-Staub-, A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt:

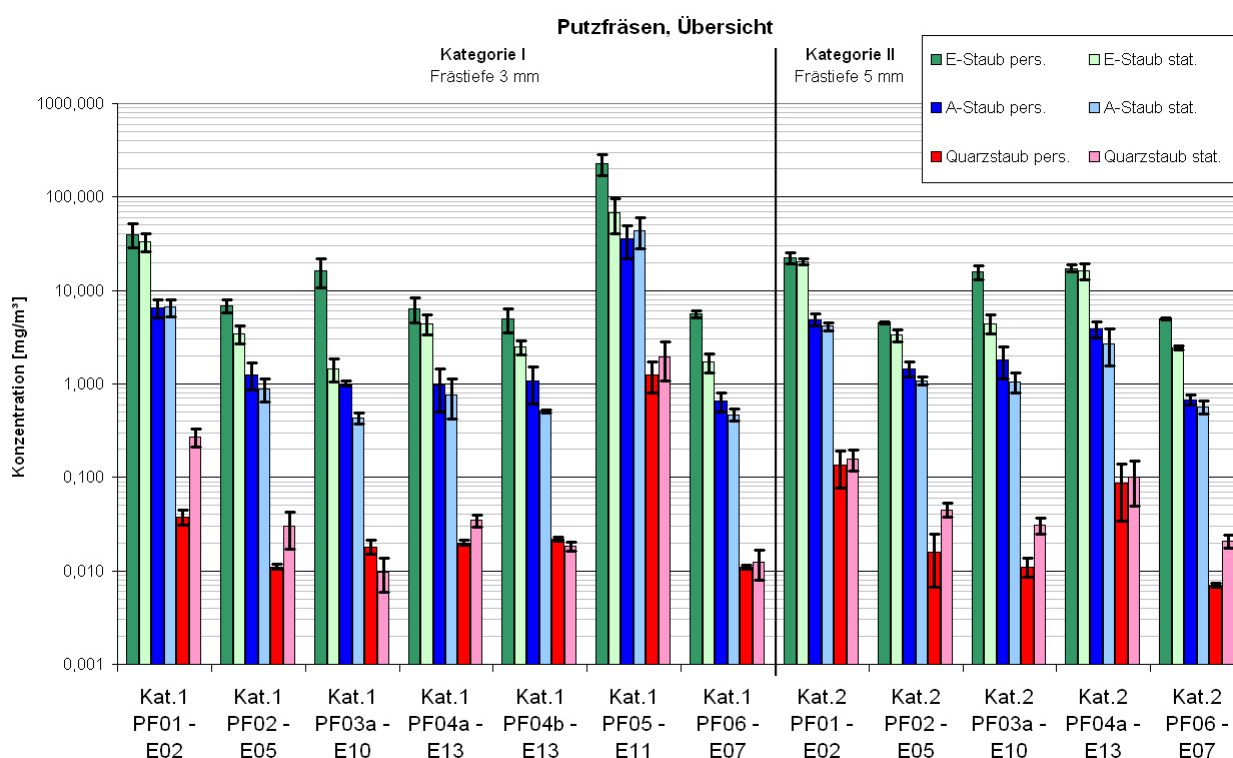


Abb. 6.4.3 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Putzfräsen

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mitsamt ihrer Streubreite.

Es ist zu erkennen, dass die größte Belastung (als Vergleich zum Grenzwert) vom E-Staub ausgeht. Stets ist entweder der Grenzwert für E-Staub überschritten oder für beide Staubfraktionen (E-Staub und A-Staub), niemals alleine der für A-Staub. Der Quarz-Staub-Messwert ist meist < NWG.

Einfluss der erfassten Masse

Der Einfluss der erfassten Masse auf den E-Staub-Messwert wird nach den Schnitttiefenkategorien differenziert betrachtet. Abgesehen von den Maschinen PF02-E05 (verhältnis-

mäßig große Masse von 14 bzw. 19 kg bei relativ niedrigem Messwert von ca. 6 bzw. 9 mg/m³) sowie PF05-E11 (erfasste Masse zwischen 15 und 17 kg bei extrem hohen Messwerten) verteilen sich alle anderen Maschinen in jeweils einer Punktwolke für jede Kategorie. Während für Kategorie I kein auffälliger Einfluss der erfassten Masse zu erkennen ist, kann für Kategorie II ein leichtes Ansteigen der Messwerte mit zunehmender erfasster Masse beobachtet werden.

Putzfräsen: E-Staub in Abhängigkeit der abgetragenen Masse

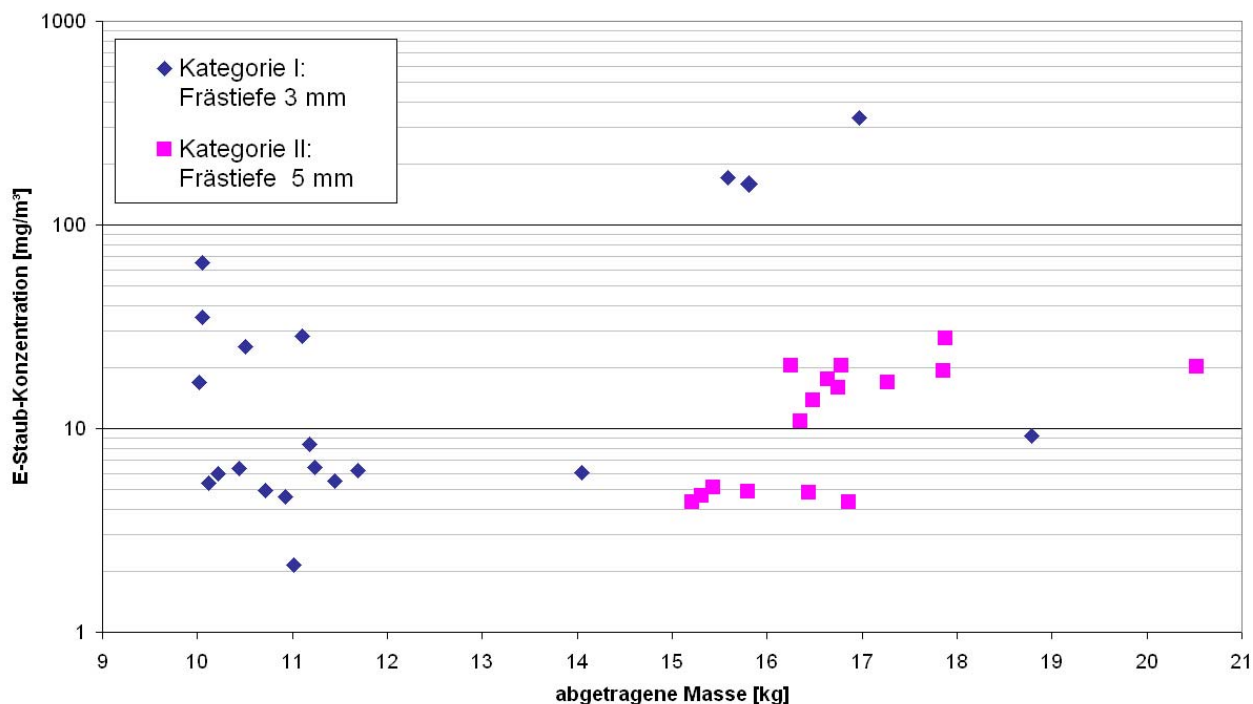


Abb. 6.4.3 – 5 Abhängigkeit der E-Staubkonzentration von der erfassten Masse für handelsübliche Putzfräsen

Dargestellt sind die Einzelmesswerte für personengetragene Probenahme.

6.4.4 Zusätzliche Untersuchungen

Neben den marktüblichen Bearbeitungssystemen wurden Prüfungen an einer Putzfräse mit verschiedenen Mobilentstaubern der Staubklasse H durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 6.4.4 - 1 aufgeführt und in Abb. 6.4.4 - 1 verglichen mit den handelsüblichen Systemen. Bei Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass bei dem Bearbeitungssystem PF03-E10 sowohl in der Kategorie I als auch in der Kategorie II eine geringfügige Verbesserung der E-Staubemission durch den verwendeten H-Sauger zu erkennen ist. Die Ergebnisse der Kategorie I liegen aber trotz des Mobilentstaubers der Staubklasse H über dem Grenzwert, während in der Kategorie II durch den Mobilentstauberwechsel ein Mittelwert unterhalb des Grenzwertes erreicht werden konnte. Unter Berücksichtigung der Streubreite der Messwerte kann aber nicht von einer signifikanten Verbesserung der Staubfreisetzung ausgegangen werden. Dieses gilt streng genommen nur für die Ergebnisse in Kategorie I, trifft aber wahrscheinlich auch auf die Kategorie II zu.

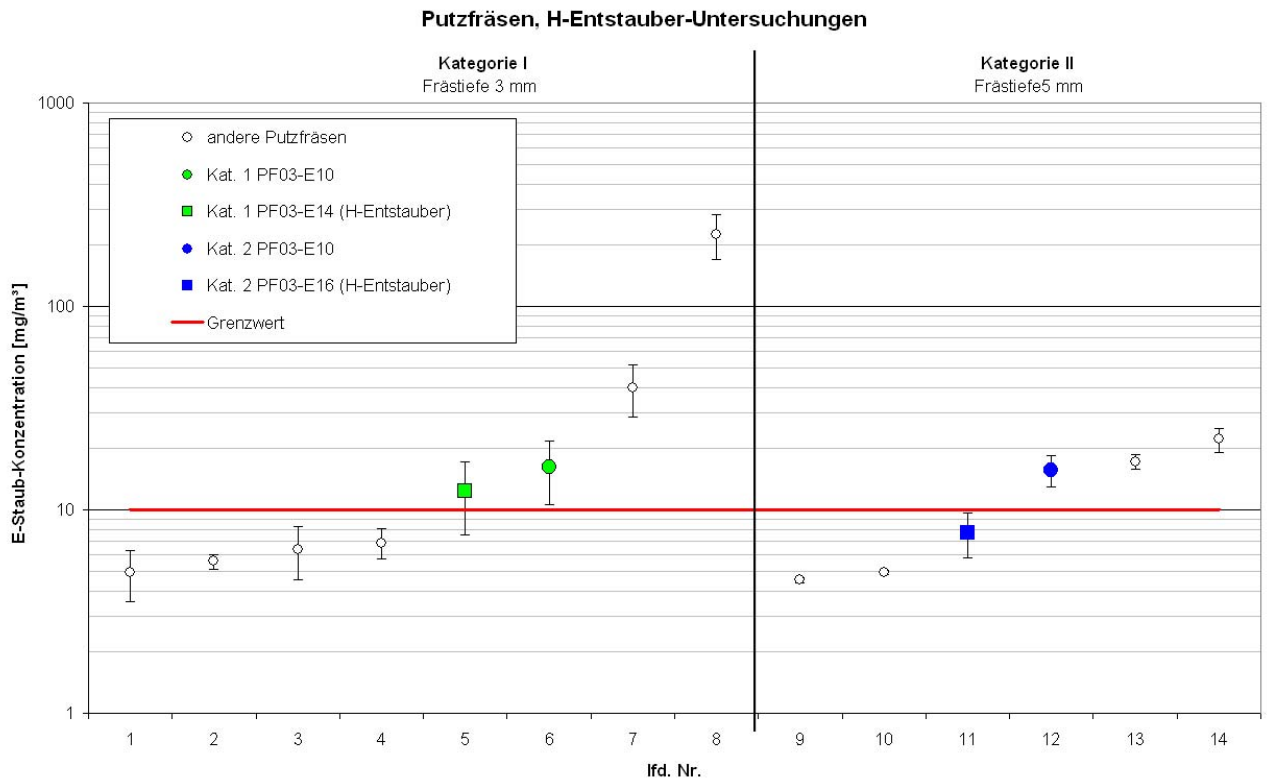


Abb. 6.4.4 – 1 H-Entstauber-Untersuchungen für handelsübliche Putzfräsen

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den H-Entstauber-Messungen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

Tabelle 6.4.4 - 1 Untersuchte Putzfräsen mit verschiedenen Mobilentstaubern

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m³]	A-Staub [mg/m³]	Bemerkung
2005/572	Kat.1 PF03b - E14	12,38	1,11	H-Entstauberprüfungen auf Kalksandstein, Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads
2005/1132	Kat.2 PF03c - E16	7,71	0,49	H-Entstauberprüfungen auf Kalksandstein, Putzfräse mit Spitzzahnfräsrads

6.4.5 Schlussfolgerungen

Die im Prüfraum mit den marktüblichen abgestimmten abgesaugten Putzfrässystemen durchgeführten Fräsarbeiten zeigen gegenüber nicht abgesaugten Systemen eine sichtbare Verringerung der Staubemission.

Trotz Stauberfassung am Gerät und Anwendung einer Absaugung zeigen nur 4 Systeme in der Fräskategorie I (3 mm) sowie lediglich zwei Systeme in der Kategorie II (5 mm) Staubfreisetzungen unterhalb der Grenzwerte.

Die Untersuchungen lassen erkennen, dass Putzfräsen mit optimaler Erfassung und Absaugung erheblich niedrigere Staubemissionen aufweisen. Vor allem flexibel an dem Untergrund anliegende Stauberfassungseinheiten tragen erheblich zur Staubreduzierung bei. Hier gibt es für die Hersteller der Geräte noch viele Möglichkeiten zur Entwicklung und Optimierung der Gerätekonfigurationen, um zukünftig die Grenzwerte einhalten zu können.

Da Putzfräsarbeiten zu den staubintensivsten Arbeiten am Bau gehören, sollten unter diesen Gesichtspunkt vor allem bei Putzabtragsarbeiten in Innenräumen nur vom Hersteller abgestimmte Bearbeitungssysteme mit Mobilentstauber verwendet werden.

6.5 Schwing- und Exzentrerschleifer

Schwing und Exzentrerschleifer sind motorbetriebene Elektrowerkzeuge, die vorwiegend zum Feinschleifen verschiedener Werkstoffe bestimmt sind.

Der Schwingschleifer hat eine parallel zur Arbeitsfläche schwingende meist rechteckige Schleifplatte. Als Schleifmittel wird Schleifpapier oder -leinen auf der Schleifplatte befestigt.

Beim Exzentrerschleifer sitzt der meist runde Schleifteller exzentrisch auf der Antriebswelle und kann parallel zur Arbeitsfläche frei oder zwangsgeführt um seine Achse rotieren. Die Abtragsleistung ist gegenüber dem Schwingschleifer meist höher, so dass auch grobe Schleifarbeiten möglich sind.

Schwing- und Exzentrerschleifer werden in der Bauwirtschaft insbesondere für Schleifarbeiten im Bereich des Trockenbaus eingesetzt. Beim Schleifen z.B. von verspachtelten Fugen an Gipskartonplatten werden große Mengen an Staub erzeugt. Gesundheitsgefahren können durch den freigesetzten mineralischen Staub auftreten. Schwing- und Exzentrerschleifer verfügen daher meist über eine integrierte Staubabsaugung durch die Schleifplatte bzw. den Schleifteller und können in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben werden, was heutzutage auf Baustellen leider noch viel zu selten praktiziert wird.

6.5.1 Prüfkriterien

Die Kriterien zur staubtechnischen Prüfung von Schwing- und Exzentrerschleifern erarbeitete eine Arbeitsgruppe am 4. Februar 2005 in Feuchtwangen.

Aus der Besprechung der Arbeitsgruppe und den Erörterungen der Vorversuchsergebnisse ergeben sich für die Untersuchung der Schwing- und Exzentrerschleifer folgende Kriterien:

- Zur Prüfung vorgesehen sind nur Schwing- und Exzentrerschleifer, die üblicherweise für Schleifarbeiten im Trockenbau eingesetzt werden.
- Die Schwing- und Exzentrerschleifer werden nur mit für Trockenbauspachtelarbeiten verwendeten Schleifpapieren einer einheitlichen mittleren Körnung (hier Körnung P 80) bestückt.
- Als Werkstoff werden Gipsfaserplatten verwendet; die im Trockenbau üblicheerspachtelung von Trockenbauplatten und das anschließende Schleifen soll durch die Verwendung dieser Faserplatten simuliert werden. Das Schleifverhalten der Geräte beim Schleifen von Spachtelmassen ist als gleichwertig dem Schleifen der unbehandelten Fasergipsbauplatten zu betrachten.
- Die Prüffläche besteht aus Gipsfaserplatten, die nebeneinander auf das Bockgerüst gestellt und fixiert werden. Um das Überschleifen am äußeren Rand zu verhindern, wird über die ganze A-Bock - Fläche ein Rahmen auf den Platten angebracht.
- Die Messzeit beträgt für alle Geräte mindestens 45 Minuten, wobei pro Platte ein Schleifpapierwechsel vorgesehen ist; der Wechsel des Schleifpapiers soll aber mindestens nach Bedarf erfolgen, und kann häufiger ausfallen.
- Die erfasste Masse wird durch Wägung des kompletten Mobilentstaubers bestimmt.
- Die Leistungsaufnahme der eingesetzten Maschine wird während des Versuchs überwacht und über das PIMEX System mit erfasst. Damit soll eine Überlastung der Maschine verhindert werden. Für diese Überwachung der Leistungsaufnahmen wird das Messmodul der Fa. AHLBORN über das Almemo-System in die PIMEX-Umgebung integriert.



Abb. 6.5.1 - 1 Versuchsaufbau für Schwing- und Exzentrerschleifer

Mineralischer Werkstoff

Die für die Prüfungen verwendeten Gipsfaserplatten bestehen aus ca. 80% Gips und 20% Papierfasern ohne weitere Bindemittel oder andere Zusätze. Verwendet wurden Platten der Fa. Fermacell, Größe 1500x1000 mm, Stärke 12,5 mm, die trocken gelagert wurden.

6.5.2 Durchführung

Die zu untersuchende Maschine und der Mobilentstauber wurden entsprechend der Herstellerangaben eingestellt und mit der vom Hersteller angegebenen maximalen Leistung geprüft. Zur Prüfung wurde ein Schleifpapier mit der Körnung P 80 verwendet.

A-Bock

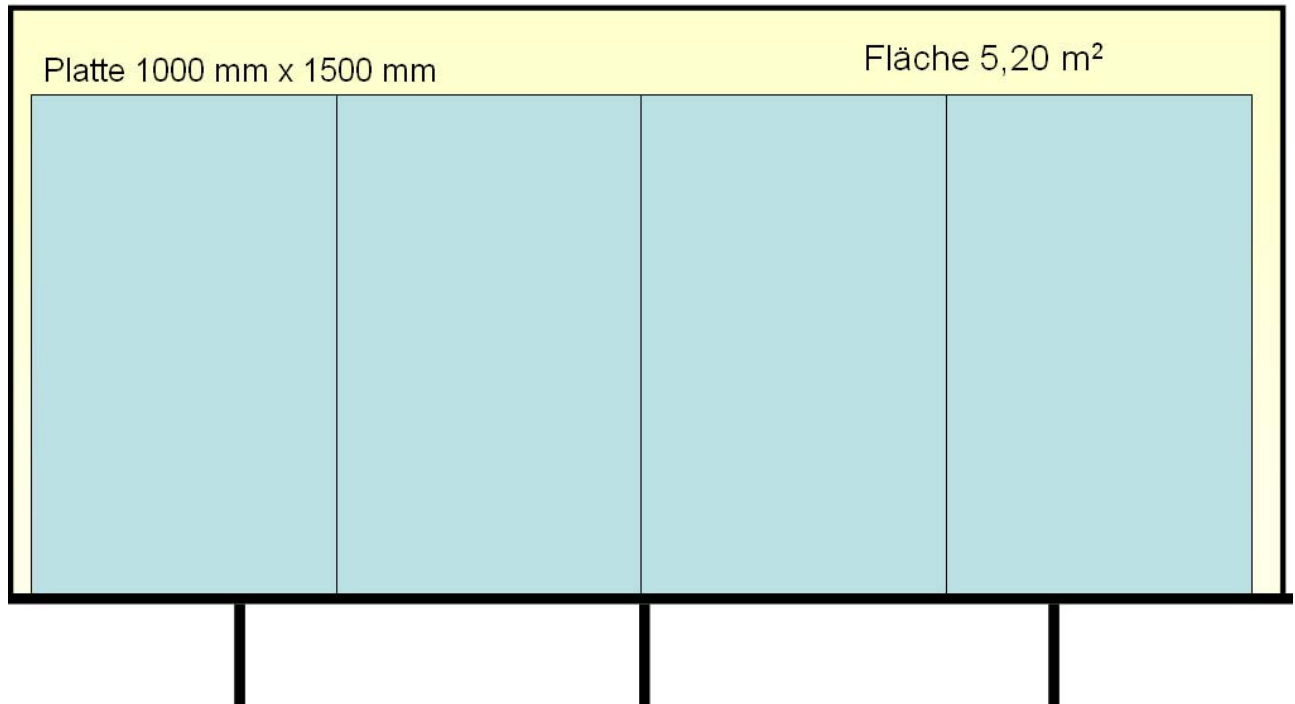


Abb. 6.5.2 – 1 Anordnung der Trockenbauplatten auf dem A-Bock

Die Versuchswand besteht aus 4 Trockenbauplatten (Fermacell 1000 mm x 1500 mm). Die Platten werden entsprechend Abb. 6.5.2 - 1 bündig an der unteren Kante des A-Bockes aufgestellt. Die Ränder der Schleiffläche (100 mm oben, 200 mm unten) werden mit einem Holzrahmen versehen. Die zu schleifende Fläche beträgt ca. 5,2 m² und wird mit Bleistiftmarkierungen versehen, die abgeschliffen werden müssen.

Eine Plattenoberfläche wird ca. 15 Minuten geschliffen. Nach der Bearbeitung jeder Platte erfolgt ein Schleifpapierwechsel. Die gesamte Messdauer beträgt daher in der Regel ca. 1 Stunde.

Nach vollständigem Abtrag der markierten Fläche erfolgt die Bestimmung des Staubabtrages durch Wägung des Mobilentstaubers mit Schlauch vor und nach der Probenahme.

Die drei vorgesehenen Prüfungen pro Gerät werden auf derselben Plattenseite vorgenommen.

6.5.3 Messdatenauswertung und Bewertung Schwing- und Exzentrerschleifer

Ziel der Untersuchungen an Schwing- und Exzentrerschleifern sollte eine aktuelle Bestandsaufnahme zum Staubemissionsverhalten der marktüblichen Bearbeitungssysteme sein. Im Folgenden werden die Schwing- und Exzentrerschleifer aufgrund der bei den Versuchen aufgetretenen unterschiedlichen Staubexpositionen getrennt beschrieben (näheres hierzu weiter unten).

Exzentrerschleifer

Für die Maschinengruppe der Exzentrerschleifer wurden 15 Kombinationen von Exzentrerschleifern mit Mobilentstaubern untersucht.

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.5.3 - 1 bis 6.5.3 - 3) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

Exzentrerschleifer, E-Staub Einzelwerte



Abb. 6.5.3 – 1 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer

Exzentrerschleifer, A-Staub Einzelwerte



Abb. 6.5.3 – 2 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer

Exzentrerschleifer, Quarzstaub Einzelwerte

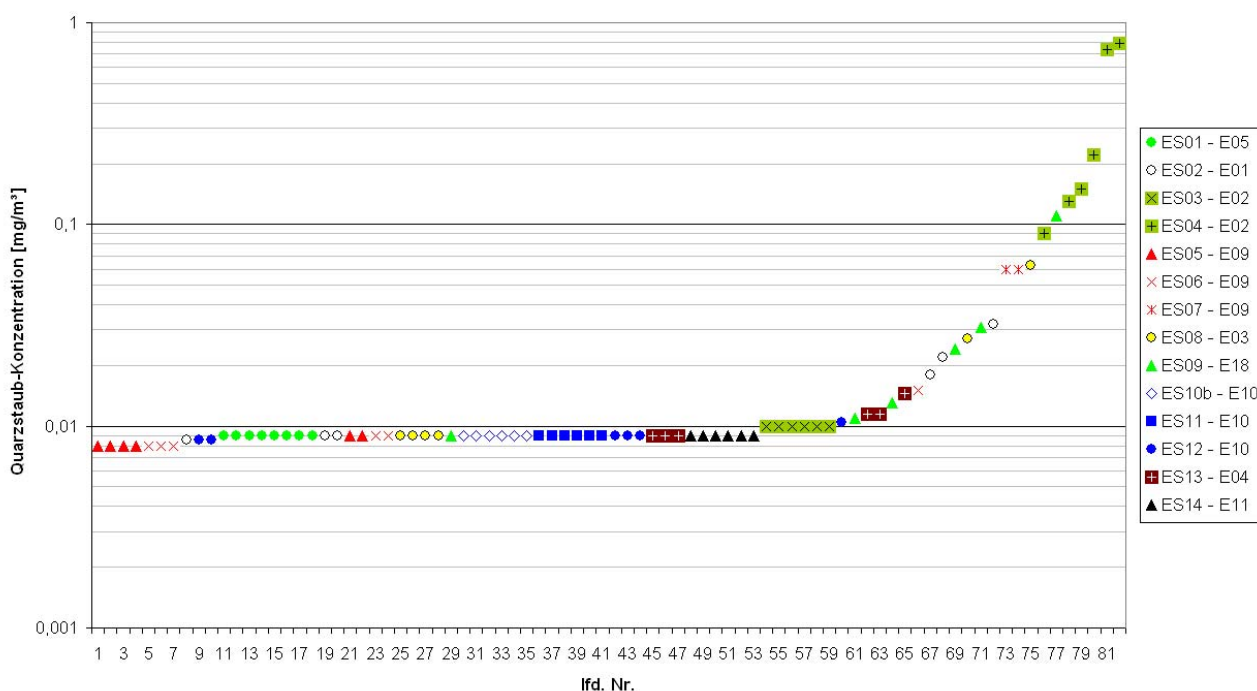


Abb. 6.5.3 – 3 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer

Tabelle 6.5.3 - 1 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen (" $<NWG$ "), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte $<NWG$ vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Da sich in vorhergehenden Versuchen zeigte, dass die Anbringung der Probenträger links oder rechts im Einatembereich des Maschinenbediener einen Einfluss auf die Höhe des Messwertes haben kann, erfolgte die A-Staub-Probenahme an der Person doppelt. Da von diesem Probenträger auch der Quarz-Staub-Messwert bestimmt wird, liegen theoretisch zu erwartend 45 ($15 \cdot 3$) Messwerte für E-Staub (sowie für stationäre Messwerte) und 90 ($15 \cdot 2 \cdot 3$) personengetragene Messwerte für A-Staub und Quarz-Staub vor. Abweichungen von diesen Anzahlen erklären sich durch teilweise nicht durchgeführte Versuche, bei einigen Untersuchungen durchgeführte vierte Versuche sowie durch vereinzelt fehlende Messwerte, insbesondere fehlt eine Reihe von stationären Messwerten. Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Tabelle 6.5.3 - 1 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Exzentrerschleifern

(P = personengetragene Probenahme, S = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		< NWG		≈ NWG [mg/m ³]	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	43	35	37	35	6	0	0,6	-
A-Staub	86	37	52	37	34	0	0,6	-
Quarz-Staub	88	37	7	26	81	11	0,02	0,01

In Tabelle 6.5.3 - 2 sind die untersuchten Exzentrerschleifer aufgeführt, zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen.

Tabelle 6.5.3 - 2 Untersuchte Exzentrerschleifer

Messbericht	Maschine	Mobilentstauber	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
2005/2597	ES01	E05	2,74		Ja
2005/1516	ES02	E01	1,66		Ja
2005/788	ES03	E02	0,74		Ja
2005/571	ES04	E02	1,07		Ja
2005/827	ES05	E09	1,76		Ja
2005/835	ES06	E09	2,45		Ja
2005/834	ES07	E09	0,47	Abbruch der Messung aufgr. zu hoher Staubentwicklung, nur 1 Versuch durchgeführt	Ja
2005/785	ES08	E03	1,03		Ja
2005/1135	ES09	E18	2,34		Ja
2005/1262	ES10a	E09	1,88	Test des Exzentrerschleifers mit anderem Entstauber	Nein
2005/1040	ES10b	E10	1,83		Ja
2005/1041	ES11	E10	1,67		Ja
2005/1325	ES12	E10	2,17		Ja
2005/2599	ES13	E04	2,72		Ja
2005/2598	ES14	E11	1,37		Ja

Die Einzelwerte für die i.d.R. 3 bzw. 6 E-Staub sowie A-Staub- und Quarzstaub-Messungen aller Exzentrerschleifer-Versuche sind in Abbildung 6.5.3 - 1 bis 3 dargestellt.

Die Spannweite der erfassten Massen reicht von 0,47 kg bis zu 2,72 kg. Dabei liegt der Mittelwert bei 1,69 kg.

Für die Bewertung des Bearbeitungssystems (Exzentrerschleifer + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem wurde zunächst der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R.

drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltung (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.5.3 - 3 farblich dargestellt.

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubarten oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubarten) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der **Typ I** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der **Typ II** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird bei Überschreitung der Grenzwerte gewählt.

Die meisten der geprüften Exzentrerschleifer (ES01-E05 bis ES14-E11 mit Ausnahme von ES04-E02 und ES07-E09) lagen bei der A-Staub- und bei der E-Staub-Fraktion unterhalb des Grenzwertes. Diesen Systemen kann zweifelsfrei der **Typ I** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Bei Betrachtung der Ergebnisse zeigen die Bearbeitungssysteme ES04-E02 und ES07-E09 drastische Überschreitungen der A- und E-Staubgrenzwerte. Diesen Exzentrerschleifern muss daher der **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Tabelle 6.5.3 – 3 Bewertung handelsüblicher Systeme: Exzentrerschleifer

Berichtsnr.	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2005/2597	ES01 – E05	4,88	0,64
2005/1516	ES02 – E01	8,18	1,05
2005/788	ES03 – E02	0,9	0,34
2005/571	ES04 – E02	236,62	48,33
2005/827	ES05 – E09	2,07	0,80
2005/835	ES06 – E09	1,12	0,67
2005/834	ES07 – E09	70,9	20,90
2005/785	ES08 – E03	4,29	0,87
2005/1135	ES09 – E18	7,76	2,88
2005/1040	ES10b – E10	0,54	0,26
2005/1041	ES11 – E10	0,25	0,41
2005/1325	ES12 – E10	2,65	1,42
2005/2599	ES13 – E04	1,8	1,43
2005/2598	ES14 – E11	0,76	0,40

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messergebnisse für alle Staubarten bei den Exzentrerschleifern liefert Abbildung 6.5.3 - 4. Dort sind die zeitgewichteten Mittelwerte der i.d.R. jeweils 3 E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt.

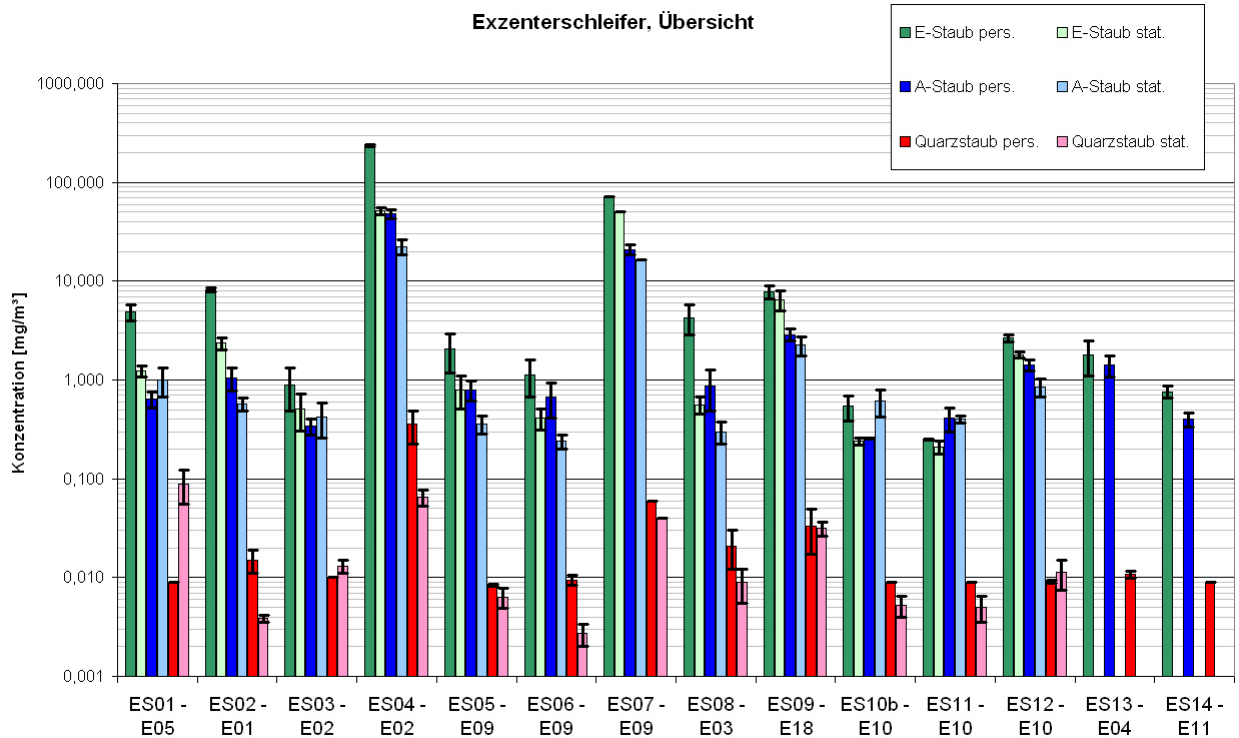


Abb. 6.5.3 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Exzenterschleifer

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mitsamt ihrer Streubreite.

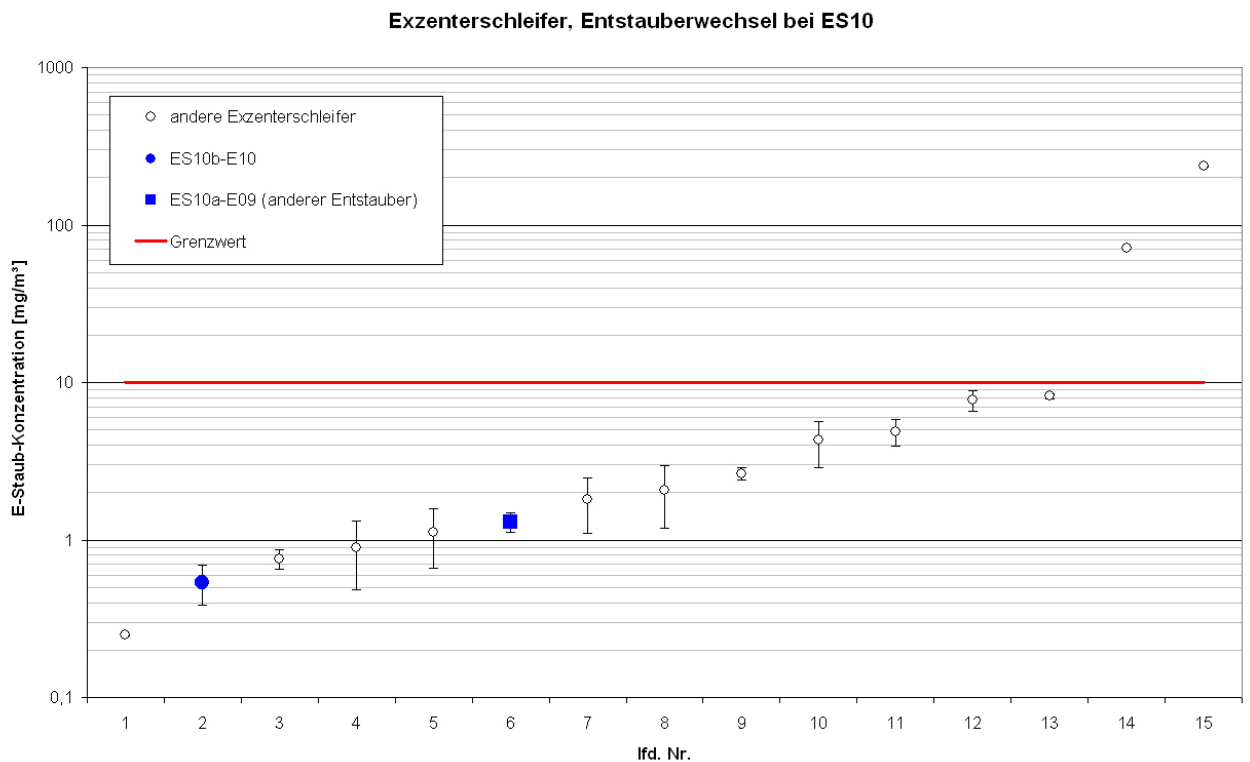


Abb. 6.5.3 – 5 H-Entstauber-Untersuchungen für handelsübliche Exzenterschleifer

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen Probenahme für E-Staub mit ihrer Streubreite. Zum Vergleich mit den H-Entstauber-Messungen sind die herkömmlichen Systeme in gleicher Farbe stets als Kreis dargestellt. Die anderen handelsüblichen Bearbeitungssysteme sind als offene Kreise dargestellt.

Mit Ausnahme der Maschinen ES04-E02 und ES07-E09 (die beide Grenzwertüberschreitungen für A- und E-Staub zeigen) spielt der Quarz-Staub nur eine untergeordnete Rolle bei der Staubbelastung.

Teilweise sind hier die A-Staub-Messwerte größer als die E-Staub-Messwerte, was physikalisch keinen Sinn macht, aber aufgrund inhomogener Staubverteilung im Einatembereich vorkommen kann. Allerdings zeigt in diesen Fällen der Vergleich mit der Parallelprobe, dass eher der A-Staub-Messwert zu hoch war, denn die Messwerte der Parallelproben liegen deutlich niedriger.

Schwingschleifer

Für die Maschinengruppe der Schwingschleifer wurden 15 Untersuchungen durchgeführt, davon eine Untersuchung ohne Verwendung eines Entstaubers, stattdessen Anschluß eines Spezial-Filterbeutels. (Konfiguration nur für kleinere Arbeiten vorgesehen).

In den Übersichtsgrafiken (Abbildung. 6.5.3 - 6 bis 6.5.3 - 8) sind jeweils nur marktübliche Bearbeitungssysteme in der vom Hersteller empfohlenen Systemkombination dargestellt (Stand: 2004/2005).

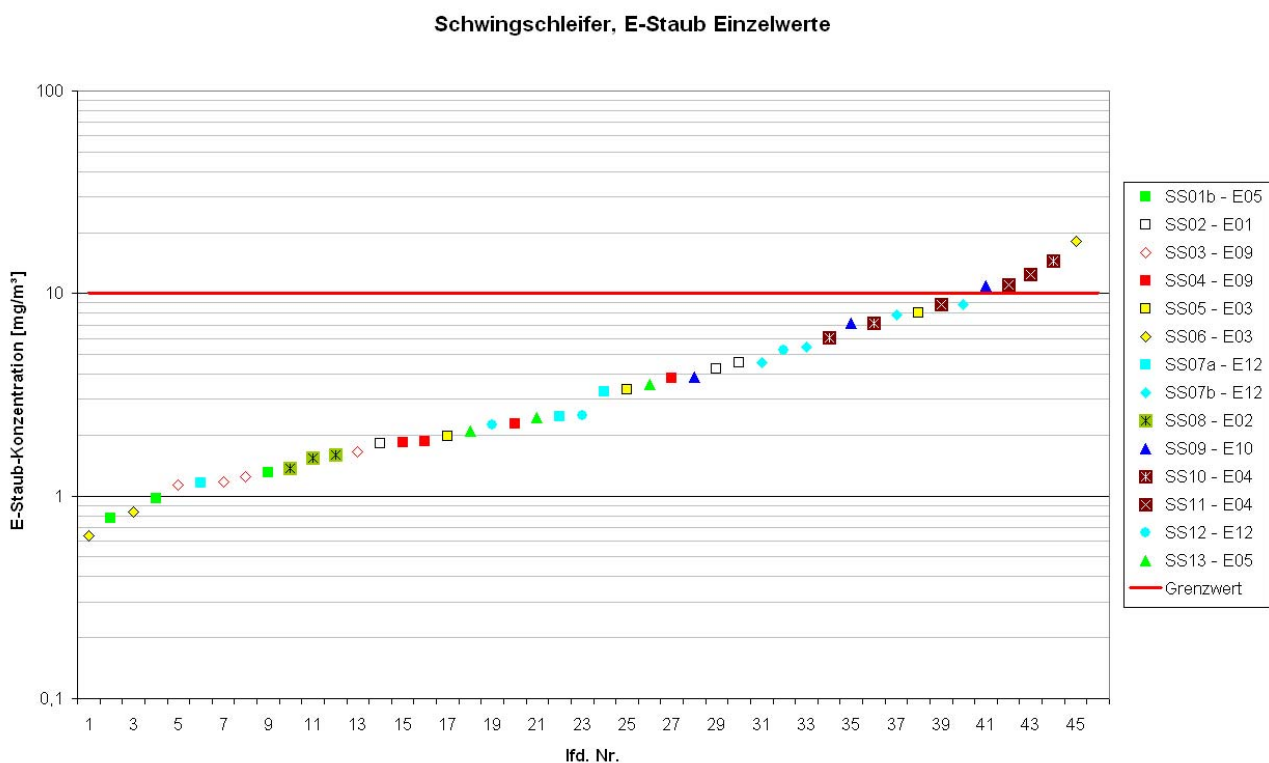


Abb. 6.5.3 – 6 E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer

Schwingschleifer, A-Staub Einzelwerte

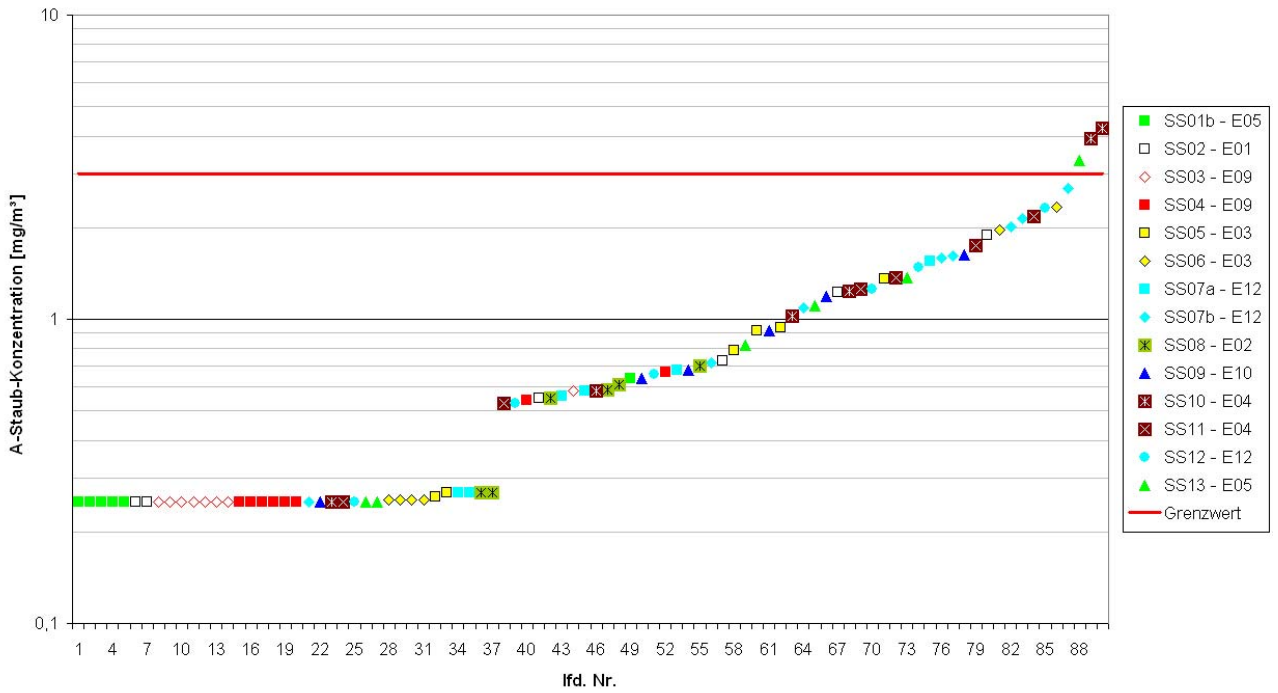


Abb. 6.5.3 – 7 A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer

Schwingschleifer, Quarzstaub Einzelwerte

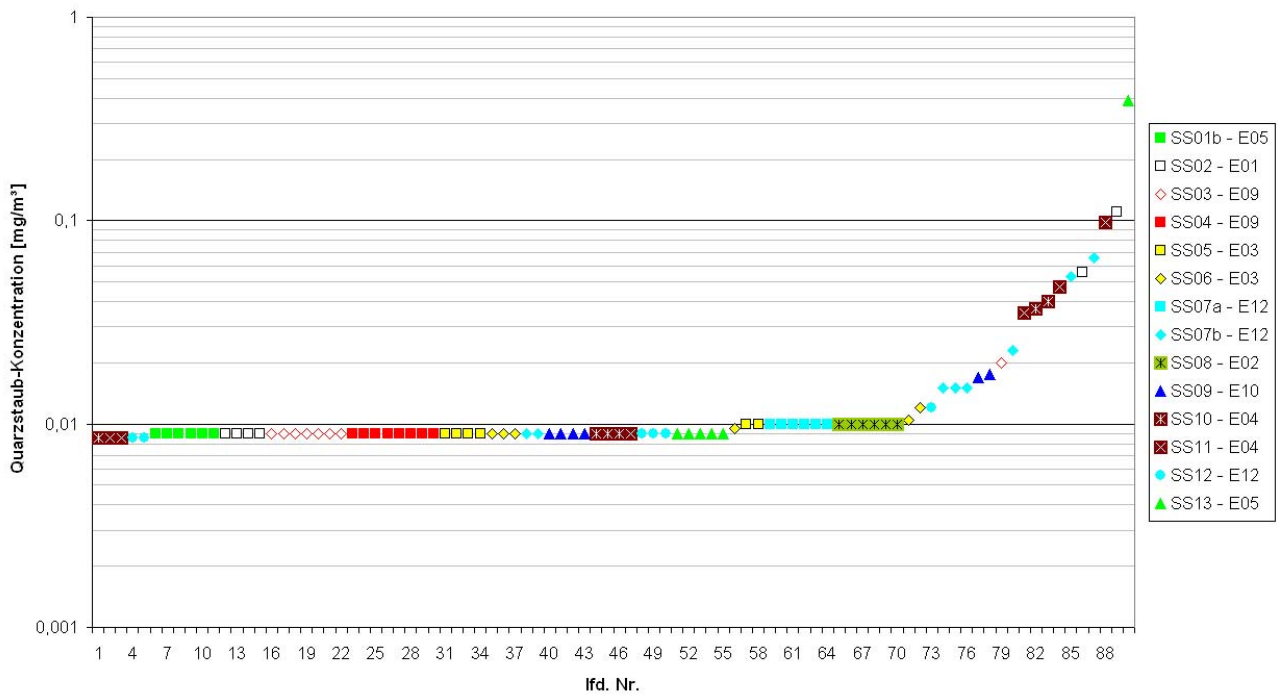


Abb. 6.5.3 – 8 Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer

Tabelle 6.5.3 - 4 liefert eine Übersicht über die Gesamtzahl der Messwerte für die Staubarten E-Staub, A-Staub und Quarzstaub und den Anteil der Messwerte, die tatsächlich bestimmt werden konnten ("MW =") bzw. den Anteil der Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen (" $<NWG$ "), differenziert nach personengetragener und stationärer Probenahme. Die Größenordnung der jeweiligen Bestimmungsgrenze ist in den letzten beiden Spalten der Tabelle angegeben, wenn Messwerte $<NWG$ vorliegen. Durch verschieden lange Probenahmedauern bei den einzelnen Versuchen ergeben sich leicht unterschiedliche Bestimmungsgrenzen. Die Einzelmesswerte sind in der Tabelle A1 im Anhang aufgeführt.

Da sich in vorhergehenden Versuchen zeigte, dass die Anbringung der Probenträger links oder rechts im Einatembereich des Maschinenbediener einen Einfluss auf die Höhe des Messwertes haben kann, erfolgte die A-Staub-Probenahme an der Person doppelt. Da von diesem Probenträger auch der Quarz-Staub-Messwert bestimmt wird, liegen theoretisch zu erwartend 45 ($15 * 3$) Messwerte für E-Staub (sowie für stationäre Messwerte) und 90 ($15*2*3$) personengetragene Messwerte für A-Staub und Quarz-Staub vor. Abweichungen von diesen Anzahlen erklären sich durch zusätzlich durchgeführte vierte Versuche bei einigen Untersuchungen sowie durch vereinzelt fehlende Messwerte, insbesondere fehlt eine Reihe von stationären Messwerten. Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet.

Tabelle 6.5.3 - 4 Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Schwingschleifern

(P = personengetragene Probenahme, S = stationäre Probenahme)

Staubart	Gesamtanzahl		MW =		$< NWG$		$\approx NWG [mg/m^3]$	
	P	S	P	S	P	S	P	S
E-Staub	48	45	48	44	0	1	-	0,15
A-Staub	95	45	58	43	37	2	0,5	0,15
Quarz-Staub	95	45	15	38	80	7	0,02	0,01

In Tabelle 6.5.3 - 5 sind die untersuchten Schwingschleifer aufgeführt, zusammen mit verschiedenen Parametern zu den Untersuchungen.

Tabelle 6.5.3 - 5 Untersuchte Schwingschleifer

Messbericht	Ma-schine	Mobil-ent-stauber	Mittelwert erfasste Masse [kg]	Bemerkung	Marktüblich vom Hersteller abgestimmtes System
2005/2260	SS01a	-	0,48	keine Verwendung eines Entstaubers, stattdessen Anschluß eines Spezial-Filterbeutels (Klasse M), Konfiguration nur für kleinere Arbeiten vorgesehen	Nein
2005/2603	SS01b	E05	1,78	Konfiguration mit Entstauber	Ja
2005/770	SS02	E01	2,17		Ja
2005/829	SS03	E09	1,14		Ja
2005/830	SS04	E09	1,71		Ja
2005/1038	SS05	E03	1,00		Ja
2005/1039	SS06	E03	0,83		Ja
2005/786	SS07a	E12	1,01	Prüfung mit Entstauberbeutel	Ja
2005/769	SS07b	E12	0,91	Prüfung ohne Entstauberbeutel	Ja
2005/787	SS08	E02	1,14		Ja
2005/1322	SS09	E10	1,78		Ja
2005/1324	SS10	E04	1,11		Ja
2005/1517	SS11	E04	2,85		Ja
2005/1323	SS12	E12	0,86		Ja
2005/2475	SS13	E05	2,19		Ja

Für die Bewertung des Bearbeitungssystems (Schwingschleifer + Mobilentstauber) wurde wie in Kapitel 6.0 näher beschrieben vorgegangen. Für jedes Bearbeitungssystem wurde zunächst der zeitgewichtete Mittelwert der personengetragenen Probenahme für die i.d.R. drei Versuche berechnet. Diese Berechnung wird für die Staubfraktionen A-Staub und E-Staub durchgeführt. Der zeitgewichtete Mittelwert wird mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) für die jeweilige Staubfraktion verglichen. Überschreitungen (rot) und Einhaltung (grün) des AGW sind in der Tabelle 6.5.3 - 6 farblich dargestellt.

Anhand der Ergebnisse (d.h. Einhaltung des Grenzwertes (AGW) für beide Staubarten oder Überschreitung bei mindestens einer der Staubarten) erfolgt eine Zuordnung der Bearbeitungssysteme zu dem Entwurf einer Gefährdungsbeurteilung. Bei Einhaltung der Grenzwerte wird der **Typ I** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen. Der **Typ II** des Entwurfs zur Gefährdungsbeurteilung wird bei Überschreitung der Grenzwerte gewählt.

Tabelle 6.5.3 - 6 Bewertung handelsüblicher Systeme: Schwingschleifer

Berichtsnr.	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2005/2603	SS01b – E05	1,02	0,32
2005/770	SS02 – E01	3,54	0,82
2005/829	SS03 – E09	1,34	0,29
2005/830	SS04 – E09	2,45	0,29
2005/1038	SS05 – E03	4,46	0,76
2005/1039	SS06 – E03	6,43	0,88
2005/786	SS07a – E12	2,3	0,65
2005/769	SS07b – E12	6,67	1,51
2005/787	SS08 – E02	1,5	0,50
2005/1322	SS09 – E10	6,6	0,78
2005/1324	SS10 – E04	9,19	1,88
2005/1517	SS11 – E04	10,72	1,22
2005/1323	SS12 – E12	3,32	1,09
2005/2475	SS13 – E05	2,69	1,19

Die meisten der geprüften handelsüblichen Bearbeitungssysteme für Schwingschleifer (SS01-E05 bis SS13-E11 mit Ausnahme von SS11-E04) lagen bei der A-Staub- und bei der E-Staub-Fraktion unterhalb des Grenzwertes. Diesen Systemen kann zweifelsfrei der **Typ I** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Bei Betrachtung des E-Staubes fällt nur das System SS11-E04, aufgrund der (geringfügigen) Überschreitungen des E- Staubgrenzwertes auf. Diesem Schwingschleifer muss daher der **Typ II** der Gefährdungsbeurteilung zugeordnet werden.

Vergleich der Staubarten

Einen Überblick über die Messergebnisse für alle Staubarten bei den Schwingschleifern liefert Abbildung 6.5.3 - 9. Dort sind die zeitgewichteten Mittelwerte der i.d.R. jeweils 3 E-Staub, A-Staub- und Quarzstaub-Messwerte mit ihrer Streubreite dargestellt.

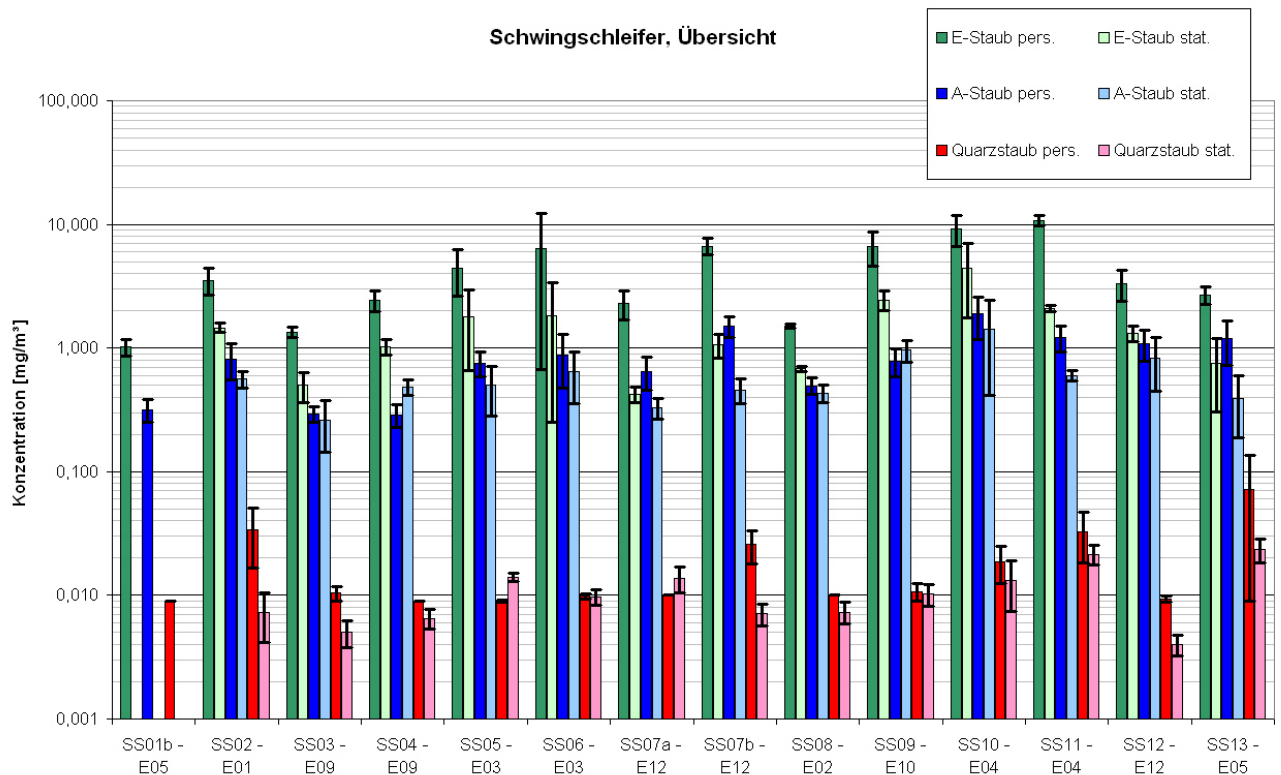


Abb. 6.5.3 – 9 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Schwingschleifer

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für personengetragene (pers.) und stationäre (stat.) Probenahme mitsamt ihrer Streubreite.

In der Regel ist der Anteil am Grenzwert ("Stoffindex") für E-Staub größer als für A-Staub. Der Quarz-Staub spielt hier nur eine untergeordnete Rolle bei der Staubbelastung.

6.5.4 Zusätzliche Untersuchungen bei Schwing- und Exzentrerschleifern

Für Schwing- und Exzentrerschleifer wurde je eine zusätzliche Untersuchung durchgeführt, vgl. Tabelle 6.5.4 -1.

Neben den herkömmlichen Bearbeitungssystemen wurde eine Untersuchung eines Exzentrerschleifers mit einem anderen Mobilentstauber durchgeführt. Hintergrund ist, dass das Gerät ES10 im Aufbau dem Exzentrerschleifer ES07 sehr ähnlich sein sollte, der aber erheblich schlechter abgeschnitten hatte. Aufgrund der erheblichen Staubemission wurde bei dem Bearbeitungssystem ES07-E09 nur ein Versuch durchgeführt. Mit dem zusätzlichen Test sollte der Mobilentstauber E09 bezüglich seiner Absaugleistung überprüft werden. Wie die Abb. 6.5.4 – 1 zeigt, schneidet die Kombination ES10a-E09 zwar schlechter ab als das abgestimmte System ES10b-E10, aber längst nicht so schlecht, wie das System ES07-E09. Offensichtlich beruht die hohe Staubfreisetzung des Bearbeitungssystems ES07-E09 nicht nur auf dem Mobilentstauber.

Tabelle 6.5.4 - 1 Zusätzliche Untersuchungen bei Schwing- und Exzentrerschleifern
Grenzwertüberschreitungen der zeitgewichteten Mittelwerte sind rot markiert.

Berichtsnummer	Bearbeitungssystem	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]	Bemerkung
2005/1262	ES10a - E09	1,3	0,30	Test des Exzentrerschleifers mit einem anderen Entstauber
2005/2260	SS01a	64,77	6,53	keine Verwendung eines Entstaubers, stattdessen Anschluss eines Spezial-Filterbeutels, Konfiguration nur für kleinere Arbeiten vorgesehen

Die auf dem Markt erhältlichen Schwingschleifer sind z. T. mit einem Staubauffangbeutel ausgestattet. Eine Firma hat einen besonderen Beutel entwickelt, der zusätzlich mit einem Filter versehen ist. Zur Überprüfung des Staubrückhaltevermögens des Gerätestaubbeutels im Vergleich mit der Verwendung eines Staubsaugers wurde ein zusätzlicher Versuch ohne den vorgesehenen Mobilentstauber durchgeführt. Wie aus Abb. 6.5.4 - 1 ersichtlich ist, ist die Staubentwicklung ohne Verwendung eines Mobilentstaubers auch bei Verwendung eines Staubauffangbeutels mit Filter um Größenordnungen höher als bei den abgestimmten Systemen mit Mobilentstaubern. Dieses Gerät ist allerdings nur für kleinere Arbeiten (z.B. Fugen) geeignet.

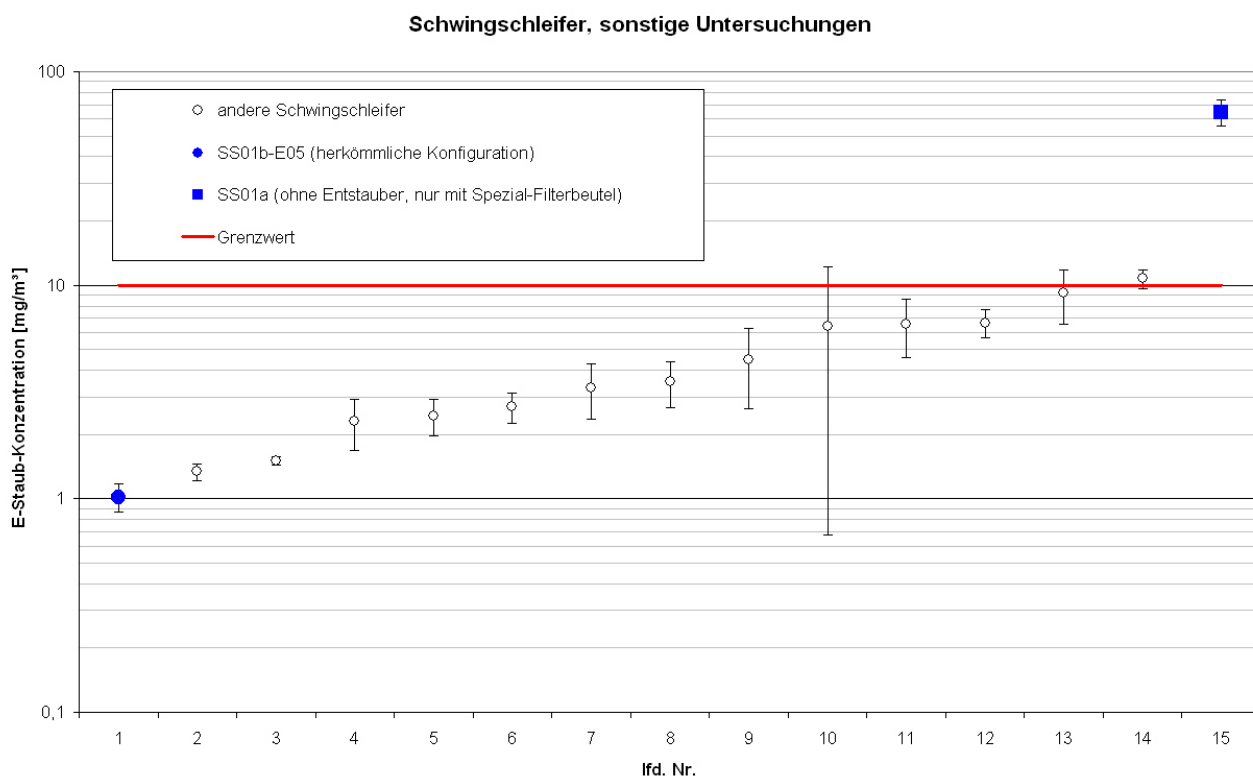


Abb. 6.5.4 – 1 Schwingschleifer SS01 in herkömmlicher Konfiguration sowie nur mit Spezial-Filterbeutel

Dargestellt sind die zeitgewichteten Mittelwerte für E-Staub (personengetragene Probenahme).

6.5.5 Schlussfolgerungen

Das Arbeiten mit am Markt befindlichen abgestimmten Bearbeitungssystemen für Schwing- und Exzentrerschleifer erfolgt im Vergleich zu nicht abgesaugten Systemen sehr staubarm. Es ist zu erkennen, dass hier die Optimierung von Stauberfassung und Absaugung zu sehr guten Ergebnissen führt.

Bei den Schwingschleifern wie auch bei den Exzentrerschleifern liegen die Staubemissionen fast aller geprüften Geräte unterhalb der Grenzwerte. Bei den Schwingschleifern gibt es nur ein System, das leichte Grenzwertüberschreitungen zeigt. Zwei Exzentrerschleifer-Systeme zeigen allerdings recht deutlich über den Grenzwerten liegende Staubfreisetzung.

Vor dem Hintergrund der unter "worst case"-Bedingungen erhaltenen Ergebnisse ist dies für beide Arten von Schleifgeräten ein sehr gutes Resultat.

6.6 Sonstige am Bau verwendete Geräte

Neben den von der Arbeitsgruppe festgelegten Gerätekategorien wurden vereinzelte Untersuchungen an folgenden Gerätetypen durchgeführt.

- 1 Betonfräse
- 2 Stockgeräte
- 1 Bohrhammer mit Absaugvorrichtung
- 1 Diamantbohrmaschine mit Absaugung (Dosensenker)

Es gab verschiedene Gründe, die zur Einordnung der Geräte in diese Gruppe führten. Entweder bieten zurzeit nur wenige Firmen auf dem Markt abgesaugte Exemplare der speziellen Gerätegruppe an, so dass nur ein oder zwei Exemplare der staubabgesaugten Geräte für Messungen zur Verfügung standen (Betonfräse, Stocker). Oder es wurde nur eine Maschine zu orientierenden Staubemissionsmessungen herangezogen (Bohrhammer, Diamantbohrmaschine (Dosensenker)).

Die Einzelmesswerte sind in Tabelle A1 im Anhang aufgeführt. Die Abbildungen 6.6.2 - 1 bis 6.6.2 - 4 stellen die Messergebnisse für diese sonstigen Maschinen grafisch dar. Die Bewertung der Geräte ist der Tabelle 6.6.2 - 1 zu entnehmen.

6.6.1 Betonfräsen und Stockgeräte

Die Betonfräse wird ebenfalls wie die Betonschleifer zur Betonoberflächenbearbeitung eingesetzt. Für die Prüfung war Sie mit für den Betonuntergrund geeigneten Fräsrädern bestückt. Durch die Form und Anordnung der Fräsräder bearbeitet die Fräse den Beton gröber und trägt in der Regel mehr und gröberes Material als die Betonschleifer ab.

Die Stockgeräte werden zum Aufrauen von Granit und anderen glatten Materialien verwendet, u. a. um sie rutschfest zu machen. Die Geräte arbeiten mit einer rotierenden Stockeinheit mit Hartmetallrädchen, deren Spitzen pyramidenartig ausgeführt sind. Auch hier werden gröbere Teile des Untergrundmaterials abgesprengt als bei den Betonschleifern. Bei diesen Arbeiten können große Mengen an Staub erzeugt werden und durch den freigesetzten mineralischen Staub Gesundheitsgefahren auftreten, Der Staub kann in Anhängigkeit vom Untergrund Anteile an Quarz enthalten. Die Betonfräsen und Stockgeräte sind deshalb mit Erfassungselementen ausgerüstet und werden in Kombination mit Mobilentstaubern betrieben. Die Bearbeitungsmaschine und der Mobilentstauber werden über einen Saugschlauch mit einander verbunden

Durchführung

Für die Stockgeräte sowie die Betonfräse wurden in der Arbeitsgruppe am 12. Juli 2004 in Feuchtwangen die gleichen Prüfkriterien wie bei den Betonschleifern festgelegt.

Die Bearbeitung erfolgte durch Fräsen oder durch das sogenannte "Stocken" der Platten. Hier wurden dieselben Untersuchungsbedingungen wie bei den Betonschleifgeräten zugrunde gelegt (siehe Kapitel 6.2.1 und 6.2.2). Da beim Stocken das gröbere Material schlecht von der Stauberfassungseinheit aufgesaugt wird, musste zur Ermittlung der tatsächlich erfassten Masse das nicht erfasste Material am A-Bock mit dem zu wiegenden Mobilentstauber aufgesaugt werden.

Messdatenauswertung

Die geprüfte Betonfräse in Kombination mit dem Mobilentstauber (BF01-E10) hatte mit nur durchschnittlich 0,4 kg entgegen der Erwartungen eine geringere Masse des Betons als die Betonschleifer und Stockgeräte abgetragen. Die personengetragenen A-Staub-Werte liegen alle unter der Bestimmungsgrenze; die E-Staub-Werte betragen nur ca. 1/5 des Grenzwertes von 10 mg/m³

Bei den Messwerten kleiner der Bestimmungsgrenze wurde die halbe Bestimmungsgrenze als Messergebnis gewertet. Die personengetragenen A-Staubwerte liegen bei den Stockmaschinen ebenfalls alle unter der Bestimmungsgrenze (<NWG'); die E-Staubwerte an der Person fallen allerdings höher als bei der Betonfräse aus, erreichen aber im Mittel nur 50% des Grenzwertes.

Der größer dimensionierte Stocker SM02-E02 zeigt gegenüber der kleineren Maschine höhere Messwerte bei allen Staubfraktionen, obwohl die erfasste Masse nur geringfügig höher ist. Bei beiden Stockern ist aber deutlich ein Anstieg der Staubemissionen von Versuch zu Versuch zu erkennen. Unter anderem könnte dies mit dem verwendeten Mobilentstauber zu tun haben.

6.6.2 Bohrhammer und Diamantbohrmaschine (Trockenverfahren)

Bohrhämmer werden üblicherweise nicht mit einer Absaugung versehen, obwohl bei umfangreichen Arbeiten und größeren Bohrlochdurchmessern je nach Untergrund erhebliche Staubbelastungen auftreten können. Dies gilt vor allem bei Überkopfarbeiten, bei denen u. U. der Arbeiter direkt in der "Staubfahne" steht. Für die Prüfungen wurde eine marktübliche Absaugvorrichtung für das Gerät mitgeliefert. Die Absaugvorrichtung besteht aus einer bohrlochabdichtenden Manschette mit Halterung, an die entsprechende Mobilentstauber mit einem Saugschlauch angekoppelt werden.

Diamantbohrmaschinen werden zur Einsenkung von großformatigen Löchern für Steckdosen, Schalter und andere Elektroinstallationen in Wände eingesetzt. Dazu können verschiedene Bohrkronen auf das Gerät aufgesteckt werden. Zur Zentrierung wird ein Zentrierbohrer verwendet, außerdem kann eine Absaugvorrichtung angebracht werden. In den meisten Fällen werden diese Geräte ohne Absaugung angewendet, was gerade bei einer hohen Bohrlochrate eine hohe Staubemission zur Folge hat. Je nach Stein- bzw. Baumaterial können ebenso gesundheitsgefährdende Quarzstaubbelastungen auftreten. Für den Test wurde vom Hersteller eine marktübliche Diamantbohrmaschine mit Ansaugvorrichtung und Absaugschlauch zum Anschluss an den Mobilentstauber mitgeliefert.

Durchführung

Der Bohrhammer wurde in drei Versuchen getestet. Als Bearbeitungsmaterial wurden die Betonplatten, die auf dem A-Bock aufgestellt wurden, verwendet. Es wurden pro Versuch mit einem 14 mm Steinbohrer 96 Bohrlöcher von je ca. 4 cm Tiefe in den Untergrund gebohrt. Dieser Vorgang dauerte ca. 30 Minuten.

Der vom Mobilentstauber erfasste Bohrstaub wurde durch Wägung des Mobilentstaubers vor und nach dem Versuch ermittelt. Die Bohrstaubmasse betrug im Mittel ca. 1,4 kg.

Insgesamt wurden 3 Versuche durchgeführt, bei denen allerdings nur die personengetragenen Prüfgeräte zu Einsatz kamen. Der A- Staub wurde mit einem zweiten Probenahmegerät (FSP10) parallel gemessen. Stationäre Messungen wurden nicht durchgeführt.

Für die abgesaugte Diamantbohrmaschine wurden die im Folgenden beschriebenen Prüfkriterien festgelegt und durchgeführt:

Als Bearbeitungsmaterial wurden großformatige Kalksandsteinformelemente (KS-XL-PE 20-2,0) (998x115x623 mm) ausgewählt. Die Steine wurden übereinander auf dem A-Bock aufgestellt und mit Bleistiftstrichen ein Gittermuster mit Quadraten von 10x10 cm aufgetragen. Die Bleistiftkreuze dienten jeweils als Ansatzpunkt für den Zentrierbohrer des Dosensenkers. Der Proband bohrte pro Versuch mit einer Diamantbohrkrone 99 Bohrlöcher von je ca. 4 cm Tiefe in den Untergrund. Zuerst erfolgte eine Vorbohrung, dann wurde die Dose eingesenkt. Dieser Vorgang dauerte ca. 60 min pro Versuch. Beim Wechsel vom ersten zum zweiten Stein wurde eine fünfminütige Pause eingelegt.

Der vom Mobilentstauber erfasste Bohrstaub wurde durch Wägung des Mobilentstaubers vor und nach dem Versuch ermittelt. Die Bohrstaubmasse betrug im Mittel 5,84 kg pro Versuchsdurchlauf.

Messdatenauswertung

Bei dem Bohrhammer wurden nur die personengetragenen Messwerte erfasst und ausgewertet. Alle Messwerte liegen unterhalb der Bestimmungsgrenzen (<NWG'), die aufgrund der kürzeren Messdauer von nur ca. 30 min. relativ hoch sind.

Bei der Diamantbohrmaschine wurden relativ hohe E-Staub-Messwerte von etwa 7 mg/m³ ermittelt, wohingegen die A-Staub-Messwerte nur etwa 0,7 mg/m³ betragen.

Tabelle 6.6.2 -1 Bewertung handelsüblicher Systeme: Sonstige Geräte

Berichtsnr.	Bearbeitungssystem	Gerätetyp	E-Staub [mg/m ³]	A-Staub [mg/m ³]
2004/3699	BF01 - E10	Betonfräse	2,23	0,28
2005/2604	BM01 - E05	Bohrhammer	0,55	0,55
2005/2596	DS01 – E03	Dosensenker	7,23	0,65
2004/3700	SM01 - E02	Stocker, klein	4,96	0,27
2004/3698	SM02 - E02	Stocker, groß	7,21	1,01

Sonstige Maschinen, E-Staub Einzelwerte

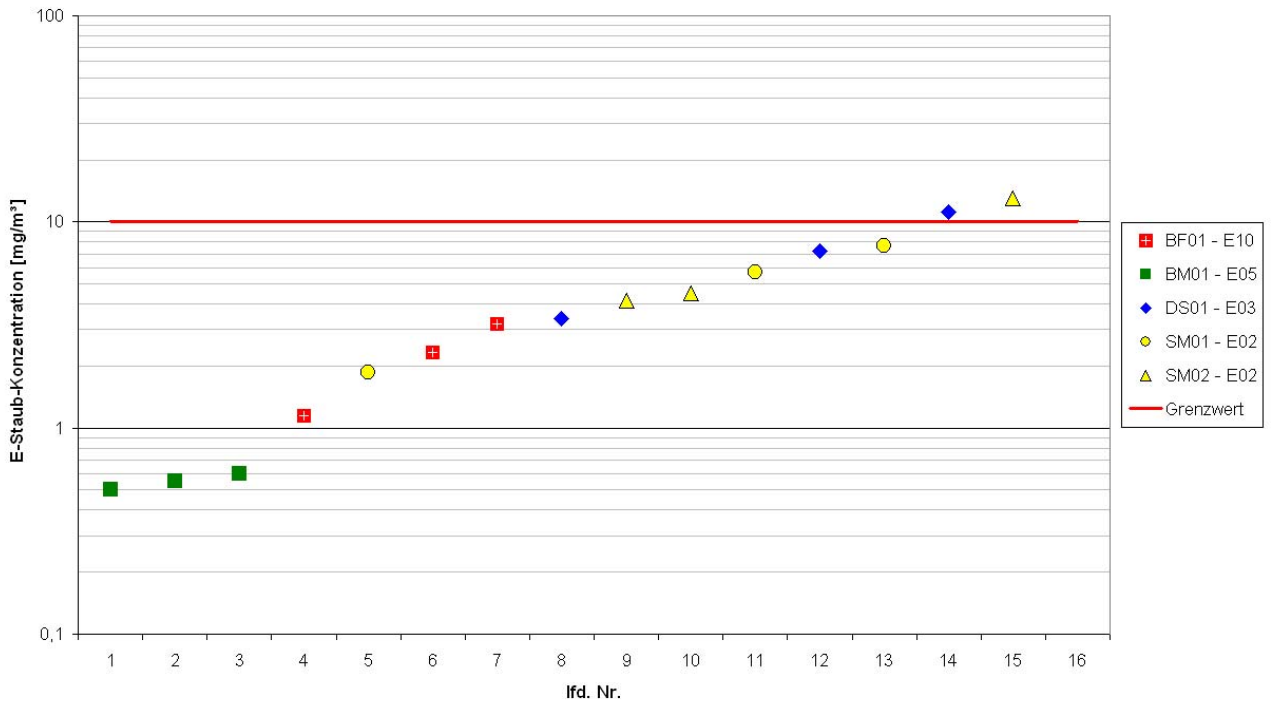


Abb. 6.6.2 – 1 E-Staub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen

Sonstige Maschinen, A-Staub Einzelwerte

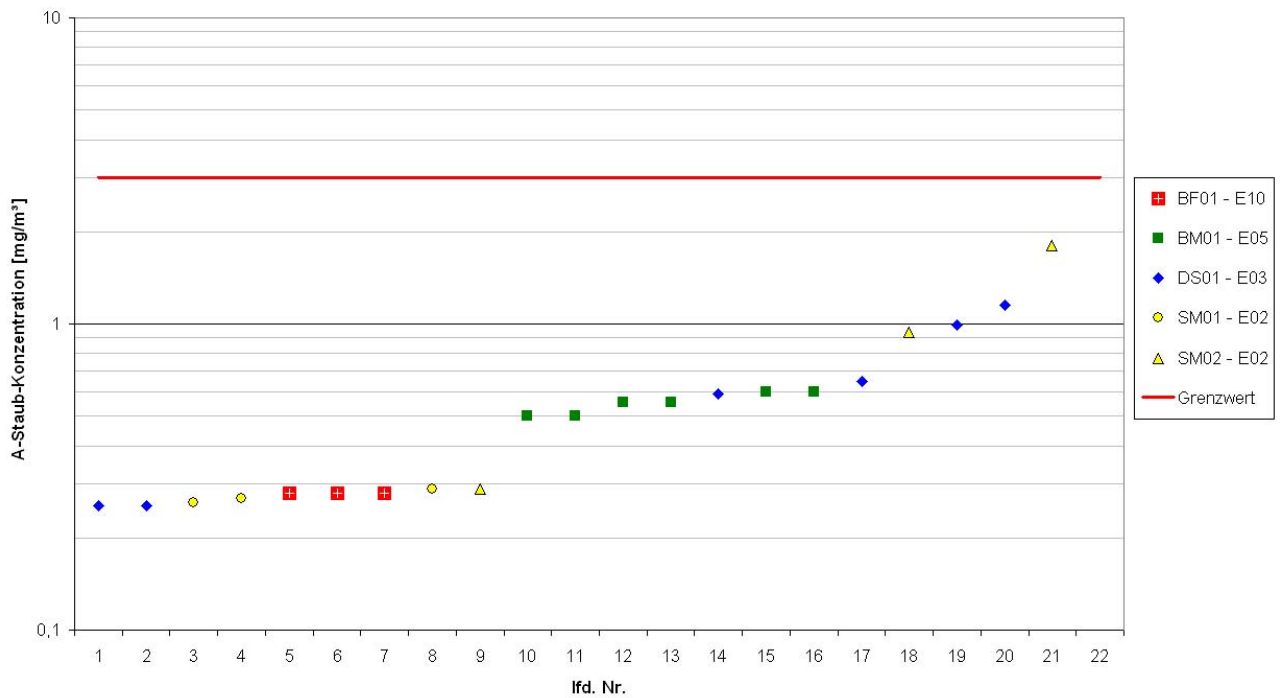


Abb. 6.6.2 – 2 A-Staub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen

Sonstige Maschinen, Quarzstaub Einzelwerte

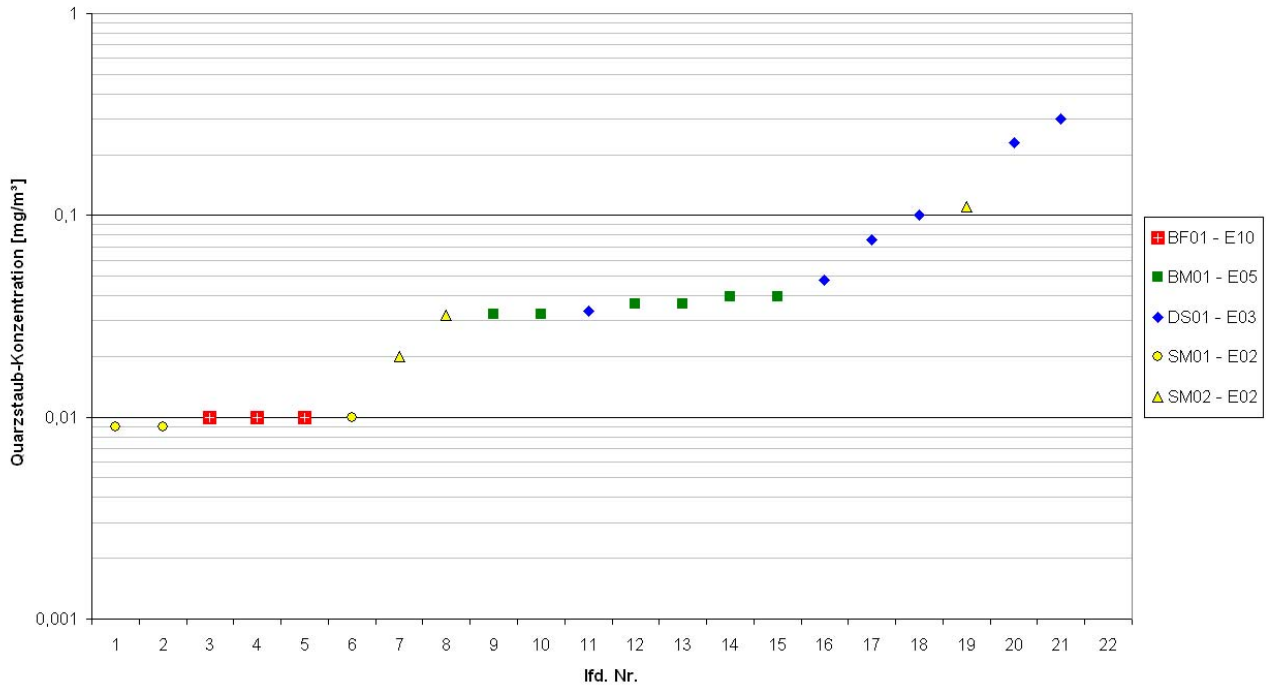


Abb. 6.6.2 – 3 Quarzstaub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen

Sonstige Maschinen, Übersicht

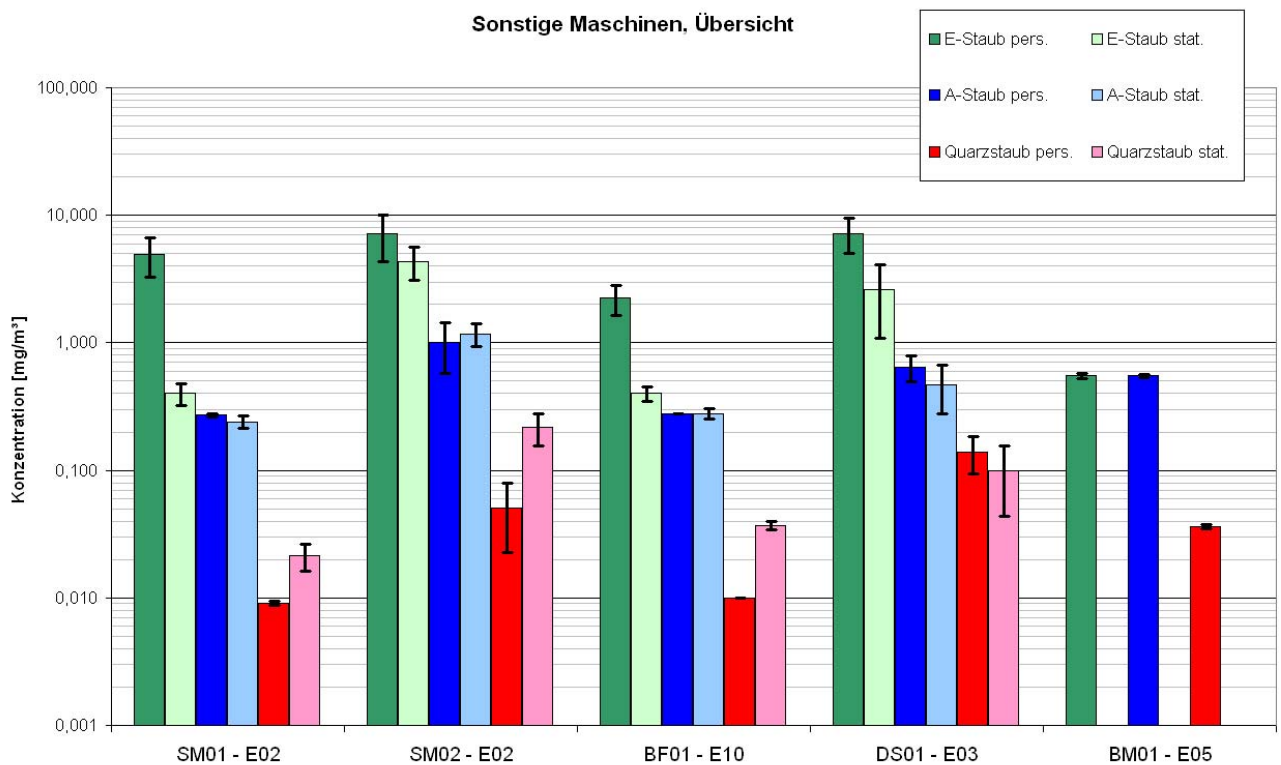


Abb. 6.6.2 – 4 Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für sonstige Maschinen

Dargestellt sind die Mittelwerte der personengetragenen und stationären Probenahme mitsamt ihrer Streubreite.

7 Bewertung der Ergebnisse

7.1 Gesamtbewertung aller untersuchten Kategorien

Soweit bekannt, stellt die vorliegende Untersuchung die erste systematische Zusammenstellung der Staubemissionen von Systemen für die Bearbeitung mineralischer Werkstoffe dar. Die untersuchten Systeme stellen eine repräsentative Auswahl der am Markt vertretenen Geräte dar.

Im Laufe der Untersuchung konnten wichtige neue Erkenntnisse gewonnen werden, die es nun gilt, in die Praxis umzusetzen. Bis zur Aufnahme der Untersuchungen lagen Angaben zum Staubemissionsverhalten handgeführter Maschinen nicht umfassend vor. Beobachtungen in der Praxis - insbesondere auf Baustellen - zeigten, dass abgestimmte Bearbeitungssysteme, wie sie im Rahmen des Projektes untersucht wurden, dort in der Regel nicht zu finden sind. Arbeitsplatzmessungen bei staubintensiven Tätigkeiten mit handgeführten Maschinen auf Baustellen fanden daher zumeist ohne wirksame Absaugung statt.

Obwohl abgesaugte Systeme am Markt verfügbar sind, war doch über deren tatsächliche Wirksamkeit nichts bekannt. Um den Einsatz staubarmer Bearbeitungssysteme in der Praxis nachhaltig fördern zu können, sind jedoch aus Sicht der Prävention verlässliche Informationen über deren Wirksamkeit unabdingbar. Diese Informationen liegen nun für die untersuchten Geräte vor und werden als Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung an anderer Stelle frei zugänglich im Internet veröffentlicht (www.gisbau.de).

Von den im ZVEI zusammengeschlossenen Herstellern wurden Gerätesysteme zur Verfügung gestellt, wie sie derzeit am Markt erhältlich sind. Insoweit stellen die Untersuchungen eine Beschreibung des Standes der Technik für verschiedene Bearbeitungssysteme dar.

Die Ergebnisse der Untersuchungen im Prüfraum zeigen erfreulicherweise, dass bei vielen Maschinenkategorien - wenn diese nach den Vorgaben der Hersteller verwendet wurden - deutlich niedrigere Staubemissionen auftreten, als es die Ergebnisse aus früheren Untersuchungen auf Baustellen [8] erwarten ließen. Bei den abgestimmten Systemen wurden in keinem Fall auch nur annähernd so hohe Konzentrationen ermittelt, wie sie von Arbeitsplatzmessungen auf Baustellen ohne wirksame Absaugung bekannt sind.

7.1.1 Streubreite der einzelnen Messwerte

Bekanntermaßen sind Messergebnisse immer mit einer Messunsicherheit behaftet [9]. Bei der Bestimmung von Staubkonzentrationen in der Luft kommt erschwerend hinzu, dass sich die Partikel i.d.R. nicht gleichförmig im Raum verteilen wie etwa Gase oder Dämpfe. Je nach Dichte und aerodynamischem Verhalten der in der Schwebelage befindlichen Partikel sinken diese zudem ungleich schnell zu Boden. Die Messunsicherheit bei Staubprobenahmen ist daher besonders groß.

Die Messunsicherheit bei Staubprobenahmen ist daher besonders groß. Das BGIA geht aufgrund empirischer Erfahrungen davon aus, dass eine Schwankung der Messwerte bei Staubprobenahmen um den Faktor 2 nach oben und nach unten "im Rahmen des üblichen" ist.

Die hier zu diskutierende Streubreite der Einzelmesswerte setzt sich zusammen aus dem Messfehler (vgl. Kapitel 5.5), der auch auftreten würde, wenn ein und derselbe Versuch mehrfach genau parallel gemessen würde und den Abweichungen, die zusätzlich daraus resultieren, dass bei jedem einzelnen Versuch jeweils mehr oder weniger große Unterschiede auftreten (beispielsweise Unterschiede im Führen der Maschine wie Zahl der Ansätze, Unterbrechungen, Anpressdruck, Fortschrittsgeschwindigkeit, Verkanten usw.).

Aus Praktikabilitäts- und Kostengründen wurde jedes Bearbeitungssystem in der Regel in drei gleichartigen Versuchen untersucht (in einigen Fällen wurden auch vier Versuche

durchgeführt). Für einen Teil der Versuche wurden A-Staub und Quarzstaub-Messwerte sowohl im linken als auch im rechten Einatembereich des Maschinenbediener bestimmt (vgl. Kapitel 7.1.3), so dass für diese beiden Staubarten teilweise $2 \cdot 3 = 6$ bzw. $2 \cdot 4 = 8$ einzelne Messwerte für die personengetragene Probenahme vorliegen. Für die N Einzelmesswerte wurde entsprechend der Probenahmedauer der zeitgewichtete arithmetische Mittelwert jeweils bezogen auf eine Staubart (E-Staub, A-Staub, Quarzstaub) gebildet (gew. MW).

Die Berechnung der Standardabweichung des Mittelwertes (σ_{MW}) erfolgte ohne zeitliche Gewichtung anhand der N Einzelwerte nach der in Anhang 7.4 aufgeführten Formel. (Abb. Anhang 7.4. - 5). In der Gesamtübersichtstabelle A1 im Anhang wird die prozentuale Standardabweichung σ ($= \sigma_{MW} / MW$) angegeben. Die Unterschiede zwischen dem zeitlich gewichteten Mittelwert (gew. MW) und dem nicht gewichteten Mittelwert (MW) sind hier i.d.R. nicht besonders groß, so dass diese vereinfachte Vorgehensweise ausgewählt wurde.

Konvention zur Festlegung der Ausreißer

Für die vorliegende Untersuchung stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, wann ein Messwert als Ausreißer zu betrachten ist und damit nicht für die Beurteilung des Bearbeitungssystems herangezogen wird. Hierzu ist es notwendig, die Verlässlichkeit der gewonnenen Messwerte einzuschätzen. Das Vertrauen in die Vergleichbarkeit der Messwerte ist wichtig damit die Beurteilungen der Bearbeitungssysteme von allen am Projekt Beteiligten akzeptiert und mitgetragen werden.

Die berechneten Standardabweichungen für alle E-Staub-Messungen sind im Anhang in Abb. Anhang 7.4. - 6 graphisch dargestellt. Zur Festlegung von Ausreißern wurden im Folgenden nur die Messreihen näher betrachtet, deren Standardabweichung (σ_{MW}) größer als 40% ist. Diese Grenze von 40% als Kriterium zur Herleitung der Messwerte mit außergewöhnlicher Streubreite um den Mittelwert, wurde als Konvention im Arbeitskreis für das weitere Vorgehen vereinbart. Sie deckt sich aber erstaunlich gut mit den empirischen Erfahrungen des BGIA, dass eine Schwankung der Messwerte bei Staubprobenahmen um den Faktor 2 nach oben und nach unten als "normal" betrachtet werden kann. Bei einem Messwert von 1 mg/m^3 also: (Schwankung für drei Versuche: $0,5 \text{ mg/m}^3$; $1,0 \text{ mg/m}^3$; 2 mg/m^3 ; Mittelwert = $1,17 \text{ mg/m}^3$) errechnet sich eine Standardabweichung (σ_{MW}) von 38%. Diese gilt für alle Zahlentripel "mit dem Faktor 2 nach oben und nach unten".

Bei einer Betrachtung der Verteilungen aller berechneten Standardabweichungen zeigt sich, dass bei den A-Staub- und E-Staub-Messungen ca. 90% und bei den Quarz-Staub-Messungen ca. 80% aller Standardabweichungen unterhalb von 40% liegen (Abb. Anhang 7.4. - 7).

Die Messreihen, die für E-Staub oder A-Staub Standardabweichungen von mehr als 40% ergaben, wurden eingehend untersucht. Wenn sich aus den zu Verfügung stehenden Untersuchungsergebnissen (Messwerte für personengetragene und stationäre Probenahme, Messergebnisse aus dem E/A-Verfahren oder aus dem Respikon sowie Hinweise aus dem TM-Digital-Messtreifen oder aus den Pimex-Signalen) herauskristallisierte, dass die Messwerte mit einer solchen Streubreite offenbar tatsächlich vorlagen, wurden sie im Datenkollektiv belassen. Lediglich bei 10 von 2040 Messwerten (personengetragene oder stationäre Probenahme, E- oder A-Staub) konnte die hohe Streubreite nicht in allen Untersuchungsverfahren bestätigt werden. Diese Messwerte wurden als Ausreißer betrachtet und bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Diese Messwerte sind in der Tabelle A1 im Anhang in Klammern gesetzt.

7.1.2 Unterschiede personengetragene und stationäre Probenahme

Neben den personengetragenen Probenahmen wurden bei den Prüfungen auch stationäre Probenahmen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle A1 sowie in Form der zeitlich gewichteten Mittelwerte graphisch aufbereitet wie in den Abbildungen 7.1.2 -1 bis 7.1.2 - 3 im Anhang aufgeführt. Wie die Abbildungen zeigen, gibt es eine gewisse Streubreite bei den Quotienten aus personengetragenem Mittelwert und stationärem Mittelwert. Im Mittel liegt für E-Staub der personengetragene Wert etwa 2-3 mal so hoch wie der stationäre, für A-Staub ca. 1-2 mal. Während für E-Staub der personengetragene Wert nur mit wenigen Ausnahmen stets größer ist als der stationäre Wert, ist bei A-Staub schon in mehreren Fällen der stationäre Wert größer. Beim Quarzstaub ist i.d.R. der stationäre Wert höher als der personengetragene. Hier könnte in einem Teil der Fälle die Halbierung bei Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze als Erklärung dafür herangezogen werden. Allerdings sind häufig die stationären Messwerte deutlich höher als die Nachweisgrenze der personengetragenen Werte erwarten lässt, teilweise sogar oberhalb des Grenzwertes.

7.1.3 Unterschiede rechter und linker Probenträger

Um Erfahrungen über den Einfluss der genauen Positionierung des Probenträgers im Einatembereich des Maschinenbedieners zu sammeln, wurde bei den Exzentrerschleifern, Schwingschleifern und Trennschleifern sowie bei einigen anderen Messungen jeweils ein A-Staub-Probenahmesystem im rechten und linken Bereich angebracht. Diese zusätzlichen Ergebnisse sind in Tabelle A1 im Anhang mit V1a, V2a usw. aufgeführt. Von diesem Probenträger wurde auch der Quarzstaub bestimmt, so dass für A-Staub und für Quarzstaub teilweise 6 - 8 Messwerte für die Bestimmung des gewichteten Mittelwerts vorliegen. Da die Anzahl der Messwerte in die Berechnung der Standardabweichung eingeht, ist in diesen Fällen i.d.R. der Wert der Standardabweichung deutlich geringer als für Messreihen mit $N=3$.

Während bei den meisten Versuchen beide Messwerte relativ nah beieinander liegen, gibt es bei einigen Versuchen auch Abweichungen von 100 - 300%. Es zeigt sich die Tendenz, dass die mit "a" bezeichneten zusätzlichen Messwerte häufiger über den "Standard-Messwerten" liegen, als darunter. Zudem sind diese positiven Abweichungen auch vom Betrag her größer als die negativen.

Worauf diese Abweichungen basieren müsste im Einzelfall geklärt werden und konnte im Rahmen dieses Projektes nicht durchgeführt werden. Denkbar wäre ein Einfluss der Geometrie der Maschine sowie das Arbeitsverhalten des Maschinenbedieners (wo sind Öffnungen, wie wird die Maschine gehalten u. v. m).

7.2 Praxismessungen auf Baustellen

Um zu untersuchen, ob die im Prüfraum gewonnenen Erkenntnisse auf die Praxis zu übertragen sind, wurden im Sommer 2005 Arbeitsplatzmessungen auf zwei Baustellen (Baustelle A und B) mit einigen im Prüfraum untersuchten Bearbeitungssystemen durchgeführt. Die Messungen wurden in Kooperation mit der BGFE durchgeführt. Zum Einsatz kamen hierbei Mauernutfräsen verschiedener Hersteller [8]. Die ausgewählten Bearbeitungssysteme hatten im Prüfraum nur eine geringe Staubemission gezeigt.

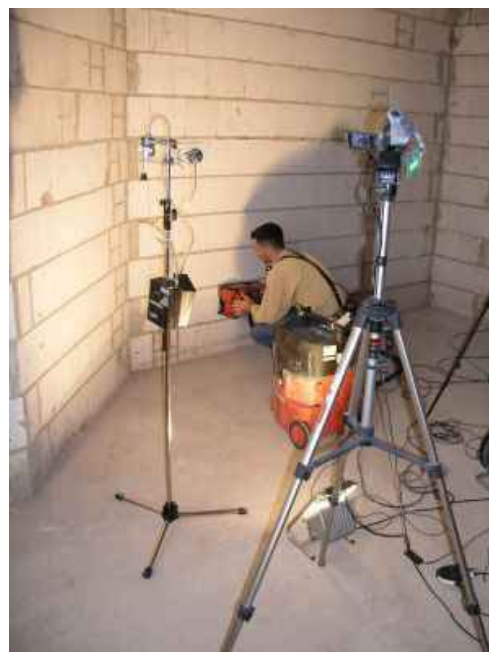


Abb. 7.2 – 1 Arbeitsplatzmessung



Abb. 7.2 – 2 Mauernutfräsen bei den Praxismessungen

Die Mauernutfräsen 1 und 2 hatten vergleichbare Leistungsdaten (35 mm); bei der Mauernutfräse 3 wurden Schlitze mit geringerer Tiefe geschnitten (25 mm). Das Material war wie im Prüfraum Kalksandstein

Bei den Praxismessungen auf Baustelle A (vgl. Tabelle 7.2 - 1) konnte das PIMEX-System erfolgreich eingesetzt werden. Die Aufzeichnungen sowie die parallel durchgeführte Staubprobenahme nach dem BGIA Verfahren zeigen eine geringe Staubbelastung für den Beschäftigten.

Tabelle 7.2 - 1 Messwerte beim Einsatz abgestimmter Mauernutfräsen/Mobilentstauber auf Baustelle A (2005)

Staubkonzentration [mg/m³]	Mauernutfräse 1	Mauernutfräse 2	Mauernutfräse 3
an der Person gemessen			
E-Staub AGW: 10 mg/m ³	7,04	11,9	0,92
A-Staub AGW: 3 mg/m ³	1,7	2,82	< 0,55
stationär im Raum gemessen			
E-Staub AGW: 10 mg/m ³	3,18	4,41	0,74
A-Staub AGW: 3 mg/m ³	1,23	1,85	<0,55

Bei der zweiten Messung auf der Baustelle B (vgl. Tabelle 7.2 - 2) konnte baustellenbedingt nur ein Bearbeitungssystem aus Mauernutfräse und Mobilentstauber eingesetzt werden. Die Probenahme erfolgte auch hier an der Person und stationär im Arbeitsbereich.

Tabelle 7.2 - 2 Messwerte auf Baustelle B (2005)

Staubkonzentration [mg/m³]	Mauernutfräse 4
an der Person gemessen	
E-Staub AGW: 10 mg/m ³	6,09
A-Staub AGW: 3 mg/m ³	1,47
stationär im Raum	
E-Staub AGW: 10 mg/m ³	1,89
A-Staub AGW: 3 mg/m ³	0,54

Beurteilung der Praxismessungen

Bei der Beurteilung der Praxismessungen muss berücksichtigt werden, dass es sich um eine sehr geringe Anzahl von Messwerten handelt. Es lässt sich beobachten, dass bei den Praxismessungen auf Baustellen teilweise geringfügig höhere Staubexpositionen als im Prüfraum festgestellt wurden.

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Geräte auf dieser Baustelle länger betrieben wurden als für die Ausführung der üblichen Arbeiten erforderlich war. Aufgrund dieser Maßnahme betrug die Messzeit für jedes System auf der Baustelle A etwa 3/4 bis 1 Stunde. Im Prüfraum wurden die Bearbeitungssysteme in der Regel über eine Stunde betrieben.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass auf den Baustellen eine teilweise nicht unerhebliche Vorbelastung der Räumlichkeiten mit Staub gegeben war.

Auch wenn bislang nur wenige Praxismessungen mit abgestimmten Systemen vorliegen, können - mit aller Vorsicht - zwei Dinge festgehalten werden:

- Die Untersuchungen im Prüfraum kommen den Praxisbedingungen sehr nahe. Sie liefern Messwerte, die mit der Staubexposition auf Baustellen bei dem Einsatz dieser Systeme vergleichbar sind.
- Bei den Praxismessungen im Jahr 2005 wurden deutlich niedrigere Staubexpositionen als in den Messungen der BGFE in früheren Jahren (1998-2001) [8] ermittelt. Die Verwendung von abgestimmten Bearbeitungssystemen und teilweise durchgeführte Systemoptimierungen haben sich positiv ausgewirkt.

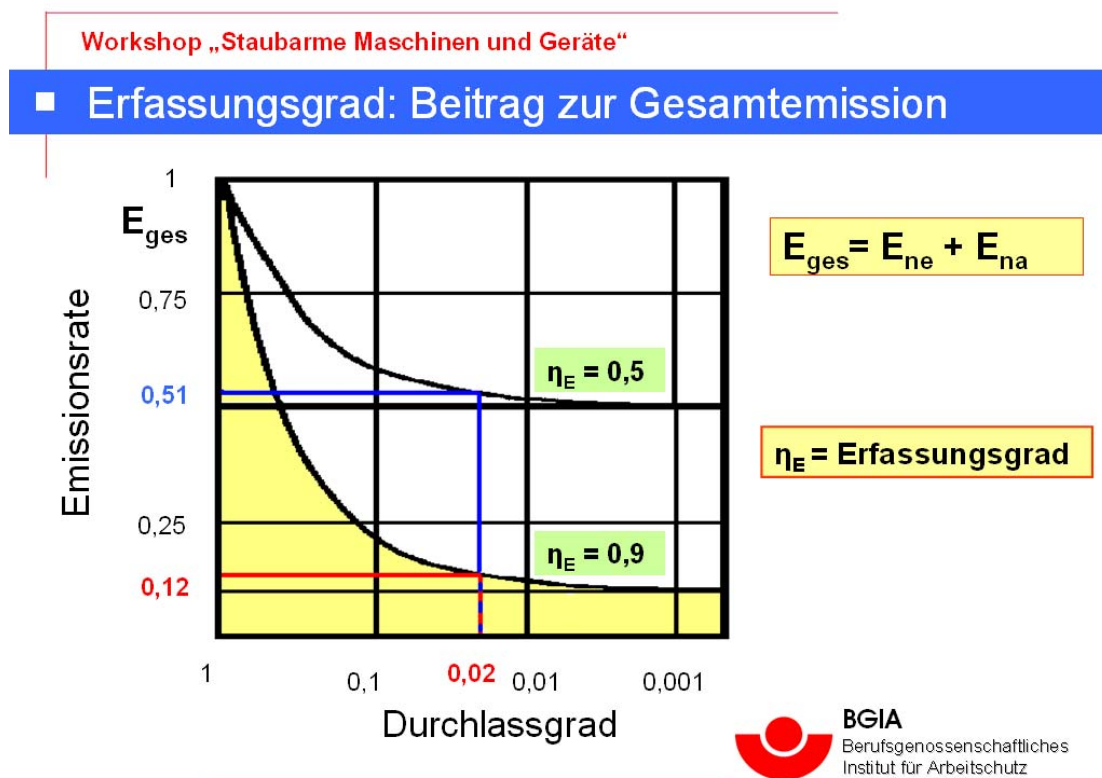
Die orientierenden Praxismessungen mit Mauernutfräsen auf Baustellen zeigen somit, dass die im Prüfraum gewonnenen Ergebnisse realistisch sind und auf Baustellen-Situationen übertragen werden können.

7.3 Einflussfaktoren auf die Staubemission

Sehr hohe Staubemissionen im Prüfraum konnten in der Regel auf nicht optimal abgestimmte Systeme oder konstruktiv unzureichende Erfassungselemente an der Bearbeitungsmaschine zurückgeführt werden. In einigen Fällen konnte allein durch den Wechsel des Mobilentstaubers eine deutliche Verbesserung erreicht werden.

Als wesentliche Einflussfaktoren auf das Staubemissionsverhalten der untersuchten Bearbeitungssysteme haben sich im Verlauf der Untersuchung zum einen das Erfassungselement an der Bearbeitungsmaschine sowie zum anderen der verwendete Mobilentstauber erwiesen.

Dem Erfassungselement an der Bearbeitungsmaschine kommt hierbei eine weit größere Bedeutung an der Gesamtemission zu, wie KLEINE (2005) während des Workshops "Staubarme Maschinen und Geräte" erläuterte [10].



H. Kleine@BGIA

Abb. 7.3 – 1 Zusammenhang zwischen Erfassungsgrad und Abscheidegrad

Die Emissionsrate ist gleich 1 wenn alles erfasste Material in die Umgebungsluft freigesetzt wird. Die Emissionsrate (E_{ges}) wird bestimmt vom Erfassungsgrad ($E_{\eta E}$) und vom Durchlassgrad des Filterelementes (E_{na}).

Das Diagramm verdeutlicht, dass der Erfassungsgrad ab einem Durchlassgrad von ca. 0,1 eine wesentlich größere Bedeutung für die Emissionsrate besitzt als der Durchlassgrad des Filterelementes. Bei einer Erfassung von lediglich 50% des anfallenden Staubes kann auch eine Verbesserung des Durchlassgrades des Filterelementes (z.B. von 0,1 auf 0,02) keine drastische Minderung der Emission nach sich ziehen.

Als Schlussfolgerung aus diesen Zusammenhängen lässt sich festhalten, dass der Verbesserung des Erfassungsgrades eine wesentlich größere Bedeutung zukommt als einer Verbesserung des Durchlassgrades des Filterelementes. Unzureichende Erfassungen lassen sich daher kaum durch eine verbesserte Filtertechnik kompensieren, wie BETTEN (2005) ebenfalls während des Workshops "Staubarme Maschinen und Geräte" eindrucksvoll zeigt [10].



Abb. 7.3 – 2 Wirksamkeit von Mobilentstauber

Neben den Aspekten Erfassung und Durchlassgrad spielen in der Praxis aber auch noch andere Faktoren wie z.B. Reinigungsprinzip des Hauptfilters des Mobilentstaubers, automatische oder manuelle Abrüttelung des Hauptfilters etc. eine nicht unerhebliche Rolle. Bei einem optimierten Bearbeitungssystem müssen alle diese Faktoren genau aufeinander abgestimmt sein, um eine möglichst geringe Staubemission unter Berücksichtigung der gesamten Tätigkeiten (incl. Entsorgung des erfassten und abgeschiedenen Staubes) zu gewährleisten.

7.3.1 Erfassungselement (Art und Größe der Absaughaube etc.)

Die Erfassungselemente an den untersuchten Bearbeitungsmaschinen sind aufgrund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Maschinenkategorien an den Verwendungszweck angepasst und daher sehr unterschiedlich ausgeführt. So sind die Erfassungselemente bei den Maschinen mit schneidenden Trennscheiben (z.B. Mauernutfräsen, Diamanttrennschleifer) in der Regel als Haube ausgeführt. Die Erfassung erzeugter Stäube bei den Schwing- und Exzentrerschleifern erfolgt dagegen meist durch Öffnungen innerhalb oder am Rande der Auflagefläche/Schleiffläche.

Insbesondere die unterschiedliche kinetische Energie, die den von der Bearbeitungsmaschine freigesetzten Materialpartikeln innewohnt, stellt verschiedene Anforderungen an die Wirksamkeit der Erfassung. Sie ist bei einem Trennschleifer mit einer 230 mm Trennscheibe viel höher als bei einem Exzentrerschleifer.

Wichtiger Faktor für eine möglichst hohe Wirksamkeit des Erfassungselementes ist eine weitgehend geschlossene Haube, die den Strom der Absaugluft optimal führt. Die notwendigen Zuluftöffnungen müssen sich an den richtigen Stellen befinden. Daneben sollte die Haube auch strömungstechnisch optimal gestaltet sein, d.h. Absaugstutzen in Richtung des Staubfluges. Das "Innenleben" der Haube sollte so gestaltet sein, dass eine Anlagerung von Staub an strömungstechnisch ungünstigen Stellen, Ecken und Kanten vermieden wird.

Wie bereits aus anderen Untersuchungen bekannt (BIA-Projekt 3061) [4] ist eine bewegliche, angefederte Erfassungshaube (s. Abb. 7.3.1 - 1) eine wichtige Voraussetzung für optimale Erfassung. Der durch den Mobilentstauber aufgebaute Unterdruck an der Bearbeitungsmaschine kann nur optimal wirken, wenn die Erfassungshaube vollständig aufliegt.

Starre Erfassungshauben (s. Abb. 7.3.1 - 2) sind daher hinsichtlich der Stauberfassung häufig als die schlechtere Variante anzusehen. Üblicherweise stellt gerade der Ein- und Austauschvorgang in das zu bearbeitende Material den Moment mit der höchsten Stauberfreisetzung dar. Alle Faktoren, die eine optimierte Stauberfassung in diesem Moment bringen, dürften daher insgesamt deutliche Verbesserungen auf das Staubemissionsverhalten besitzen. Gleichzeitig stellen sie allerdings für den Hersteller einen hohen konstruktiven Aufwand dar.



Abb. 7.3.1 – 1 Beispiele angefederter Erfassungshauben



Abb. 7.3.1 – 2 Beispiele einfacher starrer Erfassungshauben

7.3.2 Mobilentstauber

Ein beeindruckendes Ergebnis der Untersuchungen war die Erkenntnis, welchen Einfluss der Mobilentstauber in dem Gesamtsystem einnimmt. Nur dann, wenn der angeschlossene Mobilentstauber auf die mit dem Bearbeitungsgerät durchgeführte Tätigkeit abgestimmt ist, lassen sich hinsichtlich des Staubemissionsverhaltens optimale Ergebnisse erzielen.

Alle am Projekt Beteiligten mussten erkennen, dass hier gegenwärtig noch ein breiter Raum für technische Verbesserungen besteht. Daneben können sich Probleme ergeben, da die einschlägigen Normen und Regelwerke hinsichtlich der Mobilentstauber nicht auf die Erfassung mineralischer Stäube angepasst sind. Hier könnte eine Anpassung der Anforderungen sinnvoll sein.

Die gegenwärtigen Anforderungen aus den Regelwerken lassen sich nur schwer in die Praxis umsetzen. Gerade die vom Ausschuss für Gefahrstoffe mit der TRGS 906 (Stand Juli 2005) vorgenommene Bewertung von Tätigkeiten, bei denen Quarzfeinstaub freigesetzt wird, als krebserzeugend stellt die Praxis vor große Schwierigkeiten. Eine starre Anwendung der Vorschriften macht hier bei allen Tätigkeiten, bei denen mineralische Stäube mit Quarzfeinstaubanteilen entstehen oder freigesetzt werden, formal die ausschließliche Nutzung (irgend)eines Mobilentstaubers der Staubklasse H notwendig.

Allerdings ist es wichtiger, **abgestimmte Systeme** einzusetzen. Die durchgeführten Untersuchungen mit Mobilentstaubern der Staubklasse M haben gezeigt, dass mit einer Abstimmung der Systemkomponenten ein wesentlich größerer positiver Effekt erreicht werden kann, als mit der Verwendung irgendeines nicht abgestimmten Mobilentstaubers einer höheren Staubklasse.

So liefert bei der Untersuchung an Mauernutfräsen (MF07) der vom Hersteller als Systemkomponente gelieferter Mobilentstauber der Staubklasse M (E01) deutlich geringere Staubemission als die Verwendung anderer als der vom Hersteller empfohlenen Mobilentstauber. Trotz der Staubklasse H eines nicht an das Bearbeitungsgerät angepassten Mobilentstaubers ergaben sich größere Staubemissionen (siehe auch Kapitel 6.1.6).

Der gleiche Effekt lässt sich auch bei Trennschleifern nachvollziehen. Auch hier stellt die vom Hersteller empfohlene Kombination aus Trennschleifer (TS11 b und TS11 c) und Mobilentstauber (E01) der Staubklasse M die bessere Kombination dar (siehe auch Kapitel 6.3.6.).

Kleine, leichte Mobilentstauber der Staubklasse H sind gegenwärtig am Markt nicht durchgängig verfügbar. Geräte, die heute am Markt erhältlich sind und den technischen Anforderungen sowie den geforderten Staubklassen genügen, sind z.B. im Bezug auf Handhabung, Größe oder Gewicht nicht immer praxisgerecht. Hier sind zukünftig die Anforderungen der Praxis nach z.B. kleinen, leichten Mobilentstaubern mit den technischen Möglichkeiten dieser Geräte in Einklang zu bringen.

An den mobilen Arbeitsplätzen in der Bauwirtschaft kommt der Handhabung der Mobilentstauber eine entscheidende Rolle zu. Daneben spielen die Kosten der Beschaffung sowie Folgekosten, z.B. Filtertüten oder Staubsammelbeutel für die staubarme/staubfreie Entsorgung eine wichtige Rolle. Auch wenn zwischenzeitlich durch die Gefahrstoffverordnung eine Stauberfassung verbindlich vorgeschrieben ist, wird die Akzeptanz dieser Systeme hiervon entscheidend mit geprägt werden.

Mit der Veröffentlichung der TRGS 906 im Juli 2005 und der darin enthaltenen Bewertung von Tätigkeiten mit Freisetzung von Quarzfeinstäuben als krebserzeugend steigen formal betrachtet die Anforderungen an den Mobilentstauber. War zuvor - ebenfalls formal betrachtet - ein Mobilentstauber der Staubklasse M für quarzhaltige Stäube ausreichend, muss nun die Staubklasse H zum Einsatz kommen. Die Untersuchungen in Feuchtwangen haben belegt, dass ein Mobilentstauber der Staubklasse M als Systemkomponente zum gegenwärtigen Zeitpunkt allein von der Schutzwirkung ausreichend ist. Optimierte Systeme mit angepassten Mobilentstaubern der Staubklasse H werden zu einer weiteren Reduzierung der Belastung führen und gleichzeitig den gesetzlichen Rahmen erfüllen. Daher ist die Entwicklung von Mobilentstaubern der Staubklasse H, die kompakt und handhabbar, für den Baustelleneinsatz robust genug und für mineralische Stäube geeignet sind, zu fördern.

Die in der Vergangenheit vornehmlich für den Bereich der Holzstäube entwickelten Mobilentstauber stoßen bei der Erfassung von mineralischen Stäuben technisch an ihre Grenzen. Gerade die Erfassung großer Mengen stellt hohe Anforderungen an die Abreinigungsmöglichkeiten des Hauptfilters. Papier als Material der Filterbeutel ist bei mineralischem Staub unter baustellenüblichen Bedingungen ungeeignet. Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass Feinstaubanteile des mineralischen Staubes offensichtlich relativ schnell die Poren der Papierfilterbeutel zusetzten. Als Folge hieraus reagiert die Volumenstromüberwachung des Mobilentstaubers mit einem Warnton bzw. mit permanenter Abrüttelung des Hauptfilters, der einen Wechsel des Filterbeutels erforderlich macht.

In den Untersuchungen musste der Filterbeutel z.T. bereits nach 10 - 20 Minuten Einsatzzeit gewechselt werden. Im Filterbeutel war dann in dieser Situation aber erst eine geringe Menge Staub (ca. 1,2 - 1,3 kg) erfasst worden.

7.3.3 PIMEX-Aufzeichnungen (Observationen)

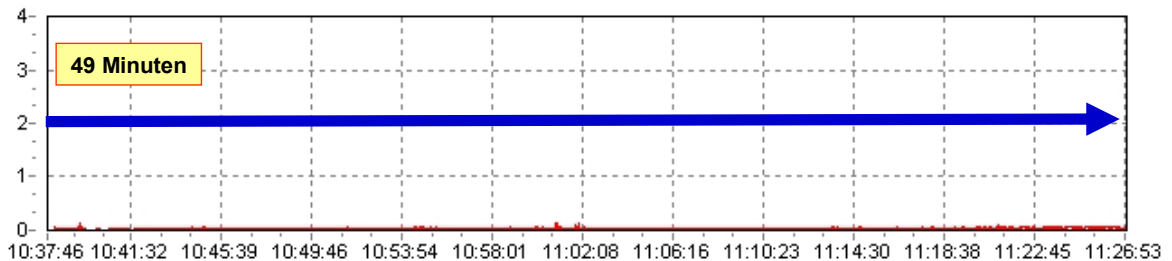
Diese beobachteten Effekte sind gut in den PIMEX-Aufzeichnungen zu erkennen. Das System ermöglicht eine Darstellung des Verlaufes der ermittelten Staubkonzentration bei der Bearbeitung. Dabei ist zu beobachten, dass Schwachstellen im Bearbeitungssystem

offensichtlich einen charakteristischen Verlauf der Staubkonzentration verursachen. Abb. 7.3.3 - 1 zeigt - zum Vergleich - zunächst den Verlauf eines vom Hersteller gut abgestimmten Systems. Es ist zu erkennen, dass die geringe Staubkonzentration bei der Bearbeitung über die gesamte Messzeit konstant bleibt.

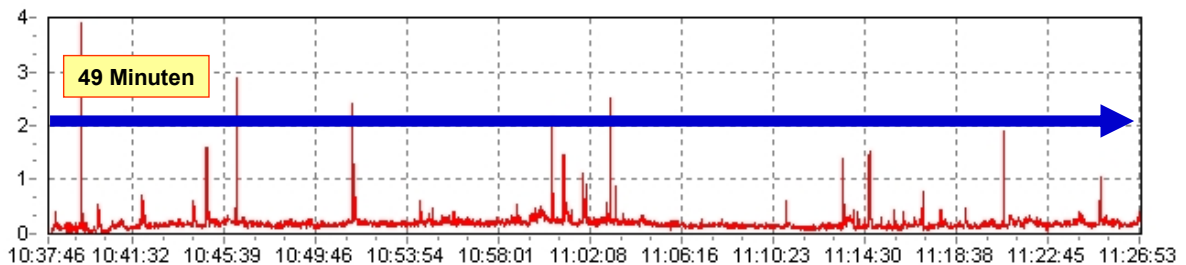
PIMEX-Aufzeichnung: Verlauf der Staubemission

A-Staub - Fraktion

hier: gut abgestimmtes System



E-Staub - Fraktion



Systemkombination - Mauernutfräse **MF08** und Entstauber: **E09**

Abb. 7.3.3 – 1 Zeitlicher Verlauf der Staubkonzentration eines gut abgestimmten Systems

In Abb. 7.3.3 - 2 ist dagegen ein Bearbeitungssystem zu erkennen, bei dem das Erfassungselement an der Maschine versagt und ein hoher Anteil des freigesetzten Staubes nicht erfasst wird. Dieser Effekt tritt sofort (von Beginn der Arbeiten mit der Maschine an) auf und hält bis zum Abbruch des Versuches (wegen zu starker Staubbelastung) an.

PIMEX-Aufzeichnung Verlauf der Staubemission

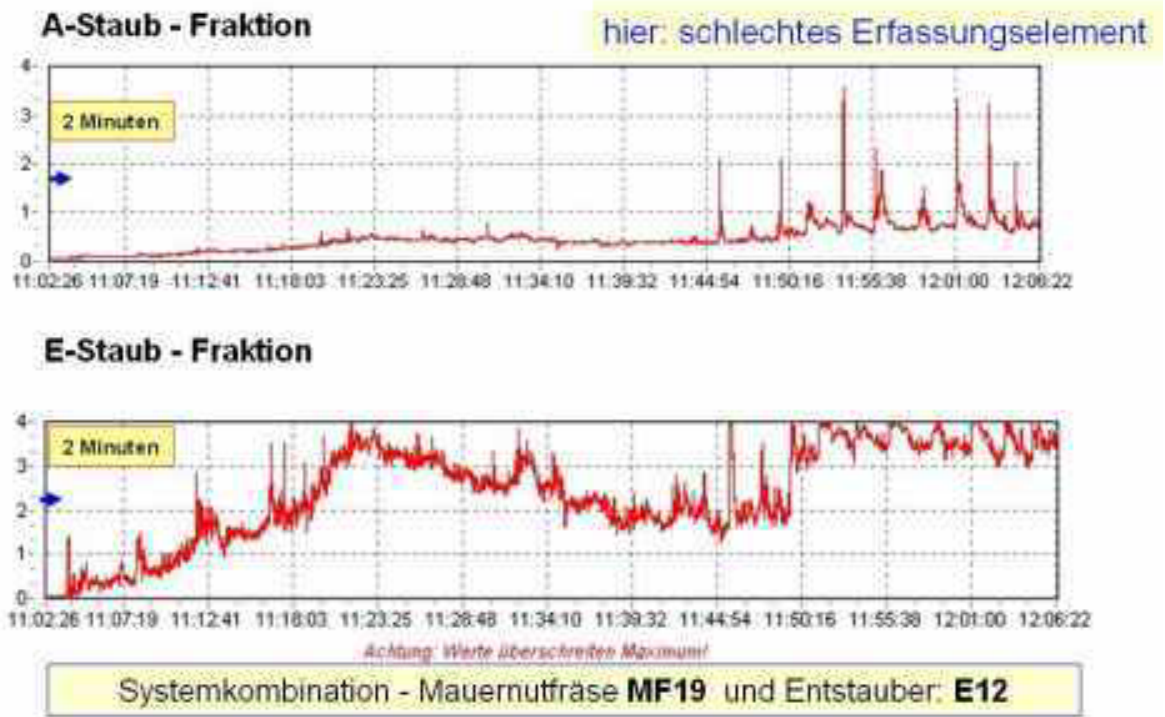


Abb. 7.3.3 – 2 Bearbeitungssystem mit ungeeignetem Erfassungselement

In Abb. 7.3.3 – 3 ist nun ein Bearbeitungssystem dargestellt, bei dem der Mobilentstauber die anfallenden Staubmengen nicht dauerhaft absaugen kann. Das System arbeitet zunächst hinsichtlich der Stauberfassung etwa sechs Minuten relativ gut. In dieser Zeit scheint sich der Hauptfilter des Mobilentstaubers jedoch zuzusetzen. Nach 6 Minuten wird kaum noch abgesaugt. Die Staubkonzentration steigt rapide an. Der Mechanismus zur Filterreinigung des Mobilentstaubers reicht bei diesem System offensichtlich nicht aus, um eine dauerhafte Absaugleistung zu gewährleisten.

PIMEX-Aufzeichnung: Verlauf der Staubemission

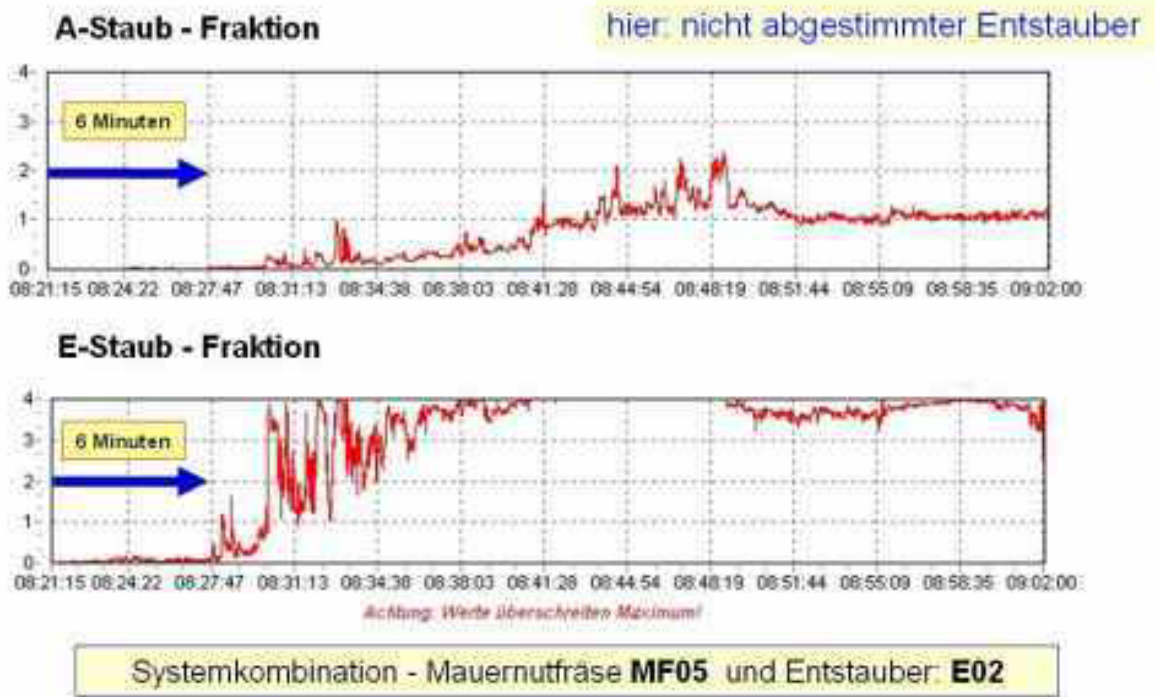


Abb. 7.3.3 – 3 Bearbeitungssystem mit nicht geeignetem Mobilentstauber

7.4 Vergleich der verschiedenen Gerätekategorien

Die für die einzelnen Gerätekategorien (Exzentrerschleifer, Mauernutfräsen, Trennschleifer usw.) erhaltenen Messwerte für E-Staub, A-Staub und Quarzstaub sollen im Folgenden abschließend miteinander verglichen werden. Für die mit personengetragener Probenahme erhaltenen Einzel-Messwerte wurden dazu die Häufigkeitsverteilungen ermittelt. Durch diese Darstellungsweise der Perzentil-Werte wird die unterschiedliche Anzahl an Messwerten (für Exzentrerschleifer, Mauernutfräsen usw.) "auf die gleiche Breite im Diagramm" normiert.

Diese Vorgehensweise lässt sich einigermaßen sinnvoll erst ab einer Anzahl von mindestens 10 - 20 Messwerten durchführen, so dass die ‚Sonstigen Geräte‘ (Betonfräsen, Bohrmaschinen, Dosensenker, Stockmaschinen) hierfür nicht berücksichtigt wurden. Für die berücksichtigten Gerätekategorien liegt die Größe der einzelnen Kollektive zwischen 36 und 110. Größere Unterschiede in der Anzahl ergeben sich insbesondere für A-Staub und Quarzstaub durch die teilweise durchgeführten Parallel-Probenahmen an der rechten und linken Seite.

Die Abbildungen 7.4 - 1 bis 7.4 - 3 zeigen die Verteilungen der Messwerte für A-Staub, E-Staub und Quarzstaub für die Geräteklassen Betonschleifer, Exzentrerschleifer, Schwingeschleifer, Mauernutfräsen, Putzfräsen und Trennschleifer. In der hier aufgeführten Reihenfolge der Gerätekategorien nimmt in der Regel die Staub-Exposition zu: Die Medianwerte (50-Perzentilwerte, 50% aller Messwerte sind kleiner oder gleich diesem Wert) steigen z.B. für E-Staub von 1,27 mg/m³ für Betonschleifer über 10,1 mg/m³ für Putzfräsen auf 18,7 mg/m³ für Trennschleifer. Ein vergleichbarer Anstieg findet sich für alle drei Staubarten im Bereich vom 20-Perzentil bis zum 80-Perzentil. Vereinzelt kommen allerdings "Überschneidungen" vor.

alle Gerätekategorien, Verteilungen der E-Staub-Messwerte

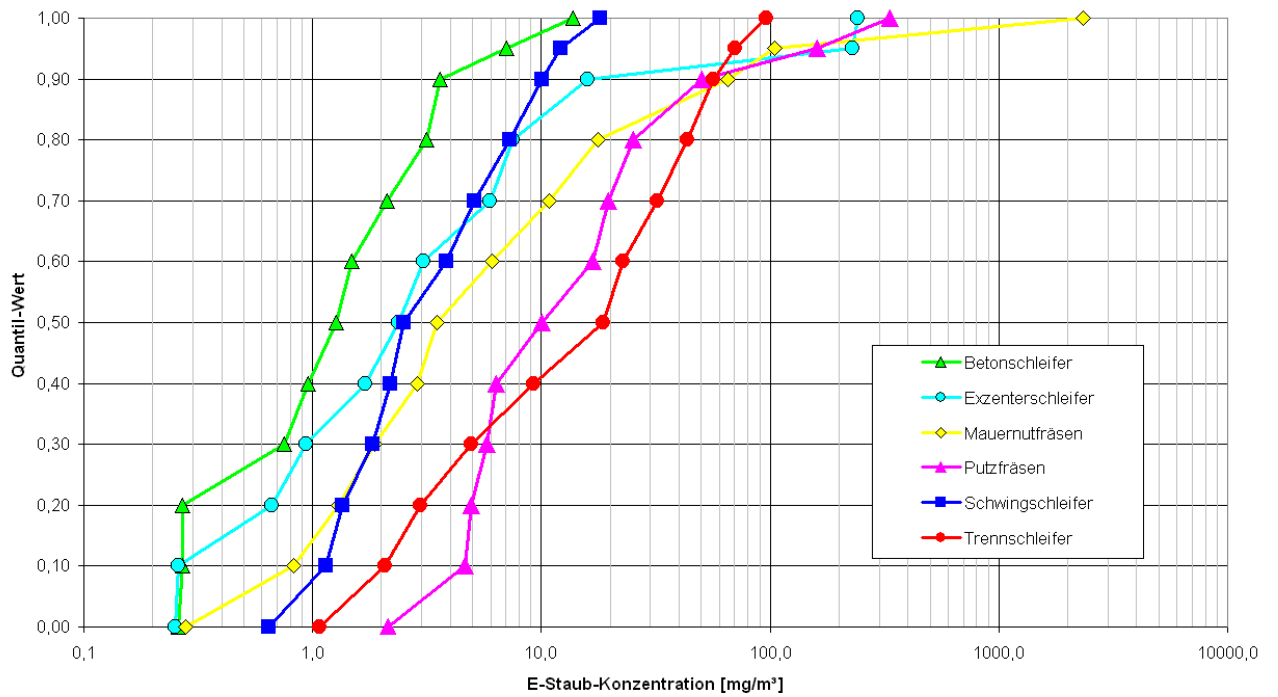


Abb. 7.4 – 1 Alle E-Staub-Messwerte

alle Gerätekategorien, Verteilungen der A-Staub-Messwerte

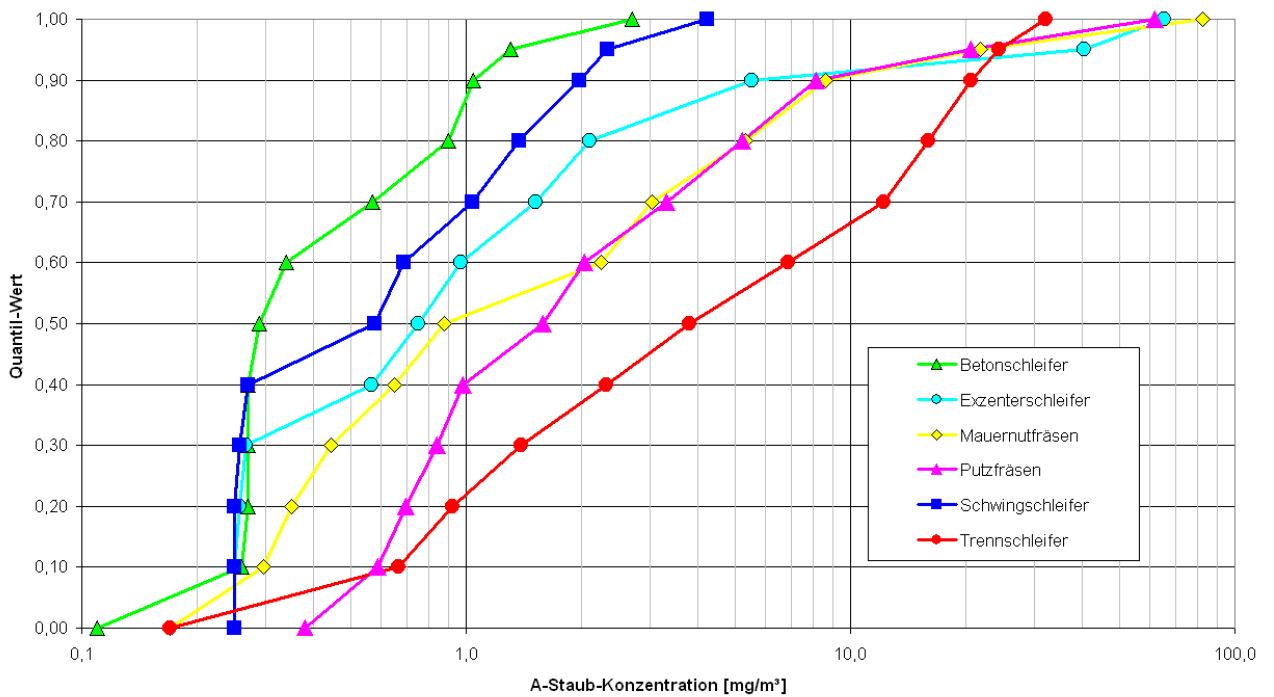


Abb. 7.4 – 2 Alle A-Staub-Messwerte

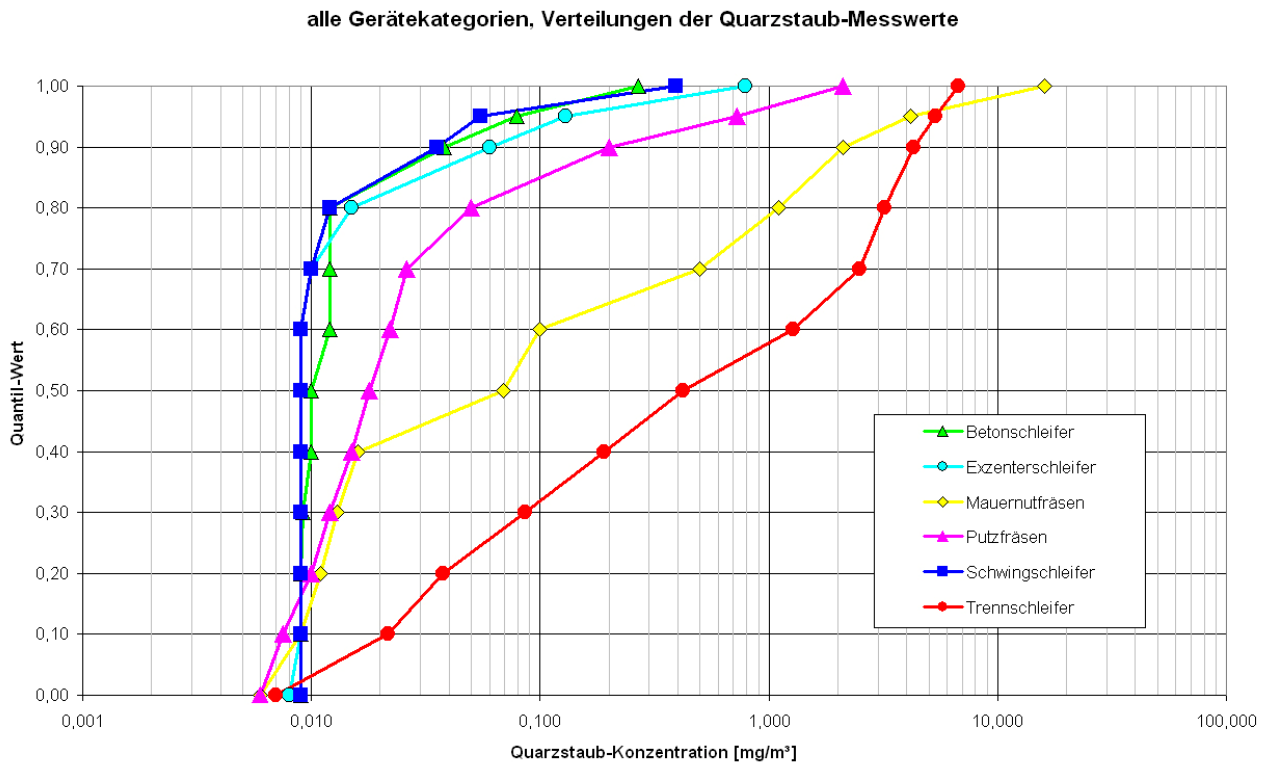


Abb. 7.4 – 3 Alle Quarzstaub-Messwerte

Abweichungen bei den niedrigen Messwerten (und hier vor allem bei A-Staub und bei Quarzstaub) beruhen auf Messungen mit Ergebnissen kleiner der Bestimmungsgrenze. Diese führen zu den Knicken in den ansonsten nahezu linearen Abschnitten der Verteilungskurven (logarithmische Skalierung!). Beispielsweise für Quarzstaub bei den Betonschleifern, Exzentrerschleifern und Schwingschleifern ist deutlich zu erkennen, dass hier in der Regel Werte kleiner der Bestimmungsgrenze erhalten wurden; bis zum 80-Perzentil liegen alle Werte um $0,01 \text{ mg/m}^3$.

Im Bereich der hohen Expositionen - also oberhalb ca. des 80-Perzentil-Wertes - verlaufen die Verteilungen nicht mehr deutlich nebeneinander her, offenbar verzerren hier einige extrem hohe Messwerte für Mauernutfräsen, Putzfräsen und Exzentrerschleifer das Bild.

Die Bewertung der Bearbeitungssysteme im Rahmen dieses Forschungsprojektes erfolgte einheitlich für alle Geräteklassen an den Arbeitsplatzgrenzwerten für E-Staub und A-Staub in Höhe von 10 mg/m^3 bzw. 3 mg/m^3 . Bei einer Betrachtung der Verteilungskurven für E-Staub und A-Staub für alle Geräteklassen zusammen erscheint diese Vorgehensweise durchaus akzeptabel. Wie aus Abbildung 7.4 - 4 ersichtlich ist, liegen die Grenzwerte im Bereich der 70 - 80-Perzentilwerte für die jeweiligen Gesamtdatenkollektive.

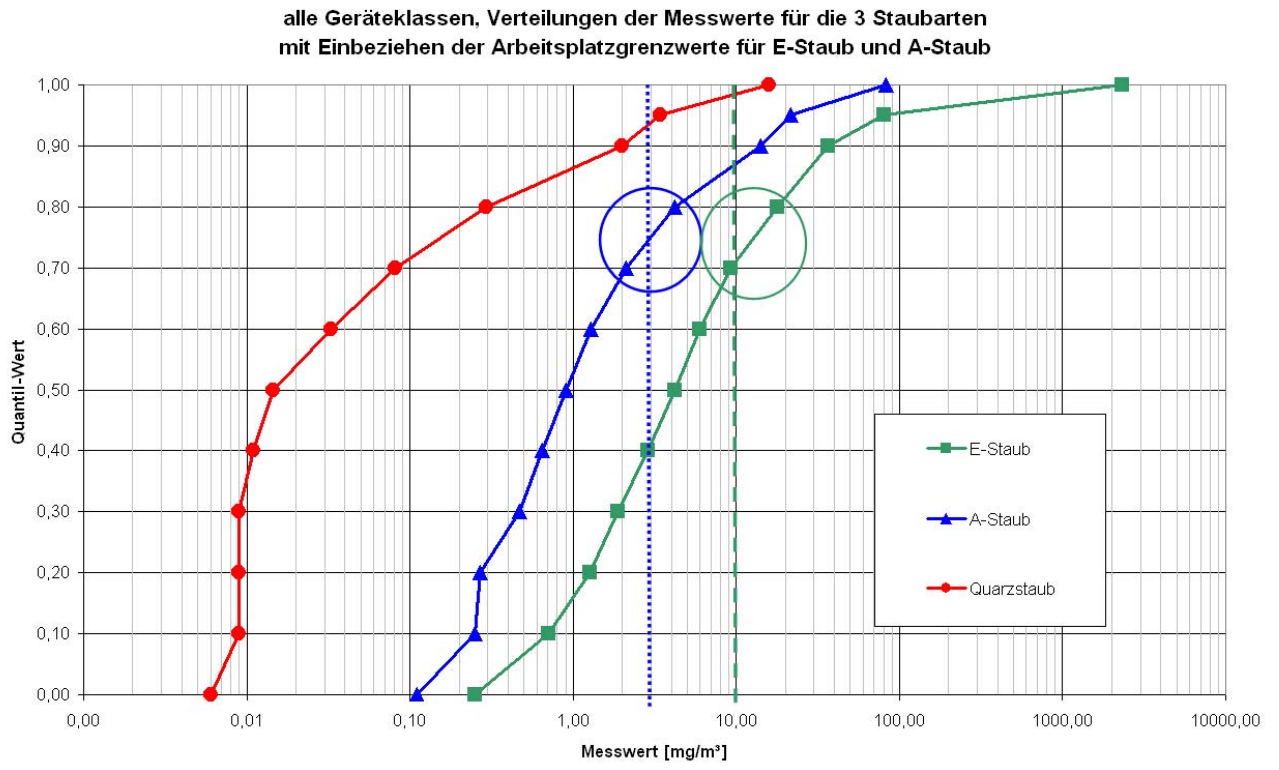


Abb. 7.4 – 4 Alle Stäube; alle Maschinenkategorien

8 Schlussfolgerung (Diskussion und Ausblick)

In der Untersuchung konnten zum ersten Mal rund 100 Bearbeitungssysteme aus Bearbeitungsmaschine und Mobilentstauber unter vergleichbaren Randbedingungen untersucht werden. Für diese Bearbeitungssysteme wurde die Wirksamkeit der Stauberfassung unter praxisnahen Bedingungen untersucht. Bei der überwiegenden Anzahl der untersuchten Systeme kann die Wirksamkeit als mindestens ausreichend bezeichnet werden.

Die im Prüfraum durch das Untersuchungsverfahren vorgegebenen Maschinenlaufzeiten dürften in der Praxis meist deutlich kürzer sein. Vor dem Hintergrund von zugleich teilweise niedrigen Staubkonzentrationen kann daher in vielen Fällen bei der Verwendung der vom Hersteller empfohlenen, abgestimmten Systeme von einer Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte ausgegangen werden.

Auf der Basis der Untersuchung können nun Hilfen für Gefährdungsbeurteilungen für die verschiedenen Bearbeitungssysteme entwickelt werden. Ohne diese nach dem Arbeitsschutzgesetz und der Gefahrstoffverordnung verpflichtenden Gefährdungsbeurteilungen darf der Unternehmer eine Tätigkeit, bei der mineralischer Staub freigesetzt wird, nicht aufnehmen lassen.

Eine der wesentlichen Aufgaben der nächsten Zeit wird es nun sein, die Ergebnisse der Untersuchungen in die Praxis zu tragen. **Kernaussage** wird hierbei sein, **die Betriebe aufzufordern, zukünftig nur noch vom Hersteller empfohlene abgestimmte Bearbeitungssysteme zu verwenden**. In der Untersuchung wurden natürlich auch Unterschiede zwischen den am Markt erhältlichen Systemen festgestellt. Bei den Systemen mit hohen Staubemissionen konnten den Herstellern wichtige Anregungen zur Verbesserung ihrer Systeme gegeben werden.

In der gegenwärtigen Situation ist der Einsatz von Mobilentstaubern auf Baustellen zur Erfassung des - bei der Bearbeitung - anfallenden Staubes keines Falles gängige Praxis. Lediglich in wenigen Fällen (z.B. beim Einsatz von Mauernutfräsen in Innenräumen) sind Kombinationen von Bearbeitungsgerät und Mobilentstauber vor Ort anzutreffen. In vielen Fällen kann hierbei jedoch beobachtet werden, dass nicht aufeinander abgestimmte Systemkomponenten kombiniert werden. Da die Systeme insbesondere bei den Anschlüssen der Saugschläuche meist nicht untereinander kompatibel sind, erlebt man hier die Improvisationskünste der Anwender. Isolierband ("Silvertape") kommt daher häufig die Rolle eines Universaladapters zu. Derartige Systeme erreichen hinsichtlich der Wirksamkeit der Stauberfassung nicht die Effizienz wie sie mit vom Hersteller empfohlenen abgestimmten Systemkombinationen zu erreichen ist.

So wundert es nicht, dass bei Expositionsmessungen auf Baustellen beim Einsatz überwiegend nicht abgestimmter Systeme, wie diese z.B. beim Einsatz von Mauernutfräsen von der BGFE in den Jahren (1998 - 2001) [8] durchgeführt wurden, relativ hohe Staubbelastungen gefunden wurden.

Die seit dem 01. Januar 2005 in Kraft getretene Gefahrstoffverordnung spricht in diesem Zusammenhang im Anhang III, Nr. 2 hierzu eine klare Sprache. Der Anhang "Partikelförmige Gefahrstoffe" verlangt eine wirksame Stauberfassung direkt am Bearbeitungsgerät und zudem den Nachweis dieser Wirksamkeit vor der ersten Inbetriebnahme.

Entgegen dieser Forderung der Verordnung ist der Einsatz von Mobilentstaubern auf Baustellen gegenwärtig leider noch nicht gängige Praxis. Es wird daher in einem ersten Schritt zunächst darauf ankommen abgestimmte Systemkombinationen (Maschine + Mobilentstauber) in die betriebliche Praxis zu bringen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt eindrucksvoll, dass sich mittels abgesaugter Systeme die Staubkonzentrationen bei der Bearbeitung mineralischer Werkstoffe um ein Vielfaches teilweise bis um den Faktor 1.000 reduzieren lassen.

Die flächendeckende Einführung dieser Systeme in die betriebliche Praxis auf Baustellen würde eine drastische Verbesserung der Staubemission bei Tätigkeiten mit diesen Geräten herbeiführen und zudem die ansonsten zwangsläufig folgende Belastung durch permanent aufgewirbelte Liegestäube reduzieren. Die Förderung der Einführung dieser Systeme in der Praxis erscheint daher gegenwärtig wichtiger zu sein, als eine weitere Reduktion der Staubemission der gegenwärtig bereits am Markt verfügbaren abgestimmten Systeme.

Diese Erkenntnis ist neben den im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gewonnenen Messwerten und Daten die wichtigste Botschaft an die Praxis. Erst wenn nahezu flächendeckend der Einsatz abgestimmter Systeme und auch die Baustellenreinigung mit vorhandenen Entstaubern gängige Praxis sind, ist eine Orientierung bei der Beschaffung auf Maschinen mit vermeintlich besseren "Messwerten" bei den Prüfungen (d. h. vermeintlich geringere Staubemission) zweckmäßig. Ohnehin ist davon auszugehen, dass die Systeme, die in den Untersuchungen eher schlechte Ergebnisse lieferten, zeitnah von den Herstellern modifiziert werden.

Bereits während der Projektlaufzeit wurde ein Workshop "Staubarme Maschinen und Geräte" durchgeführt [10]. Ziel der Veranstaltung war es, Impulse und Anregungen aus der Praxis in die laufenden Arbeiten einfließen zu lassen. In der mit rund 100 Personen gut besuchten Veranstaltung wurden erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt vorgestellt und mit den Teilnehmern diskutiert. Auch hier zeigte sich, dass es in der gegenwärtigen Situation offensichtlich eher darauf ankommt, abgesaugte und abgestimmte Systeme überhaupt in die Praxis zu bringen. Die Realität sieht gerade in Kleinbetrieben eher so aus, dass - wenn überhaupt ein Mobilentstauber zum Einsatz kommt - eher auf vorhandene nicht abgestimmte Lösungen zurückgegriffen wird.

Aufbauend auf diesem Vorhaben werden daher im Konsens mit allen Beteiligten Maßnahmen entwickelt, die zu einer Minderung der Belastung durch mineralischen Staub führen sollen. Ziel ist es letztlich auch hier, analog zu anderen Bereichen die Ergebnisse und vereinbarten Maßnahmen in einer Branchenregelung niederzulegen und somit für breite Akzeptanz zu sorgen.

9. Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 3758), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3855).
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: "Arbeitsplatzgrenzwerte" (TRGS 900). Ausg. Januar 2006. B ArbBl. (2006) Heft 1, S. 41.
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: "Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV" (TRGS 906). Ausg. Juli 2005. B ArbBl. Heft 7 / 2005 S. 79.
- [4] Georg, Hartmut.: Untersuchungsbericht - Staubemission beim Einsatz von Mauernutfräsen; Projekt 3061 des Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA), St. Augustin (2003).
- [5] Grabriel, S.; Voithl, S.; Charissé, M.; Deppe, D.: Das Qualitätsmanagementsystem im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoff – BGMG; in. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, 66(2006) Nr. 1/2 Januar/Februar; St. Augustin (2006).
- [6] BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [7] Technische Regeln für Gefahrstoffe: "Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" (TRGS 402). Ausg. November 1997. B ArbBl. Heft 11 / 1997 S. 27.
- [8] Betten, U.; Böckler, M.; Piskorz, M.; Georg, H.; Kleine, H.; von der Heyden, T.: Mauernutfräsen - Handlungshilfen zum staubarmen Einsatz bei der Elektroinstallation; BG/BIA-Report; Hrsg. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaft (HVBG), St. Augustin (2005).
- [9] Kessel, W.: Messunsicherheit, ein wichtiges Element der Qualitätssicherung, PTB-Mitteilungen 108, S. 377-382; Braunschweig (1998)
- [10] Workshop - Staubarme Maschinen und Geräte, Bayerische Bauakademie, Mai 2005 (www.gisbau.de)

Anhang

Dieser Anhang enthält:

- Tabelle A 1: Zusammenstellung aller Messwerte
- Hilfen zur Gefährdungsbeurteilung Typ I und II am Beispiel der Mauernutfräsen
- Abbildungen 7.1.2 - 1 bis 7.1.2 - 3 zu den Unterschieden zwischen personengetragener und stationärer Probenahme
- Abbildungen 7.4 - 5 bis 7.4 - 7 zu den Streubreiten der Messwerte

Tabelle A 1 Zusammenstellung aller Einzelmesswerte (V1 ... V4a), Mittelwerte (gew MW) und Standardabweichungen (σ).
hü = handelsübliches System, PN-Art = Probenahmeart (personengetragen / stationär); Ausreisser sind in Klammern gesetzt

Berichts- Nummer	h	Bearbeitungs- System	PN- Art	E-Staub [mg/m ³]					A-Staub [mg/m ³]								Quarz-Staub [mg/m ³]												
				gew. MW	σ [%]	V1	V2	V3	V4	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a
2004/3699	J	BF01 - E10	P	2,23	27	1,15	2,32	3,21		0,28	0	<0,560		<0,560		<0,560				0,010	0	<0,020		<0,020		<0,020			
2004/3699	J	BF01 - E10	S	0,4	13	0,370	0,490	0,320		0,28	9	0,330		0,250		0,260				0,037	8	0,043		0,035		0,033			
2005/2604	J	BM01 - E05	P	0,55	5	<1,20	<1,00	<1,11		0,55	3	<1,20	<1,20	<1,00	<1,00	<1,11	<1,11			0,036	4	<0,079	<0,079	<0,065	<0,065	<0,073	<0,073		
2005/2604	J	BM01 - E05	S																										
2005/2262	J	BS01 - E17	P	3,09	12	2,44	3,16	3,68		0,83	14	<0,670	0,780	0,900	1,19	0,870	0,900			0,012	1	<0,024	<0,024	<0,023	<0,023	<0,024	<0,024		
2005/2262	J	BS01 - E17	S	2,5	12	1,88	2,84	2,77		0,57	27	0,290		0,810		0,620				0,086	30	0,038		0,120		0,110			
2004/3652	J	BS02 - E02	P	0,38	32	<0,520	0,630	<0,520		0,26	0	<0,520		<0,520		<0,520				0,009	0	<0,018		<0,018		<0,018			
2004/3652	J	BS02 - E02	S	0,36	13	0,410	0,260	0,400		0,27	11	0,260		0,330		0,230				0,021	2	0,021		0,022		0,021			
2004/3653	J	BS03 - E05	P	0,85	37	0,890	1,36	<0,540		0,27	3	<0,580		<0,520		<0,540				0,010	3	<0,020		<0,018		<0,020			
2004/3653	J	BS03 - E05	S	0,44	14	0,480	0,520	0,320		0,37	27	0,570		0,310		0,240				0,024	5	0,025		0,026		0,022			
2004/3679	J	BS04 - E10	P	0,62	30	<0,540	0,700	0,910		0,27	0	<0,540		<0,540		<0,540				0,009	0	<0,018		<0,018		<0,018			
2004/3679	J	BS04 - E10	S	0,23	12	0,250	0,160	0,220		0,23	7	0,250		0,250		0,200				0,011	15	0,014		0,012		0,008			
2004/3680	J	BS05 - E11	P	0,49	47	<0,520	<0,540	0,960		0,27	1	<0,520		<0,540		<0,540				0,009	4	<0,018		<0,018		<0,020			
2004/3680	J	BS05 - E11	S	0,14	22	0,160	<0,160	0,180		0,14	46			0,210		<0,160				0,010	35			0,006		0,013			
2004/3647	J	BS06 - E01	P	1,37	5	1,49	1,32	1,29		0,27	1	<0,520		<0,540		<0,540				0,009	4	<0,018		<0,018		<0,020			
2004/3647	J	BS06 - E01	S	0,38	4	0,350	0,380	0,400		0,19	32	<0,150		0,260		0,250				0,018	24	0,013		0,015		0,027			
2004/3651	J	BS07 - E02	P	10,17	25	5,43	12,0	13,8		1,90	28	0,910		2,23		2,70				0,198	29	0,089		0,270		0,250			
2004/3651	J	BS07 - E02	S	7,89	31	3,53	8,96	11,9		1,94	28	0,920		2,34		2,73				0,374	34	0,150		0,430		0,580			
2004/3648	J	BS08 - E06	P	0,27	1	<0,540	<0,560	<0,540		0,27	1	<0,540		<0,560		<0,540				0,009	4	<0,018		<0,020		<0,018			
2004/3648	J	BS08 - E06	S	0,28	12	0,220	0,270	0,340		0,21	7	0,210		0,240		0,190				0,018	22	0,026		0,190		0,014			
2004/3935	J	BS09 - E09	P	3,03	3	3,19	3,00	2,89		0,39	30	<0,540		<0,560		0,630				0,019	51	<0,018		<0,020		0,039			
2004/3935	J	BS09 - E09	S	0,9	21	0,730	0,690	1,28		0,29	46	0,260		<0,160		0,540				0,036	45	0,018		0,022		0,069			
2004/3654	J	BS10 - E13	P	1,22	24	0,800	1,79	1,10		0,29	3	<0,540		<0,600		<0,600				0,010	0	<0,020		<0,020		<0,020			
2004/3654	J	BS10 - E13	S	0,36	6	0,360	0,330	0,400		0,29	5	0,300		0,260		0,300				0,015	22	0,020		0,009		0,014			
2004/3936	N	BS11 - E13	P	2,15	41	3,85	0,910	1,70		0,27	0	<0,540		<0,540		<0,540				0,010	0	<0,020		<0,020		<0,020			
2004/3936	N	BS11 - E13	S	0,74	25	1,10	0,570	0,540		0,29	36	0,380		0,410		<0,160				0,015	24	0,022		0,013		0,010			
2004/3934	N	BS12 - E03	P	2,88	8	2,71	3,31	2,61		0,27	1	<0,540		<0,520		<0,540				0,010	3	<0,020		<0,018		<0,020			
2004/3934	N	BS12 - E03	S	0,66	18	0,420	0,820	0,730		0,28	22	0,160		0,370		0,310				0,023	21	0,016		0,032		0,020			
2004/3933	N	BS13 - E00	P	7,88	29	3,78	11,7	8,16		1,51	20	0,990		1,51		2,04				0,151	29	0,072		0,160		0,220			
2004/3933	N	BS13 - E00	S	4,02	26	2,21	4,03	5,81		1,10	21	0,700		1,10		1,50				0,169	24	0,097		0,170		0,240			
2005/2263	J	BS14 - E17	P	1,53	10	1,24	1,72	1,64		0,43	22	<0,670	<0,670	<0,650	0,910	<0,670	<0,670			0,012	1	<0,024	<0,024	<0,023	<0,023	<0,024	<0,024		
2005/2263	J	BS14 - E17	S	0,49	25	0,260	0,680	0,510		0,15	34	<0,200		<0,190		0,250				0,014	22	0,014		0,012		0,020			
2005/2264	J	BS15 - E17	P	3,13	25	3,57	3,33	<2,14		1,08	20	1,06	0,930	1,02	1,34	<0,214	<0,214			0,015	37	<0,023	<0,023	<0,023	<0,024	<0,076	<0,076		
2005/2264	J	BS15 - E17	S	2,68	27	3,09	2,90	0,840		0,66	22	0,690		0,760		<0,580				0,134	32	0,150		0,150		<0,042			
2005/2596	J	DS01 - E03	P	7,23	31	7,19	11,1	3,41		0,65	23	0,990	1,15	<0,510	0,650	<0,510	0,590			0,138	32	0,230	0,300	<0,095	0,100	<0,067	0,076		
2005/2596	J	DS01 - E03	S	2,59	58	5,58	1,47	0,780		0,47	41	0,830		0,410		0,170				0,099	56	0,210		0,061		0,029			
2005/2597	J	ES01 - E05	P	4,88	19	4,47	6,57	5,98	2,50	0,64	18		0,820	<0,500	0,730	0,980	0,960	<0,500	0,650	0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
2005/2597	J	ES01 - E05	S	1,23	13	1,06	1,39			1,00	33	0,410		1,03		1,55				0,089	38	0,026		0,100		0,140			
2005/1516	J	ES02 - E01	P	8,18	4	7,82	7,95	8,77		1,05	26	0,620	<0,500	0,740	1,80	0,970	1,89			0,015	26	<0,018	<0,036	<0,017	0,032	<0,018	0,022		
2005/1516	J	ES02 - E01	S	2,35	15	1,85	2,18	3,01		0,57	15	0,500		0,460		0,740				0,004	9	<0,007		<0,007		<0,009			
2005/788	J	ES03 - E02	P	0,9	47	1,69	0,650	<0,580		0,34	19	0,660	<0,520	<0,540	<0,560	<0,580	<0,580			0,010	0	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020		
2005/788	J	ES03 - E02	S	0,51	40	0,900	0,210	0,400		0,42	39	0,740		0,230		0,270				0,013	15	0,017		0,011		0,011			
2005/571	J	ES04 - E02	P	236,62	2	242	240	228		48,33	10	45,3	65,6	40,4	57,4	30,8	50,5			0,355	37	0,740	0,790	<0,260	<0,440	<0,180	<0,300		
2005/571	J	ES04 - E02	S	51,38	8	50,6	58,9	45,7		22,33	17	27,5		24,9		14,7				0,065	19	<0,160		<0,150		<0,082			
2005/827	J	ES05 - E09	P	2,07	42	2,94	1,19	(6,81)		0,80	23	1,07	0,970	<0,500	<0,500	0,880	1,36			0,008	3	<0,018	<0,016	<0,016	<0,016	<0,018	<0,016		
2005/827	J	ES05 - E09	S	0,8	36	1,35	0,390	0,660		0,36	21	0,500		0,240		0,340				0,006	23	0,009		0,006		0,004			
2005/835	J	ES06 - E09	P	1,12	41	1,32	<0,500	1,80		0,67	39	1,89	<0,500	<0,500	0,770	0,610			0,010	12	<0,030	<0,016	<0,018	<0,018	<0,016	<0,016			
2005/835	J	ES06 - E09	S	0,41	24	0,350	0,280	0,600		0,24	16	0,260		0,170		0,300				0,003	25	0,004		<0,004		<0,004			
2005/834	J	ES07 - E09	P	70,9		70,9				20,90	11	23,1	18,7							0,060	0	<0,120	<0,120						
2005/834	J	ES07 - E09	S	51		51,0				16,50		16,5								0,040									
2005/785	J	ES08 - E03	P	4,29	33	1,93	4,23	6,79		0,87	44	<0,520	1,06	<0,520	0,760	<0,540	2,65			0,021	42	<0,018	0,027	<0,018	<0,018	<0,018	0,063		
2005/785	J	ES08 - E03	S	0,56	19		0,670	0,460		0,30	26	0,450		0,210		0,230				0,009	38	0,008		0,015		<0,007			
2005/1135	J	ES09 - E18	P	7,76	15	9,88	5,93	7,45		2,88	14	3,24	4,08	1,66	2,11														

Tabelle A 1 Zusammenstellung aller Einzelmesswerte (V1 ... V4a), Mittelwerte (gew MW) und Standardabweichungen (σ).
 hü = handelsübliches System, PN-Art = Probenahmeart (personengetragen / stationär); Ausreisser sind in Klammern gesetzt

Berichts- Nummer	h ü	Bearbeitungs- System	PN- Art	E-Staub [mg/m³]				A-Staub [mg/m³]								Quarz-Staub [mg/m³]												
				gew. MW	σ [%]	V1	V2	V3	V4	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4
2005/1040	J	ES10b - E10	P	0,54	29	0,800	<0,520	0,560	0,26	1	(1,72)	<0,500	<0,520	<0,520	<0,520	<0,500			0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018		
2005/1040	J	ES10b - E10	S	0,24	9	0,270	0,200	0,250	0,61	31	0,830*	0,240	0,240	0,240	0,760*			0,005	23	<0,007	<0,018	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006			
2005/1041	J	ES11 - E10	P	0,25	1	<0,520	<0,520	<0,500	0,41	27	0,910	<0,520	0,560	<0,520	<0,500	<0,500			0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018		
2005/1041	J	ES11 - E10	S	0,21	16	0,270	0,190	0,160	0,40	8	0,450	0,400	0,400	0,340			0,005	29	0,007	0,005	0,005	0,005	<0,004	<0,004				
2005/1325	J	ES12 - E10	P	2,65	9	2,23	3,03	2,69	1,42	13	1,13	1,57	1,00	2,09	0,960	1,78		0,009	3	<0,017	<0,018	<0,018	<0,021	<0,017	<0,018			
2005/1325	J	ES12 - E10	S	1,8	8	2,04	1,81	1,55	0,85	20	0,510	1,06	0,970				0,011	34	0,008	0,019	0,019	0,007	0,007					
2005/2599	J	ES13 - E04	P	1,8	38	3,07	1,72	0,680	1,43	24	1,50	1,75	2,22	2,26	<0,500	0,580		0,011	8	<0,018	<0,018	<0,023	<0,023	<0,018	<0,029			
2005/2599	J	ES13 - E04	S																									
2005/2598	J	ES14 - E11	P	0,76	14	0,670	0,680	1,00	0,40	17	<0,500	0,530	<0,500	0,560	<0,500	0,570		0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018			
2005/2598	J	ES14 - E11	S																									
2004/2494	J	MF01a - E05	P	3,29	38	5,78	2,22	1,81	0,63	27	<0,600		0,880		0,720			0,015	4	<0,020		<0,024		<0,020				
2004/2494	J	MF01a - E05	S	3,59	53	7,34	1,66	1,66	1,33	41	2,38		1,08		0,530			0,180	59	0,390		0,078		0,068				
2005/2594	N	MF01b - E15	P	2,26	19	3,00	1,83	1,58	0,65	22	0,970	1,07	<0,430	0,580	<0,790			0,139	18	0,210	0,210	0,091	0,100	0,078	0,110			
2005/2594	N	MF01b - E15	S	1,5	26	2,19	0,940	1,18	0,57	19	0,750		0,380		0,570			0,085	31	0,130		0,056		0,049				
2004/2289	J	MF02a - E06	P	10,75	41	15,8	13,1	1,60	4,51	38	5,95		6,04		0,880			0,821	46	1,20		1,10		0,011				
2004/2289	J	MF02a - E06	S	9,26	37	11,0	13,0	1,90	3,93	37	5,34		4,71		0,680			0,660	41	0,980		0,720		0,071				
2004/2644	J	MF02b - E06	P	2,3	15	2,52	2,74	1,64	0,87	18	0,680		1,19		0,760			0,019	43	<0,022		0,036		<0,022				
2004/2644	J	MF02b - E06	S	2,16	19	2,33	2,78	1,39	0,88	21	1,18		0,920		0,550			0,108	12	0,110		0,130		0,086				
2004/2650	J	MF02c - E06	P	9,98	23	11,8	12,4	5,09	4,65	24	5,17		6,09		2,44			0,688	34	0,790		1,00		0,220				
2004/2650	J	MF02c - E06	S	10,17	25	12,3	12,6	4,89	3,90	24	4,45		5,03		1,95			0,659	29	0,710		0,930		0,280				
2004/2651	J	MF02d - E06	P	5,19	13	4,76	6,51	4,23	2,43	15	2,26		3,10		1,90			0,302	43	0,170		0,430						
2004/2651	J	MF02d - E06	S	4,88	13	4,37	6,09	4,16	1,73	14	1,65		2,18		1,36			0,284	16	0,270		0,370		0,210				
2005/2261	N	MF02e - E06	P	5,46	3	5,82	5,30	5,25	1,92	6	1,68	2,21	1,66	2,10	1,67	2,21		0,012	1	<0,024	<0,024	<0,025	<0,025	<0,024	<0,024			
2005/2261	N	MF02e - E06	S	4,2	4	4,38	4,32	3,90	1,25	7	1,35		1,08		1,31			0,177	8	0,200		0,150		0,180				
2005/2474	N	MF02f - E06	P	3,6		3,60			1,30	8	1,20	1,40						0,056	78	0,100	0,012							
2005/2474	N	MF02f - E06	S	2,35		2,35			0,73		0,730							0,110		0,110								
2004/2597	J	MF03 - E04	P	0,83	10	0,980	0,780	0,710	0,19	13	<0,360		<0,340		<0,500			0,007	14	<0,012		<0,012		<0,018				
2004/2597	J	MF03 - E04	S	0,58	12	0,640	0,450	0,680	0,22	30	0,250		0,300		<0,160			0,025	10	0,027		0,020		0,028				
2004/2495	J	MF04 - E05	P	0,61	42	1,08	<0,600	<0,640	0,44	26	0,650		<0,600		<0,640			0,010	7	<0,018		<0,022		<0,022				
2004/2495	J	MF04 - E05	S	0,45	25	0,630	0,430	0,240	0,35	24	0,250		0,520		0,300			0,020	43	0,035		0,008		0,012				
2004/2290	J	MF05a - E02	P	30,77	54	14,5	(5,69)	47,6	12,74	31	7,93		20,8		10,3			2,730	37	1,60		4,80		2,00				
2004/2290	J	MF05a - E02	S	34,22	48	20,6	72,1	26,5	6,76	19	4,76		9,18		6,61			1,380	25	1,00		2,10		1,10				
2004/2492A	N	MF05b - E02	P	499		499			118,00		118							23,000		23,0								
2004/2492A	N	MF05b - E02	S	178,5		179			104,82		105							25,580		25,6								
2004/2996	N	MF05c - E06	P	4,51	16	3,97	3,47	5,87	0,53	47	<0,500		<0,520		1,01			0,075	41	0,058		0,027		0,130				
2004/2996	N	MF05c - E06	S	2,21	19	2,04	1,53	2,93	0,62	14	0,560		0,490		0,770			0,084	24	0,072		0,053		0,120				
2005/2462	N	MF05d - E02	P	12,22	42	21,3	4,71	7,26	3,53	27	5,87	6,39	1,15	1,55	2,10	2,14		0,556	51	1,30	1,40	<0,017	<0,017	<0,022	<0,022			
2005/2462	N	MF05d - E02	S	21,47	10	9,06	1,79	3,26	1,70	35	2,76		0,950		0,980			0,343	46	0,620		0,130		0,170				
2005/2463	J	MF05e - E02	P	18,08	9	18,1	15,6	21,0	4,00	8	2,89	4,49	3,52	3,68	4,71	4,98		0,693	7	0,540	0,680	0,600	0,720	0,810	0,850			
2005/2463	J	MF05e - E02	S	13,53	28	20,8	7,98	11,6	2,49	4	2,64		2,33		2,51			0,462	5	0,480		0,420		0,490				
2005/2464	N	MF05f - E02	P	10,46	15	7,43	12,7	11,5	3,49	15	1,79	3,57	3,91	5,73	3,57	3,99		0,472	27	<0,019	0,580	0,680	0,960	0,580	0,670			
2005/2464	N	MF05f - E02	S	5,84	29	2,86	8,76	6,28	2,18	15	1,63		2,58		2,63			0,361	23	0,200		0,450		0,440				
2004/2492B	J	MF05g - E02	P	98,8		98,8																						
2004/2492B	J	MF05g - E02	S	72,41		72,4			16,86				16,9					3,120				3,12						
2004/2291	J	MF06 - E02	P	97,36	3	101	98,6	92,6	21,92	2	21,3		22,1		22,4			4,060	2	3,90		4,10		4,20				
2004/2291	J	MF06 - E02	S	54,34	11	49,7	69,4	54,3	15,62	9	17,2		17,2		12,8			2,870	3	2,98		3,20		2,87				
2005/1133	N	MF07a - E16	P	4,09	22	5,64	2,59	4,05	0,76	25	1,25	1,14	1,12	<0,680	<0,680	<0,680		0,012	0	<0,024	<0,024	<0,024	<0,024	<0,024	<0,024			
2005/1133	N	MF07a - E16	S	2,11	37	3,67	1,54	1,12	0,67	37	1,15		0,530		0,320			0,083	53	0,170		0,056		0,024				
2005/569	N	MF07b - E14	P	4,01	1	3,95	(<0,440)	4,06	0,97	10	0,590	0,910	0,830	1,10	0,970	1,31		0,011	121	<0,018	<0,018	<0,016	<0,150	0,025	<0,150			
2005/569	N	MF07b - E14	S	1,86	4	1,80	1,75	2,01	0,64	13	0,680		0,480		0,760			0,101	15	0,083		0,087		0,130				
2004/2491	J	MF07c - E01	P	0,54	31	0,860	<0,740	<0,720	0,36	1	<0,720		<0,740		<0,720			0,013	0	<0,026		<0,026		<0,026				
2004/2491	J	MF07c - E01	S	0,71	6	0,740	0,620	0,760	1,47	16	1,20		1,29		1,93*			0,180	16	0,140		0,170		0,240				
2004/2538	J	MF08 - E09	P	0,67	30	0,970	<0,560	0,750	0,29	9	<0,500		<0,560		<0,680			0,010	9	<0,018		<0,020		<0,024				
2004/2538	J	MF08 - E09	S	0,61	37	0,830	0,370	(2,02)	1,78	34	2,68*		1,62*		0,590			0,308	44	0,520		0,250		0,056				
2004/2517	J	MF09a - E09	P	7,22	26	8,55	3,41	9,41	2,69	9	2,87		2,17		2,98													

Tabelle A 1 Zusammenstellung aller Einzelmesswerte (V1 ... V4a), Mittelwerte (gew MW) und Standardabweichungen (σ).
 h_ü = handelsübliches System, PN-Art = Probenahmeart (personengetragen / stationär); Ausreisser sind in Klammern gesetzt

Berichts- Nummer	h ü	Bearbeitungs- System	PN- Art	E-Staub [mg/m ³]					A-Staub [mg/m ³]								Quarz-Staub [mg/m ³]													
				gew. MW	σ [%]	V1	V2	V3	V4	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	
2004/2906	J	MF09b - E09	P	9,6	10	7,69	10,5	10,6		2,44	2	2,43		2,36		2,53			0,240	9	0,280		0,210		0,230					
2004/2906	J	MF09b - E09	S	6,09	0	6,12	6,12	6,03		2,08	3	1,96		2,12		2,16			0,380	4	0,360		0,410		0,370					
2004/2596	J	MF10 - E04	P	145,56	13	136	117	182		26,56	12	30,2		19,8		29,2			5,206	16	5,70		3,50		6,30					
2004/2596	J	MF10 - E04	S	47,47	10	38,4	47,3	55,4		23,80	5	22,7		25,6		22,0			4,730	7	4,36		5,37		4,28					
2004/2512	J	MF11a - E03	P	19,47	19	12,2	22,1	24,1		3,61	26	2,66		(0,750)		4,56			0,430	78	0,200		0,023		1,10					
2004/2512	J	MF11a - E03	S	7,76	17	5,12	8,86	9,29		2,58	9	2,25		3,05		2,44			0,430	22	0,340				0,530					
2005/2473	J	MF11b - E03	P	30,35	5	32,7	27,3	30,2		6,65	9	6,22	7,44	4,50	5,55	7,54	8,19		1,689	12	1,60	1,90	1,10	1,20	1,70	2,50				
2005/2473	J	MF11b - E03	S	14,41	12	15,8	10,6	16,1		3,29	14	3,34		2,38		4,02			0,870	4	0,810		0,930		0,890					
2004/2539	J	MF12 - E03	P	2,96	54	6,03	1,12	1,29		0,65	52	1,29		<0,520		<-0,600			0,019	41	0,033		<-0,019		<-0,022					
2004/2539	J	MF12 - E03	S	1,69	61	3,52	0,380	0,520		1,61	46	2,00		0,190		2,69*			0,394	46	0,570		0,027		0,560					
2004/2995	J	MF13 - E06	P	2,95	8	3,06	2,50	3,29		0,48	10	<-0,860		<-0,880		<-1,16			0,016	10	<-0,030		<-0,032		<-0,040					
2004/2995	J	MF13 - E06	S	2,02	10	2,33	2,06	1,61		0,57	21	0,800		0,450		0,430			0,055	51	0,110		0,029		0,022					
2004/2595	J	MF14a - E08	P	3,48	39	3,50	1,49	6,13		0,54	10	0,650		0,460		0,540			0,008	7	<-0,016		<-0,014		<-0,018					
2004/2595	J	MF14a - E08	S	2,01	27	1,82	1,31	3,15		0,47	7	0,440		0,430		0,540			0,050	10	0,049		0,042		0,059					
2004/2911	J	MF14b - E08	P	1,16	7	1,17	1,00	1,30		0,45	3	<-0,860		<-0,960		<-0,900			0,016	2	<-0,030		<-0,032		<-0,032					
2004/2911	J	MF14b - E08	S	0,7	8	0,760	0,580	0,740		0,39	38	0,360		<-0,300		0,660			0,048	25	0,042		0,030		0,071					
2004/2598	N	MF15a - E07	P	7,46	29	11,0	7,21	3,42		2,65	37	4,42		2,15		1,05			0,298	72	0,700		0,120		<-0,024					
2004/2598	N	MF15a - E07	S	5,31	30	8,25	4,35	2,82		1,76	27	2,60		1,57		0,960			0,231	33	0,370		0,180		0,120					
2005/2472	J	MF15b - E07	P	3,32	22	4,44	2,85	1,89		0,67	28	1,27	1,23	<-0,730	<-0,640	<-0,790			0,013	3	<-0,024	<-0,025	<-0,026	<-0,026	<-0,022	<-0,028				
2005/2472	J	MF15b - E07	S	2,77	21	3,93	2,48	1,95		0,93	33	1,20		0,880		0,450														
2005/2600	N	MF15c - E15	P	0,77	43	1,70	<-0,730	<-0,790	<-0,680		0,54	18	0,740	0,610	<-0,730	<-0,730	<-0,790	1,13	<-0,680	<-0,680	0,061	28	0,094	0,140	<-0,048	<-0,048	<-0,052	0,110	<-0,046	<-0,046
2005/2600	N	MF15c - E15	S																											
2004/2905	N	MF16 - E07	P	1,19	15	1,02	1,56	1,02		0,28	5	<-0,520		<-0,600		<-0,600			0,052	74	0,020		<-0,021		0,130					
2004/2905	N	MF16 - E07	S	1,08	14	1,35	1,03	0,820		0,43	4	0,450		0,400		0,450			0,046	4	0,047		0,042		0,048					
2004/2998	J	MF17 - E12	P	1,7	9	1,78	1,90	1,38		0,26	7	<-0,460		<-0,520		<-0,580			0,009	6	<-0,016		<-0,018		<-0,020					
2004/2998	J	MF17 - E12	S	0,6	20	0,730	0,690	0,350		0,27	21	0,370		0,250		0,180			0,023	46	0,042		0,009		0,013					
2004/2997	J	MF18 - E12	P	3,14	10	2,52	3,60	3,22		0,73	23	0,630		1,06		0,520			0,052	38	0,069		0,073		<-0,022					
2004/2997	J	MF18 - E12	S	1,32	12	1,05	1,57	1,40		0,49	20	0,380		0,690		0,400			0,067	21	0,052		0,089		0,042					
2004/2994	J	MF19 - E12	P	2334		2334				82,70		82,7							16,000		16,0									
2004/2994	J	MF19 - E12	S	98,66		98,7				35,77		35,8							6,659		6,66									
2005/165	N	MF20 - E11	P	33,76	29	41,6	46,4	15,3		8,16	21	9,47	13,2	11,8	8,44	2,62	4,18		1,365	28	2,10	2,60	1,20	1,70	0,120	0,560				
2005/165	N	MF20 - E11	S	12,94	28	17,3	16,2	5,89		3,90	29	5,40		4,77		1,70			0,749	38	1,20		0,850		0,220					
2005/2601	J	MF21 - E01	P	4,54	31	8,77	2,98	3,48	2,87	0,59	14	0,650	<-0,640	0,680	0,920	0,720	0,760	<-0,640	<-0,640	0,089	4	0,088	0,084	0,091	0,100	0,075	0,099	0,080	0,094	
2005/2601	J	MF21 - E01	S																											
2005/2595	N	MF22 - E20	P	6,5	11	5,03	6,94	7,33		2,15	7	2,07	1,98	2,14	1,68	2,74	2,25		0,301	10	0,210	0,270	0,270	0,270	0,410	0,360				
2005/2595	N	MF22 - E20	S	3,14	4	2,88	3,17	2,78		1,26	33	1,25		0,560		2,00			0,207	22	0,190		0,083		0,035					
2004/4086	J	Kat.1 PF01 - E02	P	39,95	28	28,5	65,4	35,0		6,51	22	5,17		9,77		5,72			0,038	19	<-0,054		<-0,100		<-0,060					
2004/4086	J	Kat.1 PF01 - E02	S	32,97	21	25,2	48,6	30,8		6,61	21	4,90		9,58		6,49			0,271	23	0,220		0,410		0,230					
2004/4087	J	Kat.2 PF01 - E02	P	22,19	14	27,6	20,3	17,5		4,89	14	5,50		5,51		3,39			0,134	42	0,210		0,150		<-0,036					
2004/4087	J	Kat.2 PF01 - E02	S	20,36	7	22,6	20,0	17,9		4,14	10	4,48		4,52		3,27			0,156	24	0,150		0,220		0,088					
2004/4036	J	Kat.1 PF02 - E05	P	6,89	17	9,22	6,04	5,55		1,26	32	2,07		0,780		0,970			0,011	6	<-0,024		<-0,024		<-0,020					
2004/4036	J	Kat.1 PF02 - E05	S	3,46	22	4,97	2,88	2,60		0,89	27	1,38		0,710		0,610			0,030	43	0,059		0,018		0,024					
2004/4034	J	Kat.2 PF02 - E05	P	4,51	4	4,83	4,37	4,34		1,45	18	1,90		0,990		1,48			0,016	57	0,034		<-0,012		<-0,016					
2004/4034	J	Kat.2 PF02 - E05	S	3,31	15	4,22	2,57	3,18		1,08	9	1,28		1,01		0,950			0,045	17	0,058		0,031		0,047					
2004/4173	J	Kat.1 PF03a - E10	P	16,19	34	25,2	16,9	6,00		1,01	5	1,06		0,950		(8,49)			0,018	17	<-0,030		<-0,034		<-0,050					
2004/4173	J	Kat.1 PF03a - E10	S	1,45	27	2,19	1,20	0,890		0,43	14	0,540		0,370		0,360			0,010	40	0,017		<-0,012		<-0,010					
2004/4174	J	Kat.2 PF03a - E10	P	15,74	18	10,9	16,8	20,5		1,81	37	1,58		3,06		0,760			0,011	23	<-0,016		<-0,032		<-0,018					
2004/4174	J	Kat.2 PF03a - E10	S	4,43	23	2,54	5,97	5,08		1,06	25	0,650		1,55		1,04			0,031	20	0,021		0,042		0,031					
2005/572	N	Kat.1 PF03b - E14	P	12,38	39	6,63	8,70	22,2		1,11	35	<-0,640	1,68	<-0,760	1,28	<-0,700	2,64		0,047	70	<-0,024	0,024	<-0,026	<-0,026	<-0,024	0,210				
2005/572	N	Kat.1 PF03b - E14	S	1,14	23	0,790	1,00	1,67		0,32	16	0,230		0,350		0,400			0,017	14	0,017		0,013		0,021					
2005/1132	N	Kat.2 PF03c - E16	P	7,71	25	4,63	8,97	11,2		0,49	33	<-0,320	<-0,320	0,790	0,740	<-0,540	1,12		0,007	11	<-0,011	<-0,011	<-0,014	<-0,014	<-0,019	<-0,019				
2005/1132	N	Kat.2 PF03c - E16	S	0,93	26	0,550	1,07	1,38		0,34	3	0,340		0,360		0,320			0,008	7	0,007		0,009		0,008					
2004/4022	J	Kat.1 PF04a - E13	P	6,42	29	<-1,00	4,60	8,33		0,98	49	<-1,00		<-1,20		1,99			0,020	7	<-0,036		<-0,044		<-0,044					
2004/4022	J	Kat.1 PF04a - E13	S	4,43	25	3,13	3,81	6,70		0,77	45	<-0,300		0,980		1,33			0,035	15	0,025		0,042		0,039					
2004/4021	J	Kat.2 PF04a - E13	P	17,25	9	13,7	19,2	20,1	15,8																					

Tabelle A 1 Zusammenstellung aller Einzelmesswerte (V1 ... V4a), Mittelwerte (gew MW) und Standardabweichungen (σ).
hü = handelsübliches System, PN-Art = Probenahmeart (personengetragen / stationär); Ausreisser sind in Klammern gesetzt

Berichts- Nummer	h ü	Bearbeitungs- System	PN- Art	E-Staub [mg/m ³]				A-Staub [mg/m ³]								Quarz-Staub [mg/m ³]													
				gew. MW	σ [%]	V1	V2	V3	V4	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a
2004/4078	J	Kat.1 PF04b - E13	P	4,94	28	2,13	6,23	6,36		1,07	43	2,00		<1,16		<1,36			0,022	5	<0,046		<0,040		<0,048				
2004/4078	J	Kat.1 PF04b - E13	S	2,47	17	2,47	3,14	1,69		0,51	4	0,470		0,520		0,540			0,018	10	0,016		0,017		0,022				
2004/4085	J	Kat.1 PF05 - E11	P	226,26	25	171	158	334		35,74	38	20,4		21,1		62,0			1,252	36	0,850		0,680		2,10				
2004/4085	J	Kat.1 PF05 - E11	S	67,85	40	94,9	18,0	104		44,04	36	72,7		17,3		40,9			1,955	45	3,60		0,620		1,60				
2004/4171	J	Kat.1 PF06 - E07	P	5,58	8	4,94	6,46	5,40		0,65	22	0,700		0,880		<0,760			0,011	5	<0,020		<0,022		<0,024				
2004/4171	J	Kat.1 PF06 - E07	S	1,72	23	1,29	2,52	1,37		0,47	15	0,540		0,530		0,330			0,012	35	0,012		0,020		<0,010				
2004/4172	J	Kat.2 PF06 - E07	P	4,92	3	5,14	4,92	4,70		0,68	12	0,830		0,560		0,620			0,007	5	<0,012		<0,014		<0,014				
2004/4172	J	Kat.2 PF06 - E07	S	2,44	6	2,50	2,67	2,18		0,57	16	0,460		0,760		0,530			0,021	16	0,016		0,027		0,020				
2004/3700	J	SM01 - E02	P	4,96	34	1,86	5,68	7,65		0,27	3	<0,520		<0,540		<0,580			0,009	4	<0,018		<0,018		<0,020				
2004/3700	J	SM01 - E02	S	0,4	20	0,330	0,320	0,560		0,24	11	0,190		0,280		0,240			0,021	25	0,013		0,031		0,020				
2004/3698	J	SM02 - E02	P	7,21	40	4,49	4,15	13,0		1,01	43	<0,580		0,940		1,80			0,051	56	<0,040		0,032		0,110				
2004/3698	J	SM02 - E02	S	4,36	30	2,21	4,21	6,66		1,18	21	0,720		1,29		1,54			0,217	28	0,100		0,250		0,300				
2005/2260	N	SS01a	P	64,77	14	74,9	46,9	72,0		6,53	12		5,64	6,47	9,61	5,18	6,57		0,072	37		0,120	0,057	0,160	<0,033	0,041			
2005/2260	N	SS01a	S	27,88	12	21,5	32,2	30,2		3,98	7	3,64		4,54		3,78			0,050	71	0,120		<0,029		<0,025				
2005/2603	J	SS01b - E05	P	1,02	15	0,780	1,30	0,970		0,32	21	0,640	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500		0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018			
2005/2603	J	SS01b - E05	S																										
2005/770	J	SS02 - E01	P	3,54	24	4,55	1,82	4,25		0,82	32	0,550	1,89	<0,500	0,730	<0,500	1,23		0,034	51	<0,018	0,110	<0,018	<0,018	<0,018	0,056			
2005/770	J	SS02 - E01	S	1,46	8	1,66	1,48	1,24		0,56	15	0,600		0,400		0,680			0,007	44	0,013		<0,004		0,007				
2005/829	J	SS03 - E09	P	1,34	9	1,66	1,24	1,13	1,18	0,29	14	<0,500	0,580	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	0,010	13	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,040		
2005/829	J	SS03 - E09	S	0,5	27	0,890	0,480	0,300	0,320	0,26	45	0,600		<0,150		0,200			0,005	24	0,008		0,005		0,005	<0,004			
2005/830	J	SS04 - E09	P	2,45	19	1,87	2,27	3,83	1,83	0,29	21	<0,500	<0,500	0,540	<0,500	0,670	<0,500	<0,500	0,009	0	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018		
2005/830	J	SS04 - E09	S	1,02	14	0,920	0,930	1,45	0,800	0,48	14	0,380		0,350		0,520			0,007	18	0,010		0,005		0,006	0,005			
2005/1038	J	SS05 - E03	P	4,46	41	3,37	1,98	8,02		0,76	23	0,940	<0,540	0,790	<0,520	1,36	0,920		0,009	2	<0,020	<0,020	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018			
2005/1038	J	SS05 - E03	S	1,79	63	0,860	0,440	4,04		0,50	43	0,330		0,240		0,930			0,014	7	0,015		0,012		0,015				
2005/1039	J	SS06 - E03	P	6,43	90	0,830	0,640	18,0		0,88	46	<0,510	<0,510	<0,510	<0,510	2,34	1,97		0,010	5	<0,019	<0,018	<0,018	<0,018	<0,024	<0,021			
2005/1039	J	SS06 - E03	S	1,81	86	0,290	0,240	4,94		0,64	45	0,340		0,370		1,21			0,010	14	0,011		0,007		0,011				
2005/786	J	SS07a - E12	P	2,3	27	3,29	1,16	2,48		0,65	30	0,680	1,55	<0,540	0,560	<0,540	0,580		0,010	0	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020			
2005/786	J	SS07a - E12	S	0,42	14	0,540	0,370	0,360		0,33	19	0,410		0,210		0,380			0,014	23	0,014		0,008		0,019				
2005/769	J	SS07b - E12	P	6,67	15	7,88	5,47	8,80	4,55	1,51	19	1,61	2,01	<0,500	1,09	1,59	2,70	0,720	0,214	0,026	30	<0,030	<0,030	<0,018	0,023	<0,030	0,053	<0,018	0,066
2005/769	J	SS07b - E12	S	1,06	22	1,35	0,560	1,53	0,780	0,46	22	0,480		0,290		0,740			0,007	20	0,007		0,011		<0,008	0,007			
2005/787	J	SS08 - E02	P	1,5	4	1,54	1,37	1,59		0,50	15	0,700	0,550	<0,540	0,610	<0,540	0,587		0,010	0	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020			
2005/787	J	SS08 - E02	S	0,68	5	0,610	0,730	0,690		0,43	16	0,550		0,310		0,420			0,007	20	0,010		0,007		0,005				
2005/1322	J	SS09 - E10	P	6,6	31	3,88	7,10	10,9		0,78	25	<0,500	0,640	0,680	0,920	1,19	1,63		0,011	16	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,034	<0,035			
2005/1322	J	SS09 - E10	S	2,44	18	1,90	2,47	3,43		0,96	20	0,770		0,910		1,41			0,010	20	0,009		0,009		0,015				
2005/1324	J	SS10 - E04	P	9,19	29	14,4	6,03	7,15		1,88	38	3,93	4,24	<0,500	1,02	0,580	1,24		0,019	33	0,040	0,037	<0,017	<0,018	<0,018	<0,018			
2005/1324	J	SS10 - E04	S	4,39	60	9,68	1,64	1,85		1,43	71	3,47		0,410		0,430			0,013	44	0,025		0,009		0,006				
2005/1517	J	SS11 - E04	P	10,72	10	11,0	12,4	8,77		1,22	24	0,530	1,26	<0,500	1,37	1,75	2,17		0,033	44	<0,017	<0,018	<0,017	0,047	0,035	0,098			
2005/1517	J	SS11 - E04	S	2,1	6	2,05	1,92	2,34		0,60	10	0,590		0,500		0,700			0,021	18	0,029		0,018		0,017				
2005/1323	J	SS12 - E12	P	3,32	29	5,22	2,25	2,50		1,09	29	0,660	1,26	<0,500	2,32	0,530	1,48		0,009	6	<0,017	<0,018	<0,017	<0,024	<0,018	<0,018			
2005/1323	J	SS12 - E12	S	1,32	15	1,71	1,15	1,09		0,83	47	0,500		0,390		1,60			0,004	19	0,005		<0,005		<0,009				
2005/2475	J	SS13 - E05	P	2,69	16	3,55	2,10	2,43		1,19	39	1,37	3,33	0,820	1,11	<0,500	<0,500		0,073	88	<0,018	0,390	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018			
2005/2475	J	SS13 - E05	S	0,75	59	1,59	<0,150	0,570		0,39	52	0,770		<0,150		0,320			0,023	22	0,033		0,016		0,021				
2005/305	J	Kat.2 TS01 - E05	P	33,64	15	27,5	44,7	31,8		14,48	13	9,07	13,5	10,6	22,2	16,3	16,9		2,918	12	1,90	2,80	2,20	4,30	3,00	3,60			
2005/305	J	Kat.2 TS01 - E05	S	27,8	14	20,7	32,8	31,9		11,24	9	10,1		13,4		10,8			2,112	11	2,20		2,50		1,70				
2005/507	J	Kat.1 TS02 - E09	P	9,76	20	6,93	9,20	13,6		1,62	10	1,45	1,46	1,50	1,40	2,45	1,44		0,118	34	0,033	0,130	0,093	0,130	0,300	0,037			
2005/507	J	Kat.1 TS02 - E09	S	2,71	10	2,21	3,06	2,97		1,02	13	0,780		1,19		1,13			0,142	10	0,120		0,170		0,140				
2005/510	J	Kat.1 TS03 - E09	P	17,6	8	20,2	18,5	17,4	13,9	3,82	6	4,00	3,70	3,43	3,28	4,97	4,08	3,94	0,480	22	0,250	0,300	0,430	0,310	1,10	0,720	0,390	0,230	
2005/510	J	Kat.1 TS03 - E09	S	20,2	10	22,5	17,6	24,0	15,6	4,33	11	3,33		5,31		4,90			0,956	15	0,680		1,20		1,20		0,730		
2005/508	J	Kat.2 TS04 - E09	P	71,97	17	53,7	68,5	96,0		17,21	14	15,4	10,4	16,6	14,2	27,5	20,5		3,597	14	2,50	2,50	3,40	3,10	5,60	4,80			
2005/508	J	Kat.2 TS04 - E09	S	39,56	11	31,4	46,5	42,3		14,79	16	11,3		14,2		19,3			3,255	20	2,40		2,90		4,60				
2005/286	J	Kat.2 TS05 - E03	P	55,93	25	44,1	36,3	80,9		24,18	9	17,6	18,4	25,2	26,8	22,7	32,2		5,109	10	4,30	3,60	4,60	6,70	5,00	6,30			
2005/286	J	Kat.2 TS05 -																											

Tabelle A 1 Zusammenstellung aller Einzelmesswerte (V1 ... V4a), Mittelwerte (gew MW) und Standardabweichungen (σ).
hü = handelsübliches System, PN-Art = Probenahmeart (personengetragen / stationär); Ausreisser sind in Klammern gesetzt

Berichts- Nummer	h ü	Bearbeitungs- System	PN- Art	E-Staub [mg/m³]					A-Staub [mg/m³]										Quarz-Staub [mg/m³]										
				gew. MW	σ [%]	V1	V2	V3	V4	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a	gew. MW	σ [%]	V1	V1a	V2	V2a	V3	V3a	V4	V4a
2005/570	N	Kat.1 TS08a - E14	P	1,69	14	2,11	1,36	1,50		0,46	27	<0,480	0,740	<0,520	0,500	<0,760	1,00			0,032	31	<0,016	0,032	<0,018	0,018	0,065	0,056		
2005/570	N	Kat.1 TS08a - E14	S	1,64	19	1,91	1,06	2,08		0,62	24	0,640		0,400		0,910			0,085	31	0,098		0,041			0,130			
2005/167	J	Kat.1 TS08b - E04	P	2,29	17	2,09	1,75	3,03		0,67	20	<0,340	0,740	0,650	0,500	1,07	1,00		0,038	27	0,020	0,032	0,025	0,018	0,082	0,056			
2005/167	J	Kat.1 TS08b - E04	S	1,76	21	1,24	1,71	2,48		0,39	11	0,410		0,450		0,310			0,071	13	0,055		0,079		0,084				
2005/168	J	Kat.2 TS09 - E04	P	32,17	23	36,5	18,8	43,3		11,99	13	12,4	12,4	8,18	7,78	17,0	15,9		2,213	17	2,30	1,90	1,30	1,40	3,40	3,40			
2005/168	J	Kat.2 TS09 - E04	S	24,22	15	25,6	17,8	30,4		8,33	16	8,82		6,07		10,5			1,515	14	1,70		1,10		1,80				
2005/166	J	Kat.1 TS10 - E10	P	2,01	7	2,22	1,74	2,06		0,70	8	0,840	0,710	0,670	0,470	0,850	0,660		0,031	19	0,049	0,038	0,019	0,024	0,019	<0,016			
2005/166	J	Kat.1 TS10 - E10	S	1,24	12	1,49	0,990	1,19		0,35	8	0,400		0,310		0,340			0,052	19	0,068		0,048		0,034				
2005/568	N	Kat.1 TS11a - E14	P	3,28		3,28				1,40	18	1,14	1,65					0,015	40	<0,018	0,021								
2005/568	N	Kat.1 TS11a - E14	S	3,32		3,32				1,33		1,33						0,170		0,170									
2005/296	J	Kat.1 TS11b - E01	P	3,56	15	2,75	3,55	4,60		1,27	14	0,970	0,990	1,00	1,45	1,29	2,06		0,090	24	0,150		0,100	0,110	0,040	0,036			
2005/296	J	Kat.1 TS11b - E01	S	3,46	7	3,00	3,66	3,77		1,13	11	0,990		1,07		1,39			0,198	8	0,180		0,190		0,230				
2005/307	J	Kat.1 TS11c - E01	P	2,21	22	2,88	1,21	2,14		0,73	14	0,800	1,01	<0,540	0,740	0,590	0,780		0,027	43	0,022	0,080	<0,018	<0,018	<0,018	<0,016			
2005/307	J	Kat.1 TS11c - E01	S	2,39	20	2,67	1,38	2,87		0,58	14	0,710		0,430		0,540			0,102	19	0,130		0,064		0,095				
2005/1134	N	Kat.1 TS11d - E16	P	9,58	31	15,3	8,24	5,48		2,04	21	2,92	3,69	1,56	1,90	0,980	1,31		0,144	43	0,280	0,380	0,120	0,060	0,029	<0,020			
2005/1134	N	Kat.1 TS11d - E16	S	4,65	25	6,95	3,47	3,59		1,18	26	1,79		0,920		0,850			0,206	25	0,310		0,160		0,150				
2005/2602	J	Kat.1 TS11e - E01	P	1,46	28	1,07		1,89		0,43	24	0,560	0,710	<0,400	<0,400	<0,440	0,670		0,049	17	0,046	0,060	0,036	0,036	0,034	0,087			
2005/2602	J	Kat.1 TS11e - E01	S																										
2005/509	J	Kat.2 TS12 - E01	P	5,32	14	4,88	4,12	4,96	7,44	2,08	16	2,03	0,940	2,51	1,48	3,57	2,69	2,64	0,960	0,131	20	0,140	0,098	0,280	0,086	0,130	0,048	0,190	0,072
2005/509	J	Kat.2 TS12 - E01	S	4,19	15	3,28	4,17	5,96	3,50	1,52	18	1,14		1,42		2,36		1,23	0,214	27	0,150		0,170		0,390		0,160		
2005/306	J	Kat.1 TS13 - E05	P	30,02	15	38,2	29,9	23,1		10,71	12	7,40	15,2	12,1	13,0	9,02	8,27		2,135	14	1,50	3,10	2,50	2,70	1,90	1,30			
2005/306	J	Kat.1 TS13 - E05	S	22,43	26	11,9	32,0	23,4		9,46	19	12,1		10,6		6,23			2,280	24	3,10		2,60		1,30				
2005/289	N	Kat.1 TS14 - E00	P	17,02	16	19,2	20,0	11,5		6,40	13	7,11	7,30	7,87	8,22	3,90	3,73		1,294	16	1,50	1,60	1,80	1,50	0,660	0,620			
2005/289	N	Kat.1 TS14 - E00	S	12,37	23	11,1	18,0	8,21		4,38	18	5,16		5,07		2,80			0,916	15	1,10		0,970		0,650				
2005/767	J	Kat.2 TS15 - E09	P	50,86	33	20,8	69,3	72,8		17,44	22	8,13	10,8	15,8	31,0	16,7	28,3		3,810	20	2,00	2,70	3,20	6,70	3,70	5,70			
2005/767	J	Kat.2 TS15 - E09	S	17,13	16	12,4	20,6	20,2		6,94	15	5,04		8,22		8,28			1,540	17	1,10		2,00		1,70				
2005/768	J	Kat.1 TS16 - E15	P	6,29	22	4,93	6,06	9,56		1,71	18	0,860	2,07	1,38	2,11	1,36	2,96		0,186	43	<0,013	0,380	0,029	0,270	<0,028	0,430			
2005/768	J	Kat.1 TS16 - E15	S	3,5	36	2,19	6,16	2,64		0,87	26	0,600		1,36		0,770			0,188	24	0,150		0,280		0,140				
2005/2465	N	Kat.1 TS17 - E18	P	90,99	9	97,0	80,5			17,04	8	18,9	18,5	13,7	14,3				1,621	15	1,70	2,10	0,970	1,30					
2005/2465	N	Kat.1 TS17 - E18	S	72		72,0	(9,09)			15,40	29	12,2		21,0					3,064	16	2,70		3,70						
2005/1518	N	Kat.1 TS18a - E19	P	131		131				22,05	39	42,4	59,5						10,600	23	8,20	13,0							
2005/1518	N	Kat.1 TS18a - E19	S	116		116				36,70		36,7							7,700		7,70								
2005/1519	N	Kat.1 TS18b - E19	P	226,67	11	273	200	201		49,48	9	49,5	68,2	47,5	50,6	35,7	39,9		7,357	17	9,60	12,0	5,00	6,90	4,70	4,70			
2005/1519	N	Kat.1 TS18b - E19	S	97,77	31	135	74,6	(27,3)		68,86	42	37,9		60,9		133			13,827	52	7,30		9,50		30,0				

bei mit * gekennzeichneten Fällen ist der A-Staub-Messwert signifikant höher als der E-Staub-Messwert

- Entwurf
- Typ I -

Staubexposition bei Tätigkeiten mit Mauernutfräsen Schnitttiefe bis 30 mm Mauernutfräse XY + Entstauber Z

Systembeschreibung

Zur Vorbereitung der Verlegung von Kabeln oder Rohrleitungen unter Putz werden in verschiedenen Branchen üblicherweise Schlitzfräsen in den Untergrund (z.B. Mauerwerk) gefräst. Hierfür werden meist elektrisch betriebene Mauernutfräsen eingesetzt.

Bei diesen Tätigkeiten entsteht gesundheitsschädlicher mineralischer Staub, der wirksam abgesaugt werden muss.

Das Bearbeitungssystem darf nur in der vom Hersteller empfohlenen Systemkonfiguration verwendet werden. Das System besteht aus der Mauernutfräse XY sowie dem Entstauber Z. Beide Geräte sind durch einen vom Hersteller empfohlenen Ansaugschlauch miteinander verbunden.

Diese Information gilt nur für diese vom Hersteller empfohlene Gerätekonfiguration und bezieht sich auf die geprüfte Standardschnitttiefe von 25 mm.

Grenzwerte und Einstufungen

Allgemeiner Staubgrenzwert, einatembare Fraktion,
10 mg/m³

Allgemeiner Staubgrenzwert, alveolengängige Fraktion
3 mg/m³

Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Quarzstäuben ausgesetzt sind, werden nach der TRGS 906 als krebserzeugend (Kategorie 1) bezeichnet.¹

Gefahrstoffmessungen / Ermittlung

Bei Arbeiten **ohne** Absaugung sind die Grenzwerte immer – teilweise um mehr als das 100fache – überschritten.

Orientierende Untersuchungen sowie Arbeitsplatzmessungen haben gezeigt, dass bei Verwendung von Geräten mit Absaugung und Einhaltung der hier beschriebenen Maßnahmen die Grenzwerte eingehalten werden konnten.

Anhängig vom bearbeiteten Material kann der freigesetzte Staub unterschiedliche Anteile an Quarz enthalten.

Gesundheitsgefährdung

Langjähriges Arbeiten unter Staubeinwirkung kann Schädigungen der Atemwege und der Lunge zur Folge haben. Quarzhaltige Anteile in den Stäuben können auch zu Veränderungen des Lungengewebes führen. Quarzstaub kann zu einer Staublungenerkrankung (Silikose) führen; in Einzelfällen kann Lungenkrebs entstehen.

Hygienemaßnahmen

Berührung mit Augen vermeiden!

Vor jeder Pause sowie nach Arbeitsende Haut gründlich reinigen!

Hautpflegemittel nach der Arbeit verwenden (rückfettende Creme).

Nach Arbeitsende Kleidung wechseln!

Straßen- und Arbeitsbekleidung getrennt aufbewahren!

Technische und Organisatorische Schutzmaßnahmen

Bedienungsanleitung lesen!



Arbeiten bei Frischluftzufuhr!

Fenster oder Türen öffnen, kein Durchzug!

Mauernutfräse **nur** mit angeschlossenem Entstauber betreiben! Nur den vom Hersteller vorgeschriebenen Ansaugschlauch verwenden. Ansaugschlauch nicht manipulieren.

Die Entstauber regelmäßig warten. Während der Arbeiten die Funktion und Absaugleistung überprüfen. Gelangen Gesteinsbrocken in den Ansaugschlauch, Arbeit unterbrechen und den Ansaugschlauch sofort reinigen. Abknicken des Ansaugschlauches vermeiden.



Arbeitsplatz sauber halten. Nicht trocken kehren, nicht mit Druckluft abblasen, sondern Staub aufsaugen!

Waschgelegenheit auf der Baustelle vorsehen.

Persönliche Schutzmaßnahmen

Augenschutz (Gestellbrille) und **Gehörschutz!**



Vorsorgeuntersuchungen

Vorsorgeuntersuchungen sind in Abstimmung mit dem Betriebsarzt anzubieten.

Erste Hilfe

Nach Augenkontakt: Mit Wasser ausspülen.

Nach Einatmen: Person an die frische Luft bringen.

Entsorgung

Inhalt des Entstaubers (Staubsammelbeutel) staubdicht verschließen und der Entsorgung (z.B. Bauschuttcontainer) zuführen.

Schadensfall

Störungen/Schäden an Einrichtungen zur Stauberfassung bzw. Staubniederschlagung unverzüglich dem Vorgesetzten melden und erst nach deren Beseitigung weiterarbeiten.

Copyright

by GISBAU 03/2006

Vervielfältigung erwünscht !

¹ Das Technische Regelwerk bezüglich alveolengängiger Quarzstäube wird zur Zeit überarbeitet.

- Entwurf
- Typ II -

Staubexposition bei Tätigkeiten mit Mauernutfräsen Schnitttiefe bis 30 mm Mauernutfräse XY + Entstauber Z

Systembeschreibung

Zur Vorbereitung der Verlegung von Kabeln oder Rohrleitungen unter Putz werden in verschiedenen Branchen üblicherweise Schlitzfräsen in den Untergrund (z.B. Mauerwerk) gefräst. Hierfür werden meist elektrisch betriebene Mauernutfräsen eingesetzt.

Bei diesen Tätigkeiten entsteht gesundheitsschädlicher mineralischer Staub, der wirksam abgesaugt werden muss.

Das Bearbeitungssystem darf nur in der vom Hersteller empfohlenen Systemkonfiguration verwendet werden. Das System besteht aus der Mauernutfräse XY sowie dem Entstauber Z. Beide Geräte sind durch einen vom Hersteller empfohlenen Ansaugschlauch miteinander verbunden.

Diese Information gilt nur für diese vom Hersteller empfohlene Gerätekonfiguration und bezieht sich auf die geprüfte Standardschnitttiefe von 25 mm.

Grenzwerte und Einstufungen

Allgemeiner Staubgrenzwert, einatembare Fraktion,
10 mg/m³

Allgemeiner Staubgrenzwert, alveolengängige Fraktion
3 mg/m³

Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Quarzstäuben ausgesetzt sind, werden nach der TRGS 906 als krebserzeugend (Kategorie 1) bezeichnet.¹

Gefahrstoffmessungen / Ermittlung

Bei Arbeiten **ohne** Absaugung sind die Grenzwerte immer – teilweise um mehr als das 100fache – überschritten.

Orientierende Untersuchungen haben bei der Verwendung dieses Gerätes mit Absaugung Grenzwertüberschreitungen gezeigt.

Anhängig vom bearbeiteten Material kann der freigesetzte Staub unterschiedliche Anteile an Quarz enthalten.

Gesundheitsgefährdung

Langjähriges Arbeiten unter Staubeinwirkung kann Schädigungen der Atemwege und der Lunge zur Folge haben. Quarzhaltige Anteile in den Stäuben können auch zu Veränderungen des Lungengewebes führen. Quarzstaub kann zu einer Staublungenerkrankung (Silikose) führen; in Einzelfällen kann Lungenkrebs entstehen.

Hygienemaßnahmen

Berührung mit Augen vermeiden! Vor jeder Pause sowie nach Arbeitsende Haut gründlich reinigen!

Hautpflegemittel nach der Arbeit verwenden (rückfettende Creme).

Nach Arbeitsende Kleidung wechseln!

Straßen- und Arbeitsbekleidung getrennt aufbewahren!

Technische und Organisatorische Schutzmaßnahmen



Bedienungsanleitung lesen!

Arbeiten bei Frischluftzufuhr! Fenster oder Türen öffnen, kein Durchzug!

Mauernutfräse **nur** mit angeschlossenen Entstauber betreiben! Nur den vom Hersteller vorgeschriebenen Ansaugschlauch verwenden. Ansaugschlauch nicht manipulieren.

Die Entstauber regelmäßig warten. Während der Arbeiten die Funktion und Absaugleistung überprüfen. Gelangen Gesteinsbrocken in den Ansaugschlauch, Arbeit unterbrechen und den Ansaugschlauch sofort reinigen. Abknicken des Ansaugschlauches vermeiden.



Arbeitsplatz sauber halten. Nicht trocken kehren, nicht mit Druckluft abblasen, sondern Staub aufsaugen!

Waschgelegenheit auf der Baustelle vorsehen.

Persönliche Schutzmaßnahmen

Augenschutz (Gestellbrille) und **Gehörschutz**!

Atemschutz: Bei Arbeiten mit dieser Mauernutfräse ist Atemschutz erforderlich: Partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 anlegen.



Beschäftigungsbeschränkungen

Jugendliche dürfen hiermit nicht beschäftigt werden.

Werdende oder stillende Mütter dürfen hiermit nicht beschäftigt werden.

Vorsorgeuntersuchungen

Da der Arbeitsplatzgrenzwert nicht eingehalten ist, sind Vorsorgeuntersuchungen in Abstimmung mit dem Betriebsarzt zu veranlassen.

Erste Hilfe

Nach Augenkontakt: Mit Wasser ausspülen.

Nach Einatmen: Person an die frische Luft bringen.

Entsorgung

Inhalt des Entstaubers (Staubsammelbeutel) staubdicht verschließen und der Entsorgung (z.B. Bauschuttcontainer) zuführen.

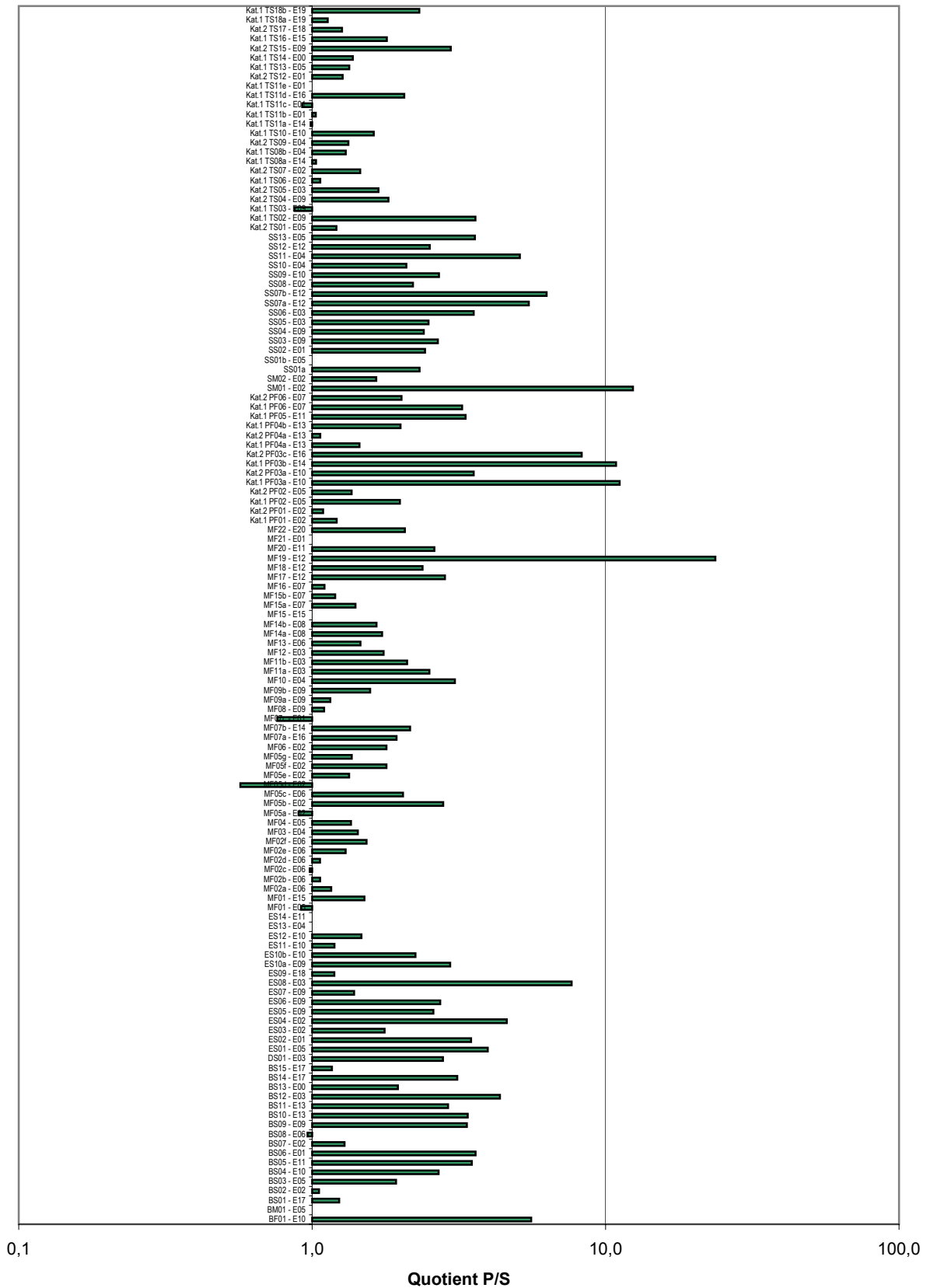
Schadensfall

Störungen/Schäden an Einrichtungen zur Stauberfassung bzw. Staubniederschlagung unverzüglich dem Vorgesetzten melden und erst nach deren Beseitigung weiterarbeiten.

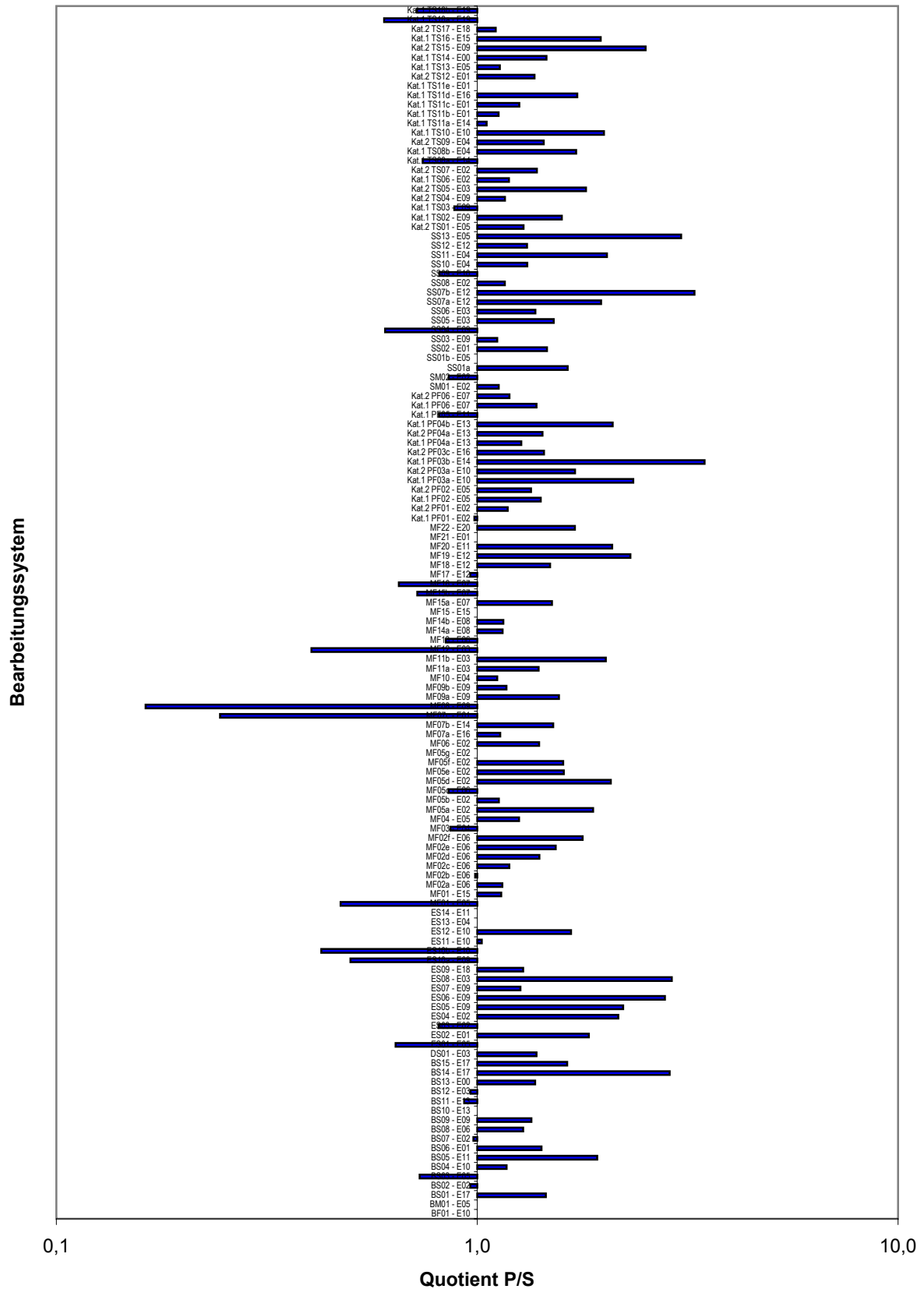
¹ Das Technische Regelwerk bezüglich alveolengängiger Quarzstäube wird zur Zeit überarbeitet.

Vergleich personengetragene und stationäre Probenahme für E-Staub

Bearbeitungssystem

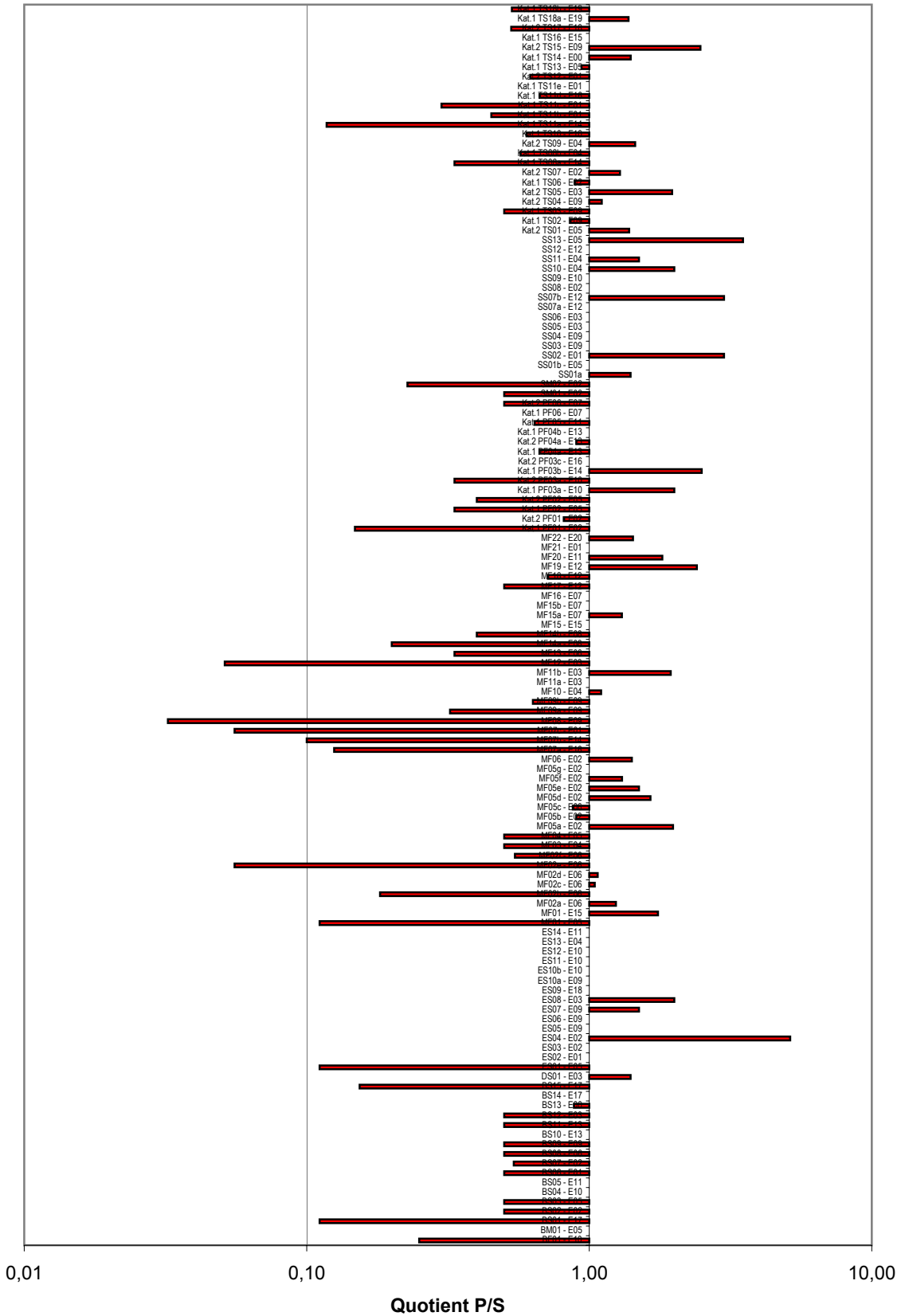


Vergleich personengetragene und stationäre Probenahme für A-Staub



Vergleich personengetragene und stationäre Probenahme für Quarzstaub

Bearbeitungssystem



- Abbildungen 7.4 - 5 bis 7.4 - 7 zu den Streubreiten der Messwerte

Betrachtung der Streubreite: Standardabweichung

Standardabweichung der Einzelmessung σ_X

Standardabweichung des Mittelwertes $\sigma_{\bar{X}}$

Anzahl der Messwerte N

Mittelwert \bar{X}

$$\sigma_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}$$

Abb. 7.4 – 5 Berechnung der Standardabweichung

E-Staub - Standardabweichungen

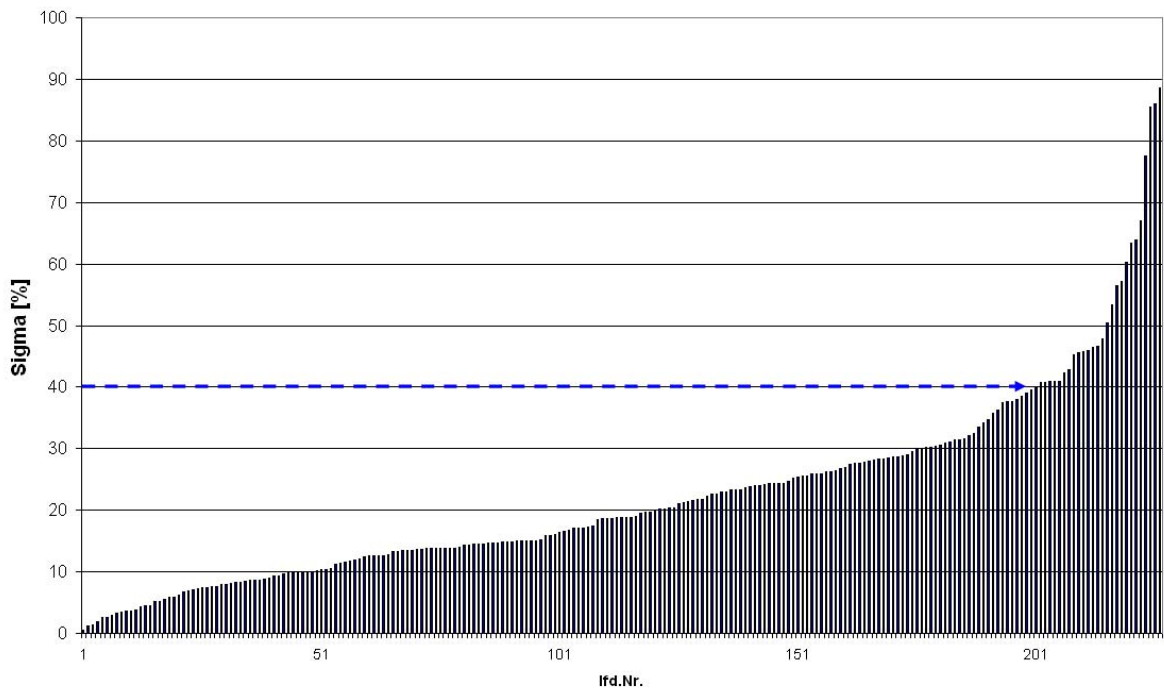


Abb. 7.4 – 6 E-Staub – Standardabweichungen

Dargestellt sind die Standardabweichungen der personengetragenen E-Staub-Mittelwerte

Verteilungen der Standardabweichungen

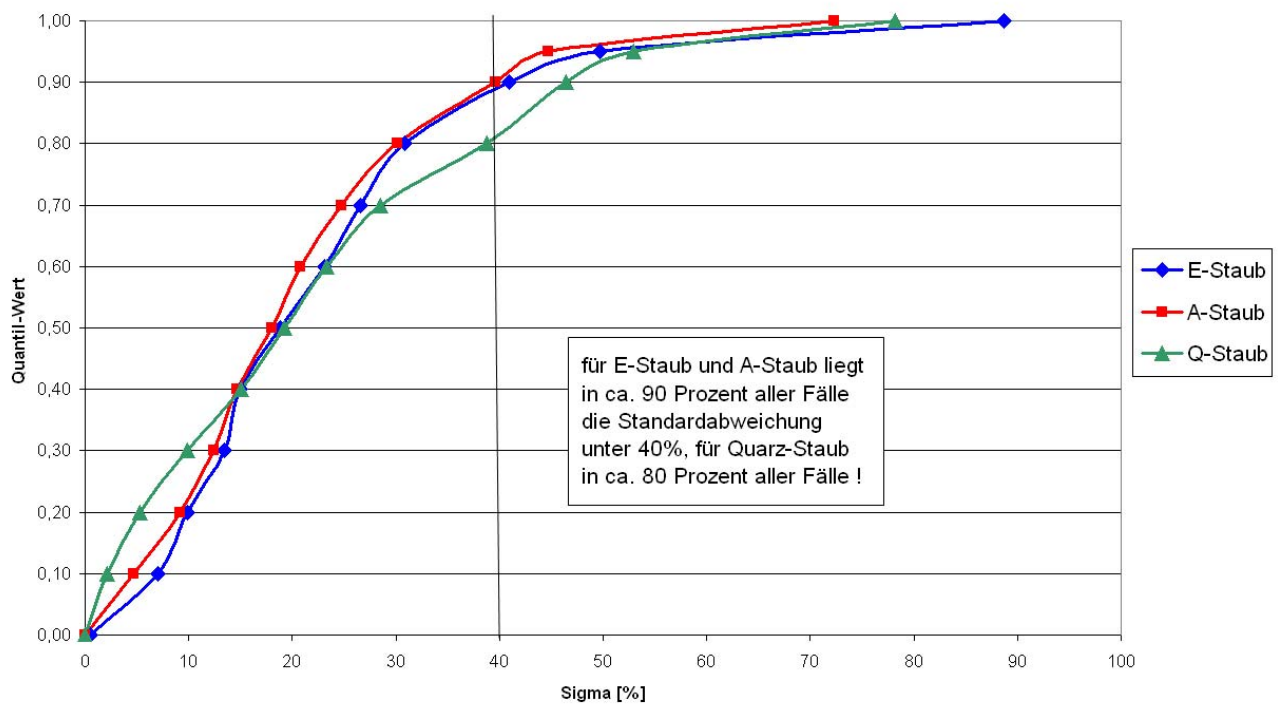


Abb. 7.4 – 7 Verteilungen der Standardabweichungen

Dargestellt sind die Standardabweichungen der E-, A- und Quarzstaub-Mittelwerte für personengetragene Probenahme

Abbildungsverzeichnis

Abb. 5.3 - 1	Werkhalle 17 vor dem Umbau zum Prüfraum	18
Abb. 5.3 - 2	Werkhalle 17 vor dem Umbau	18
Abb. 5.3 - 3	Werkhalle 17 nach dem Umbau zum Vorraum mit Prüfraum im Hintergrund	18
Abb. 5.3 - 4	A-Bock zur Materialauflage im Prüfraum	19
Abb. 5.3 - 5	Skizze des A-Bocks	19
Abb. 5.3 - 6	Skizze des A-Bocks	19
Abb. 5.3 - 7	Bockgerüst zur Bearbeitung der Werkstoffe	20
Abb. 5.3 - 8	Einer der beiden Hochleistungsraumlüfter	20
Abb. 5.3 - 9	TM-Digital auf Stativ	21
Abb. 5.3 - 10	TM-Digital	21
Abb. 5.3 - 11	Philips PM 8118 Linienschreiber	21
Abb. 5.4.1 - 1	RESPICON und sein dreistufiges Staubsammelsystem	23
Abb. 5.4.1 - 2	GSP und 2x FSP-10 sowie RESPICON an der Person	23
Abb. 5.4.2 - 1	Stationäre Probenahme - Gravikon PM 4 G sowie Gravikon PM 4 F	24
Abb. 5.4.3 - 1	Das Prinzip einer PIMEX-Messung (Observation)	25
Abb. 5.4.3 - 2	Kamera mit Regencap	26
Abb. 5.4.3 - 3	Signalverstärker	26
Abb. 5.4.3 - 5	Bluetooth-Datenlogger und -Empfänger am Notebook	27
Abb. 5.4.3 - 6	Beispiel einer PIMEX-Messung (Observation)	27
Abb. 5.10 - 1	Kern DS 65 Präzisionswaage	30
Abb. 5.10 - 2	Wägung eines Mobilentstauber	30
Abb. 6.1.1 - 1	Hartmetallfräser für 20° Nut (Besonderheit) und Schnittbild der Diamantscheiben	33
Abb. 6.1.2 - 1	Anordnung der Kalksandstein-Formelemente auf dem A-Bock	35
Abb. 6.1.3 - 1	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen	40
Abb. 6.1.3 - 2	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen	40
Abb. 6.1.3 - 3	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Mauernutfräsen	41
Abb. 6.1.3 - 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Mauernutfräsen	41
Abb. 6.1.3 - 5	Einfluss der Schnitttiefe auf die Staubkonzentrationen für die Mauernutfräse MF02-E06 ...	42
Abb. 6.1.3 - 6	Optimierungsansätze für die Mauernutfräse MF05	42
Abb. 6.1.3 - 7	H-Entstauber-Untersuchungen für Mauernutfräsen	43
Abb. 6.1.3 - 8	Prototyp-Untersuchungen für Mauernutfräsen	43
Abb. 6.2.1 - 1	Betonplatten auf dem A-Bock	50
Abb. 6.2.2 - 1	Anordnung der Betonplatten auf dem A-Bock	51
Abb. 6.2.3 - 1	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer	52
Abb. 6.2.3 - 2	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer	52
Abb. 6.2.3 - 3	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Betonschleifer	53
Abb. 6.2.3 - 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Betonschleifer	53
Abb. 6.2.4 - 1	Prototyp-Untersuchungen für Betonschleifer	58
Abb. 6.3.1 - 1	Bockgerüst zur Auflage der Betonplatten zur Untersuchung der Trennschleifer	60
Abb. 6.3.2 - 1	Anordnung der Betonplatten auf dem Bockgerüst	61
Abb. 6.3.3 - 1	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer	62
Abb. 6.3.3 - 2	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer	63
Abb. 6.3.3 - 3	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Trennschleifer	63

Abb. 6.3.3 – 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Trennschleifer.....	68
Abb. 6.3.4 – 1	H-Entstauber und Untersuchungen für handelsübliche Trennschleifer	70
Abb. 6.3.4 – 2	Prototypen und Untersuchungen für handelsübliche Trennschleifer	71
Abb. 6.4.2 – 1	Anordnung der Kalksandsteine auf dem A-Bock	73
Abb. 6.4.3 – 1	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen	74
Abb. 6.4.3 – 2	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen	74
Abb. 6.4.3 – 3	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Putzfräsen.....	75
Abb. 6.4.3 – 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Putzfräsen	78
Abb. 6.4.3 – 5	Abhängigkeit der E-Staubkonzentration von der erfassten Masse für handelsübliche Putzfräsen	79
Abb. 6.4.4 – 1	H-Entstauber-Untersuchungen für handelsübliche Putzfräsen.....	80
Abb. 6.5.1 – 1	Versuchsaufbau für Schwing- und Exzentrerschleifer	82
Abb. 6.5.2 – 1	Anordnung der Trockenbauplatten auf dem A-Bock.....	83
Abb. 6.5.3 – 1	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer.....	84
Abb. 6.5.3 – 2	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer.....	84
Abb. 6.5.3 – 3	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Exzentrerschleifer	85
Abb. 6.5.3 – 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Exzentrerschleifer.....	88
Abb. 6.5.3 – 5	H-Entstauber-Untersuchungen für handelsübliche Exzentrerschleifer	88
Abb. 6.5.3 – 6	E-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer	89
Abb. 6.5.3 – 7	A-Staub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer	90
Abb. 6.5.3 – 8	Quarzstaub-Einzelmesswerte für handelsübliche Schwingschleifer.....	90
Abb. 6.5.3 – 9	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für handelsübliche Schwingschleifer	94
Abb. 6.5.4 – 1	Schwingschleifer SS01 in herkömmlicher Konfiguration sowie nur mit Spezial-Filterbeutel	95
Abb. 6.6.2 – 1	E-Staub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen	99
Abb. 6.6.2 – 2	A-Staub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen.....	99
Abb. 6.6.2 – 3	Quarzstaub Einzelmesswerte für sonstige Maschinen	100
Abb. 6.6.2 – 4	Übersicht über die E-Staub, A-Staub und Quarzstaub Mittelwerte für sonstige Maschinen.....	100
Abb. 7.2 – 1	Arbeitsplatzmessung	104
Abb. 7.2 – 2	Mauernutfräsen bei den Praxismessungen.....	104
Abb. 7.3 – 1	Zusammenhang zwischen Erfassungsgrad und Abscheidegrad	106
Abb. 7.3 – 2	Wirksamkeit von Mobilentstauber	107
Abb. 7.3.1 – 1	Beispiele angefederter Erfassungshauben	108
Abb. 7.3.1 – 2	Beispiele einfacher starrer Erfassungshauben	109
Abb. 7.3.3 – 1	Zeitlicher Verlauf der Staubkonzentration eines gut abgestimmten Systems.....	111
Abb. 7.3.3 – 2	Bearbeitungssystem mit ungeeignetem Erfassungselement.....	112
Abb. 7.3.3 – 3	Bearbeitungssystem mit nicht geeignetem Mobilentstauber.....	113
Abb. 7.4 – 1	Alle E-Staub-Messwerte.....	114
Abb. 7.4 – 2	Alle A-Staub-Messwerte.....	114
Abb. 7.4 – 3	Alle Quarzstaub-Messwerte	115
Abb. 7.4 – 4	Alle Stäube; alle Maschinenkategorien	116
Abb. 7.4 – 5	Berechnung der Standardabweichung.....	131
Abb. 7.4 – 6	E-Staub – Standardabweichungen	131
Abb. 7.4 – 7	Verteilungen der Standardabweichungen.....	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.4 - 1	Kennzahlen der Probenahme- und Analysenverfahren des BGIA aus der BGIA-Arbeitsmappe [3]	22
Tabelle 5.4 - 2	Relative Nachweisgrenzen in mg/m ³ bei den Untersuchungen	28
Tabelle 6.1 - 1	Übersicht der Schnittiefenkategorien	33
Tabelle 6.1.3 - 1	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Mauernutfräsen	37
Tabelle 6.1.3 - 2	Untersuchte Mauernutfräsen	37
Tabelle 6.1.3 - 3	Bewertung der handelsüblichen Bearbeitungssysteme: Mauernutfräsen	44
Tabelle 6.1.4 - 1	Zusätzliche Untersuchungen - Mauernutfräsen	47
Tabelle 6.2.3 - 1	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Betonschleifern	54
Tabelle 6.2.3 - 2	Untersuchte Betonschleifer	55
Tabelle 6.2.3 - 3	Bewertung handelsüblicher Systeme: Betonschleifer	56
Tabelle 6.2.4 - 4	Untersuchte Betonschleifer, nicht marktübliche Systeme	57
Tabelle 6.3.3 - 1	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Trennschleifern	64
Tabelle 6.3.3 - 2	Untersuchte Diamanttrennschleifer	64
Tabelle 6.3.3 - 3	Bewertung handelsüblicher Systeme: Diamanttrennschleifer	66
Tabelle 6.3.4 - 1	Untersuchte Trennschleifer, nicht marktüblich	69
Tabelle 6.4.3 - 1	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Putzfräsen	75
Tabelle 6.4.3 - 2	Untersuchte Putzfräsen	76
Tabelle 6.4.3 - 3	Bewertung handelsüblicher Systeme: Putzfräsen	77
Tabelle 6.4.4 - 1	Untersuchte Putzfräsen mit verschiedenen Mobilentstaubern	80
Tabelle 6.5.3 - 1	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Exzentrerschleifern	86
Tabelle 6.5.3 - 4	Anzahl der Messwerte für die verschiedenen Staubarten und Probenahmen bei Schwingschleifern	91
Tabelle 6.5.3 - 5	Untersuchte Schwingschleifer	92
Tabelle 6.5.4 - 1	Zusätzliche Untersuchungen bei Schwing- und Exzentrerschleifern	95
Tabelle 6.6.2 -1	Bewertung handelsüblicher Systeme: Sonstige Geräte	98
Tabelle 7.2 - 1	Messwerte beim Einsatz abgestimmter Mauernutfräsen/Mobilentstauber auf Baustelle A (2005)	105
Tabelle 7.2 - 2	Messwerte auf Baustelle B (2005)	105