

BGIA-Report 8/2006  
Quarzexpositionen am Arbeitsplatz

---



**HVBG**

Hauptverband der  
gewerblichen  
Berufsgenossenschaften

Dieser Report ersetzt den BIA-Report 7/97.

Verfasser: Ute Bagschik, Maschinenbau- und Metall-BG;  
Margret Böckler, BG der Feinmechanik und Elektrotechnik;  
Walter Chromy, BG BAU;  
Dirk Dahmann, Bergbau-BG/IGF;  
Dirk Fendler, BG der Feinmechanik und Elektrotechnik;  
Stefan Gabriel, Berufsgenossenschaftliches Institut  
für Arbeitsschutz – BGIA;  
Heiner Gese, Norddeutsche Metall-BG;  
Karlheinz Guldner, BG der keramischen und Glas-Industrie;  
Kurt Kolmsee, Steinbruchs-BG;  
Peter Kredel, BG der chemischen Industrie;  
Josef Kraus, BG BAU;  
Markus Mattenklott, BGIA;  
Joachim Münch, Norddeutsche Metall-BG;  
Günter Sonnenschein, Maschinenbau- und Metall-BG;  
Othmar Steinig, BG der keramischen und Glas-Industrie;  
Adolf Tigler, BG Metall Süd;  
Rainer Van Gelder, BGIA

Redaktion: Zentralbereich des Berufsgenossenschaftlichen  
Instituts für Arbeitsschutz – BGIA

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen  
Berufsgenossenschaften (HVBG)  
Alte Heerstraße 111, D – 53754 Sankt Augustin  
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01  
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 13 33  
Internet: [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de)  
– Dezember 2006 –

Satz und Layout: HVBG, Kommunikation

Druck: DCM – Druck Center Meckenheim

ISBN: 3-88383-716-4  
ISSN: 0173-0387

# Kurzfassung

## Quarzexpositionen am Arbeitsplatz

Mit diesem BGIA-Report wird eine Synopse zur Exposition gegenüber alveolengängigem Quarzstaub in Arbeitsbereichen vorgelegt. Der Report soll als Nachschlagewerk dienen für Stoffdaten, Vorkommen und Verwendung, Vorschriften- und Regelwerk, Gesundheitsgefahren und Expositionsdaten. Als Schwerpunkt enthält die statistische Auswertung ca. 100 000 Messergebnisse der Berufsgenossenschaften aus der Expositionsdatenbank MEGA (Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz) des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BGIA, beginnend mit dem Jahr 1972, in dem das Probenahmegerät

VC 25F als Standardmessgerät für Staubbmessungen eingeführt wurde. Die Messergebnisse werden nach Branchen und innerhalb dieser nach Arbeitsbereichen getrennt dargestellt. Sofern eine ausreichende Zahl von Messergebnissen vorliegt, werden die Ergebnisse bis einschließlich 2004 auch in verschiedene Zeiträume eingeteilt. Die Daten werden durch Erläuterungen zu exponierten Tätigkeiten, Arbeitsverfahren, Zeittrends der Exposition, zur Umsetzung von Schutzmaßnahmen und zum Stand der Technik ergänzt. Sie bieten ein Arbeitsbereichskataster für die Prävention und eine retrospektive Expositionsübersicht.

# Abstract

## Exposure to quartz at the workplace

The aim of this report from the BG Institute for Occupational Safety and Health (BGIA) is to present summarised information on respirable quartz dust at the workplace. The document is designed as a reference work covering material data, occurrence and applications, rules and regulations, health risks, relevant protective measures and exposure data. The statistical evaluation concentrates on 100 000 measurements recorded by the German Berufsgenossenschaften (Institutions for Statutory Accident Insurance and Prevention) and stored in the BGIA's MEGA database (Measuring Data on Exposure to Hazardous Substances at the Workplace). Information is covered

from 1972 onwards, when the VC 25F system was introduced as the standard measuring equipment for dust. For the purposes of this report, the readings have been broken down into sectors and further into areas of work. When there are sufficient data available, they are also presented in separate time periods up to 2004. They are supplemented by explanatory notes on activities subject to quartz exposure, work processes, exposure trends, how to implement protective measures and on the latest state of technology. Hence they provide a register for prevention in each area of work, as well as a retrospective overview of exposure to dust.

# Résumé

## Les expositions au quartz sur les lieux de travail

Ce rapport de l'institut pour la sécurité du travail des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels – BGIA présente une vue d'ensemble sur l'exposition aux poussières alvéolaires de quartz sur les lieux de travail. Ce rapport doit servir d'ouvrage de références concernant les données de substances, leur apparition et utilisation, les directives et règles, risques pour la santé et données sur l'exposition. Cette valuation statistique met l'accent sur env. 100 000 résultats expérimentaux des organismes d'assurance et de prévention des risques professionnels provenant de la banque de données sur l'exposition MEGA (données de mesure sur l'exposition aux substances dangereuses sur le lieu de travail) de l'institut des organismes d'assurance pour la protection au travail. Ces mesures

commencent en 1972 quand l'appareil de prélèvement VC 25F a été introduit comme appareil standard de mesures pour les mesurages de poussières. Les résultats expérimentaux sont présentés par branches et pour chaque branche séparés par secteurs professionnels. Dès qu'il y a un nombre suffisant de résultats expérimentaux, ces résultats sont répartis par périodes jusqu'à 2004 inclus. Ces données sont complétées par des explications concernant les activités exposées, les modes opératoires, les tendances de l'exposition, concernant la réalisation des mesures de protection et l'état de la technique. Elles représentent un cadastre des secteurs professionnels pour la prévention et une vue d'ensemble rétrospective sur les expositions.

## Exposiciones al cuarzo en el puesto de trabajo

Con este informe del BGIA (Instituto para la Seguridad del trabajo de organismo de seguros y prevención de riesgos profesionales) se presenta un sinóptico sobre la exposición al polvo de silíceo que penetra en los alvéolos pulmonares en las zonas de trabajo. El informe se entiende como obra de consulta para datos sobre sustancias, existencia y empleo, reglamentaciones y normativas, riesgos para la salud y datos de exposición. Como punto central, la evaluación estadística contiene aprox. 100.000 resultados de medición de los organismos de seguros y prevención de riesgos profesionales a partir del banco de datos de exposición MEGA (datos medidos relativos a la exposición a sustancias peligrosas en el puesto de trabajo) del Instituto para la Protección Laboral de los organismos de seguros y prevención

de riesgos profesionales (BGIA), comenzando por el año 1972, en que se introdujo el aparato de toma de muestras VC 25F como equipo medidor estándar para las mediciones de polvo. Los resultados de las mediciones se presentan separados según los ramos de actividad y dentro de éstos, según las zonas de trabajo. Siempre cuando se dispone de un número suficiente de resultados de medición, se dividen los resultados hasta 2004, inclusive, también en diversos períodos. Los datos se completan con explicaciones sobre las actividades expuestas, los procedimientos de trabajo, tendencias de la exposición en función del tiempo, la implantación de medidas de protección y el estado actual de la tecnología. Ofrecen un catastro de zonas de trabajo para la prevención y una vista retrospectiva de la exposición.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> ..... 13
<b>2</b>	<b>Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)</b> ..... 15
2.1	Identifikation ..... 15
2.2	Physikalische Eigenschaften ..... 16
2.3	Gesundheitsgefahren ..... 24
2.4	Berufskrankheiten ..... 27
<b>3</b>	<b>Grenzwerte und Vorschriften</b> ..... 31
3.1	Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juli 2005) ..... 31
3.1.1	Quarz, Cristobalit, Tridymit ..... 31
3.1.2	Amorphe Kieselsäure ..... 40
3.2	Deutsche Demokratische Republik ..... 42
3.3	Ausgewählte internationale Grenzwerte ..... 52
<b>4</b>	<b>Messverfahren</b> ..... 55
4.1	Probenahmeverfahren ..... 55
4.1.1	A-Staub, Definition und Probenahmesysteme ..... 55
4.1.2	Personengetragene und ortsfeste Messungen ..... 57
4.2	Analysenverfahren ..... 58
4.2.1	Röntgendiffraktometrie ..... 58
4.2.2	Infrarotspektroskopie ..... 59

	Seite
4.2.3	Phasenkontrastmikroskopie..... 59
4.2.4	Phosphorsäureverfahren ..... 60
4.2.5	Auftreten amorpher Kieselsäuren ..... 60
4.2.6	Nachweisgrenzen und Einfluss der Staubkonzentration..... 61
<b>5</b>	<b>Vorkommen</b> ..... 65
5.1	Natürliches Vorkommen ..... 65
5.1.1	Quarz ..... 65
5.1.2	Cristobalit ..... 67
5.1.3	Tridymit..... 67
5.2	Synthetisch hergestellte kristalline SiO <sub>2</sub> -Modifikationen ..... 67
5.2.1	Quarz ..... 67
5.2.2	Cristobalit ..... 68
5.2.3	Tridymit..... 68
<b>6</b>	<b>Verwendung und Auftreten</b> ..... 69
6.1	Quarz ..... 69
6.1.1	Gewinnung von quarzhaltigen Kiesen und Sanden..... 69
6.1.2	Gießereiindustrie (Gießereisande)..... 69
6.1.3	Chemische Industrie ..... 69
6.1.4	Keramische Industrie..... 70
6.1.5	Glasindustrie (Glasschmelzsande) ..... 71
6.1.6	Filtersand, -kies..... 71



6.1.7	Elektrotechnik (Schwingquarz).....	72
6.1.8	Füllsand für elektrische Sicherungen .....	72
6.1.9	Elektroinstallation.....	72
6.1.10	Feinmechanik – Zahntechnik .....	72
6.1.11	Baustoffindustrie, Bauwirtschaft .....	72
6.1.12	Schmucksteinverarbeitung .....	73
6.1.13	Schleif-, Polier-, Abrasivmittel .....	73
6.1.14	Strahlmittel .....	74
6.1.15	Weitere Anwendungen .....	74
6.1.16	Weiteres Auftreten und unbeabsichtigte Verwendung .....	74
6.2	Cristobalit.....	75
6.2.1	Cristobalit aus Fasern.....	76
6.3	Tridymit.....	76
<b>7</b>	<b>Expositionsdaten</b> .....	<b>77</b>
7.1	Datenbestand und Grundlagen der Auswertung .....	77
7.2	Statistik und Darstellung der Exposition .....	77
7.3	Expositionsdaten .....	79
7.3.1	Gewinnung von Quarzsand .....	79
7.3.2	Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden .....	82
7.3.2.1	Naturwerksteinindustrie – Herstellung, Bearbeitung und Verarbeitung von Naturwerkstein, Steinmetzerei .....	82
7.3.2.2	Natursteinindustrie – Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein.....	93
7.3.2.3	Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand.....	101

	Seite
7.3.2.4 Gewinnung und Aufbereitung von Kalkstein und Dolomit .....	107
7.3.2.5 Herstellung von Zement und Kalk .....	107
7.3.2.6 Baustoffrecycling- und Sortieranlagen .....	111
7.3.2.7 Betonindustrie (stationärer Betrieb) .....	114
7.3.2.8 Asphaltmischanlagen .....	124
7.3.2.9 Herstellung von Trockenbaustoffen (Trockenmörtel, Edelputz) .....	125
7.3.2.10 Mineralmahlwerke (Farberden) .....	130
7.3.3 Keramische und Glasindustrie .....	130
7.3.3.1 Ton, Kaolin, Gewinnung .....	130
7.3.3.2 Ziegeleierzeugnisse, Herstellung .....	130
7.3.3.3 Großsteinzeug und Spaltplatten, Herstellung .....	131
7.3.3.4 Feuerfeste Waren, Herstellung .....	140
7.3.3.5 Schleifkörper, Herstellung .....	147
7.3.3.6 Porzellan und feinkeramische Massen, Herstellung .....	150
7.3.3.7 Gebrauchssteingut und Feinsteinzeug, Herstellung, sowie Ton- und Töpferwaren, Herstellung .....	158
7.3.3.8 Wand- und Boden-Fliesen, Ofenkacheln und Baukeramik, Herstellung .....	166
7.3.3.9 Sanitär-, technische und chemisch-technische Elektrokeramik, Herstellung .....	173
7.3.3.10 Hohlglas, Herstellung und Verarbeitung .....	180
7.3.3.11 Kalksandsteine, Herstellung .....	184
7.3.4 Gießereien .....	186
7.3.5 Metallerzeugung .....	202
7.3.6 Metallbearbeitung, Maschinen- und Fahrzeugbau .....	205
7.3.7 Elektrotechnik .....	205
7.3.8 Feinmechanik .....	210
7.3.8.1 Dentallabors .....	211
7.3.8.2 Musikinstrumenten-, Blech- und Metallwarenherstellung .....	211
7.3.8.3 Schmuckwaren, Herstellung und Verarbeitung .....	212

7.3.9	Chemische Industrie.....	212
7.3.9.1	Beschichtungs- und Klebstoffe, Fugen- und Spachtelmassen, Herstellung.....	214
7.3.9.2	Dachpappen- und Bitumenbahnen, Herstellung.....	218
7.3.9.3	Gießereihilfsmittel, Herstellung.....	219
7.3.9.4	Gummiwaren, Herstellung und Verarbeitung.....	219
7.3.9.5	Kunststoffe, Herstellung und Verarbeitung.....	222
7.3.9.6	Pharmazeutische und kosmetische Produkte, Herstellung.....	224
7.3.9.7	Reinigungs- und Pflegemittel, Herstellung.....	224
7.3.9.8	Schleif- und Poliermittel, Herstellung.....	225
7.3.9.9	Siliciumverbindungen, elektrothermische Herstellung.....	227
7.3.10	Bauwirtschaft.....	227
7.3.10.1	Mauerwerks- und Klinkerbau.....	228
7.3.10.2	Trockenbau.....	229
7.3.10.3	Putzarbeiten.....	231
7.3.10.4	Abbrucharbeiten.....	231
7.3.10.5	Erd-, Planier-, Verdichtungs- und Pflasterarbeiten.....	233
7.3.10.6	Kachelofen-, Schornstein-, Feuerungs- und Industrieofenbau.....	234
7.3.10.7	Dachdeckerarbeiten, Dacheindeckung.....	236
7.3.10.8	Betonbau (instationär).....	236
7.3.10.9	Baustellenreinigung.....	236
7.3.10.10	Strahlarbeiten.....	237
7.3.10.11	Straßenbau.....	240
7.3.10.12	Weitere Tätigkeiten in der Bauwirtschaft.....	241
7.3.11	Tunnel-, Stollenbau, Durchpressungen.....	241
7.3.12	Spezialtiefbau.....	243
<b>8</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>245</b>



# 1 Einleitung

Quarz wird in einer Fülle von Arbeitsverfahren als Arbeitsstoff eingesetzt bzw. als Quarzstaub freigesetzt: Haupteinsatzgebiete von Quarz sind seine Nutzung als Füllstoff in der Gummi-, Kunststoff- und Farbindustrie, in der Glasindustrie als Glasschmelzsand, in der Gießereiindustrie als Gießereisand und als Bestandteil von verschiedenen Rohstoffen und Produkten in der Bauindustrie. Ferner wird Quarz in der chemischen und keramischen Industrie als Rohstoff sowie als Filtersand in der Abwasserreinigung und in der chemischen Industrie verwendet. In der Elektrotechnik wird Quarz als Schwingquarz eingesetzt, in der Schmucksteinverarbeitung werden verschiedene Varietäten des Quarzes als Schmuck- und Halbedelsteine bearbeitet. Darüber hinaus findet Quarz vereinzelt auch als Schleif-, Polier- und Abrasivmittel Verwendung.

Die Belastung mit alveolengängigem Quarzstaub an Arbeitsplätzen spielt trotz des technischen Wandels und trotz erheblicher Anstrengungen zur Minderung der Staubbelastung auch heute noch eine bedeutende Rolle. Seit den 50er-Jahren des 20. Jahrhunderts wurden von den Berufsgenossenschaften umfangreiche Messserien zur Quarzbelastung in verschiedenen Branchen durchgeführt. Die Zahl der Quarzstaubmessungen im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe – BGMG mit aktuell ca. 2 500 Messungen pro Jahr in

600 verschiedenen Arbeitsbereichen dokumentiert dies zudem. Quarzstaub ist damit unter den Einzelstoffen immer noch derjenige mit den meisten Messungen. Die heute anerkannten Analysenverfahren zur Quarzbestimmung sind seit Anfang der 1970er-Jahre etabliert.

Vor diesem Hintergrund besteht Bedarf an einer synoptischen Darstellung über Quarz als Grundlage zur Lenkung präventiver Maßnahmen und der Expositionsüberwachung, zur Ermittlung zurückliegender Quarzstaubbelastungen bei Berufskrankheiten-Verdachtsanzeigen, aber auch als Beitrag für die Diskussion von Fachgremien im Rahmen der Weiterentwicklung des technischen Regelwerkes zu Gefahrstoffen.

Die Zahl der als Berufskrankheit anerkannten, durch Quarzstaubeinwirkung verursachten Silikosen hat aufgrund der Präventionserfolge in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich abgenommen. Quarz ist inzwischen von der International Agency for Research on Cancer (IARC) und auch von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) – die sogenannte MAK<sup>1)</sup>-Kommission – als krebs-

---

<sup>1)</sup> MAK: Maximale Arbeitsplatz-Konzentration

# 1 Einleitung

erzeugender Stoff eingestuft. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hat Quarz (und Cristobalit) im Jahr 2002 als krebserzeugend beim Menschen bewertet. Seit 2002 können Lungenkrebsfälle als Berufskrankheit Nr. 4112 der Berufskrankheiten-Verordnung anerkannt werden, wenn eine Silikose/Silikotuberkulose vorliegt.

Mit Erscheinen der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten und Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ im Juli 2005 sind Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Quarz- oder Cristobalitstäuben ausgesetzt sind, als krebserzeugend geführt.

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

### 2.1 Identifikation

Bei den im allgemeinen Sprachgebrauch und auch in den Regelwerken vereinfachend als Quarz, Cristobalit und Tridymit bezeichneten  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen handelt es sich um die

jeweiligen Tieftemperaturmodifikationen Tiefquarz, Tiefcristobalit und Tieftridymit (vergleiche auch Abschnitt 2.2), auf die sich die in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Angaben beziehen. Diese Modifikationen sind in Arbeitsbereichen anzutreffen.

Tabelle 1:  
Kenndaten von Quarz, Cristobalit und Tridymit; Daten aus [1]

Gebrauchsname	Quarz	Cristobalit	Tridymit
EWG-/EINECS-Nummer <sup>1</sup>	238-878-4	238-455-4	239-487-1
CAS-Bezeichnung <sup>2</sup>	Quarz	Cristobalit	Tridymit
CAS-Nummer <sup>2</sup>	14808-60-7	14464-46-1	15468-32-3
BGIA-Code <sup>3</sup>	1262	12621	12622
ZVG-Nummer <sup>4</sup>	4410	570103	570262
Summenformel	$\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2$	$\text{SiO}_2$

<sup>1</sup> Registriernummer des „European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances“

<sup>2</sup> Registriernummer des „Chemical Abstract Services“

<sup>3</sup> Gefahrstoffschlüssel des BGIA

<sup>4</sup> Identifikationsnummer der Gefahrstoffdatenbank GESTIS

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

### 2.2 Physikalische Eigenschaften

Die allgemein verwendete Bezeichnung „kristalline Kieselsäure“ als Oberbegriff für die verschiedenen kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen ist irreführend. Das Oxid  $\text{SiO}_2$  wird erst gelöst in wässriger Lösung zur Orthokieselsäure ( $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{SiO}_4$ ; z.B. [2]). Im Folgenden wird deshalb in

Bezug auf kristalline  $\text{SiO}_2$ -Phasen konsequent der Begriff „ $\text{SiO}_2$ -Modifikationen“ verwendet.

Unter Normalbedingungen existieren fünf stabile  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen: Tiefquarz, -tridymit, -cristobalit, Coesit und Stishovit. Die Stabilitätsbereiche dieser Phasen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1:  
Phasendiagramm von  $\text{SiO}_2$  [4]; durchgezogene Kurven: experimentell bestimmte Phasengrenzen; gestrichelte Kurven: extrapolierte Phasengrenzen; strichpunktierte Kurven: berechnete Phasengrenzen

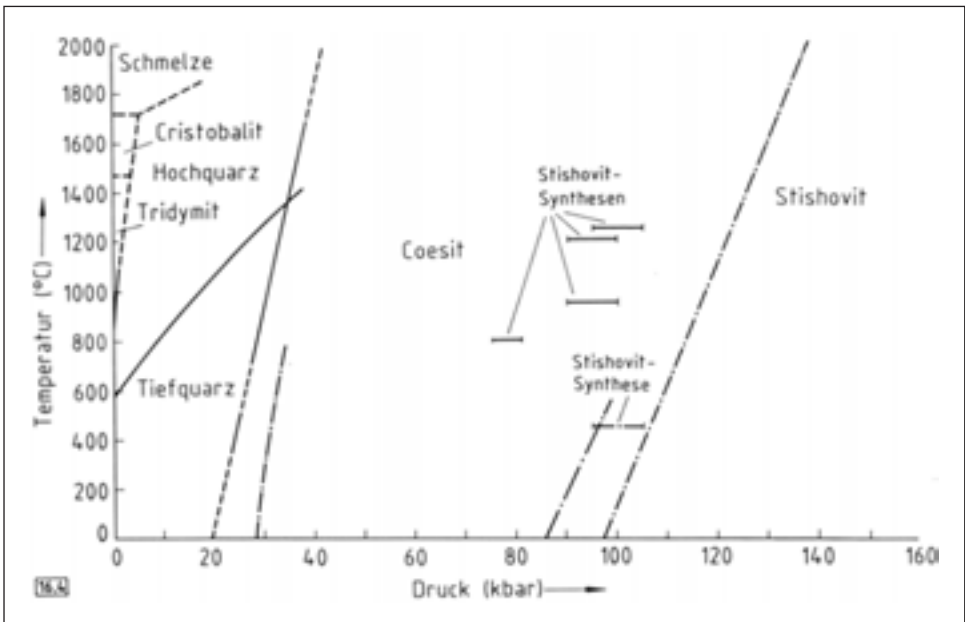




Tabelle 2:

Physikalische Eigenschaften von Tiefquarz, -cristobalit und -tridymit; Daten aus [1] und [3]

Gebrauchsname	Quarz	Cristobalit	Tridymit
Phasenbezeichnung	Tiefquarz	Tiefcristobalit	Tieftridymit
Schmelztemperatur in °C	1 610	1 713	-
Dichte (bei 20 °C) in g/m <sup>3</sup>	2,65	2,33	2,27
Kristallstruktur	trigonal	tetragonal	monoklin
Brechungsindizes	$n_o = 1,553$ $n_E = 1,544$	$n_o = 1,484$ $n_E = 1,487$	$n_x = 1,470$ $n_y = 1,474$
Molmasse in g/mol	60	60	60

In technischen Datenblättern oder auch Sicherheitsdatenblättern wird häufig der Bestandteil SiO<sub>2</sub> genannt. Hierbei ist zu unterscheiden, ob es sich um die kristalline Phase SiO<sub>2</sub> (also Quarz, Cristobalit oder Tridymit) oder um die als Oxid ausgewiesene Komponente Siliciumdioxid einer chemischen Elementanalyse handelt (es wird Silicium bestimmt und als SiO<sub>2</sub> dargestellt). Im zweiten Fall gibt der Wert für SiO<sub>2</sub> nicht den Quarzanteil wieder (siehe Abbildung 2 und Tabelle 3, Seite 18 f.). Die im englischsprachigen Raum verwendete Bezeichnung „silica“ bezieht sich in der Regel nicht auf das Ergebnis einer chemischen Analyse, sondern

auf den Stoffbestand, zumeist Quarz. Allerdings ist erst durch weitere Zusätze eindeutig zu erkennen, ob es sich um den Anteil von Quarz, Cristobalit oder Tridymit (crystalline silica) oder den Anteil amorpher Kieselsäure (amorphous silica) handelt.

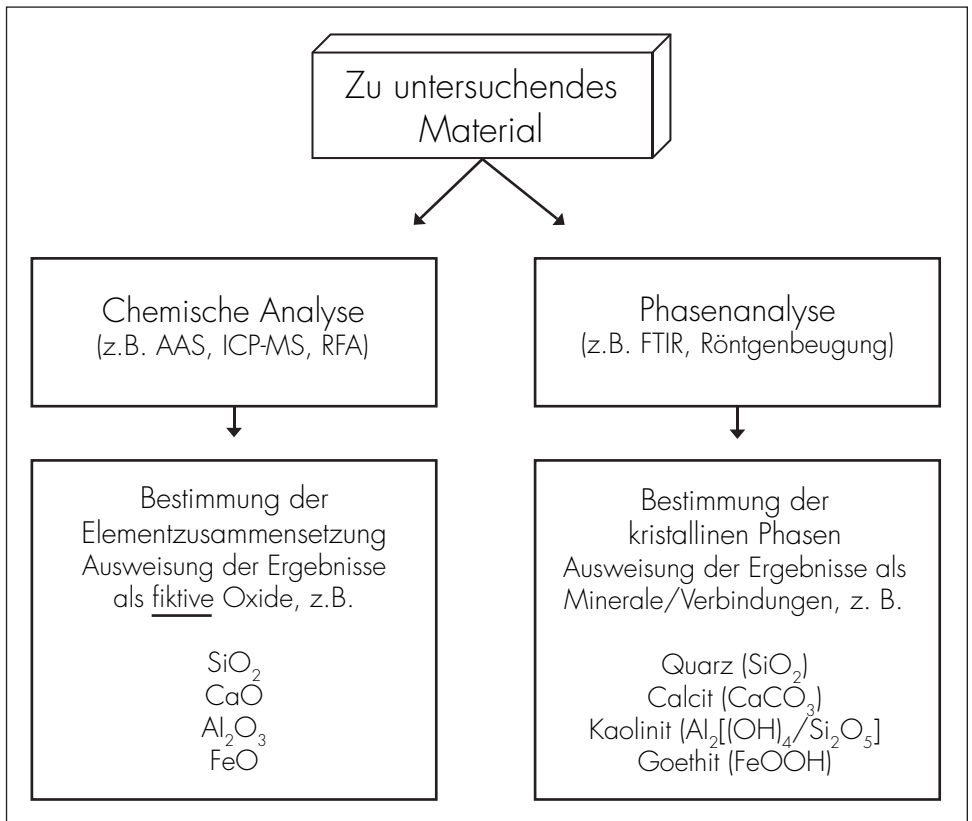
Tiefquarz wandelt sich, in Abhängigkeit vom Druck, bei Temperaturen von  $\geq 573$  °C reversibel in Hochquarz um (Abbildung 3, Seite 20). Dabei handelt es sich um eine displazive Umwandlung, das heißt, es kommt lediglich zu einer Verschiebung der Atomlagen im Kristallgitter und damit auch zu einer Veränderung der Si-O-Si-Bindungswinkel.

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

Tabelle 3:  
Beispiele für die Elementzusammensetzung und den Phasenbestand von unterschiedlichen Materialien  
(vereinfacht, nur relevante Hauptbestandteile, Angaben in Masse-%)

Material	Elementzusammensetzung ermittelt durch chemische Analyse	Phasenbestand (auch: Stoffbestand, Modalbestand) ermittelt durch Phasenanalyse
Basalt	<b>SiO<sub>2</sub></b> : 52,4 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 15,9 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 4,0 % FeO: 3,0 % MgO: 9,8 % CaO: 8,3 % Na <sub>2</sub> O: 2,6 %	<b>Quarz</b> : 0 % Plagioklas (Feldspat): 56 % Klinopyroxen: 26 % Olivin: 12 % Fe-Ti-Erze: 4 %
Granit	<b>SiO<sub>2</sub></b> : 72,0 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 14,8 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 1,1 % FeO: 0,7 % Na <sub>2</sub> O: 3,6 % K <sub>2</sub> O: 5,0 %	<b>Quarz</b> : 34 % Kalifeldspat: 33 % Plagioklas: 24 % Glimmer: 8 %
Wollastonit	<b>SiO<sub>2</sub></b> : 51,7 % CaO: 48,3 %	<b>Quarz</b> : 0 % Wollastonit: 100 %
Talkum	<b>SiO<sub>2</sub></b> : 60,5 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 1,4 % FeO: 0,5 % MgO: 31,2 %	<b>Quarz</b> : < 1 % Talk: 95 % Chlorit: 4 %

Abbildung 2:  
Schema der Analyse von Materialien



AAS: Atomabsorptionsspektroskopie

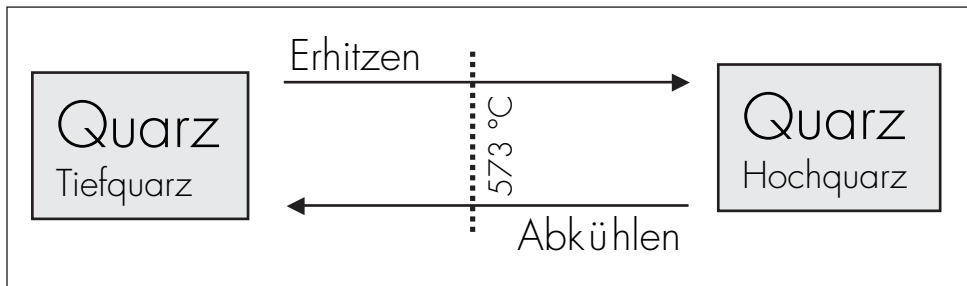
ICP-MS: Inductive coupled plasma mass spectrometry

RFA: Röntgenfluoreszenzanalyse (Röntgenfluoreszenzspektroskopie)

FTIR: Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

Abbildung 3:  
Reversible Umwandlung von Quarz (schematische Darstellung)



Diese wird bei Unterschreiten der Umwandlungstemperatur wieder rückgängig gemacht. Somit tritt in Stäuben aus Arbeitsbereichen grundsätzlich nur Tiefquarz auf. Dies ist vor allem dann zu beachten, wenn für Tiefquarz und Hochquarz die Bezeichnungen  $\alpha$ -Quarz und  $\beta$ -Quarz verwendet werden. Die Zuordnung dieser Synonyme wird international nicht einheitlich verwendet. Werden quarzhaltige Materialien auf nicht mehr als etwa 850 °C erhitzt, bleibt nach Abkühlung Quarz bestehen (z.B. beim Glühen von Proben im Rahmen der Aufbereitung für die Analyse).

Bei niedrigen Drücken entstehen bei weiterer Aufheizung aus Hochquarz bei 870 °C Hochtridymit und daraus bei 1 470 °C Hochcristobalit (z.B. [2]). Diese Umbildung vollzieht sich z.B. bei der Herstellung bzw. Verwendung von Silikasteinen für den Ofen-

bau. Bei Temperaturen von > 1 730 °C entsteht  $\text{SiO}_2$ -Schmelze (Abbildung 4). Die Umwandlungen von Hochquarz in -tridymit und -cristobalit finden unter starker Verzögerung statt.

Der bei hohen Temperaturen entstandene Hochtridymit bzw. -cristobalit wird bei Abkühlung auf unter 250 bzw. 270 °C displaziv in die entsprechende Tieftemperaturmodifikation umgewandelt (z.B. [3]).

Bei schneller Aufheizung kann Hochquarz daher ohne vorherige Phasenumwandlung in den Schmelzzustand überführt werden. Im umgekehrten Fall wird infolge schneller Abkühlung einer  $\text{SiO}_2$ -Schmelze amorphes Quarzglas entstehen (Abbildung 5). Die hohe Viskosität der Schmelze hat in diesem Fall eine Kristallisation verhindert.

Abbildung 4:  
Umwandlung von Quarz durch langsames Erhitzen (schematische Darstellung)

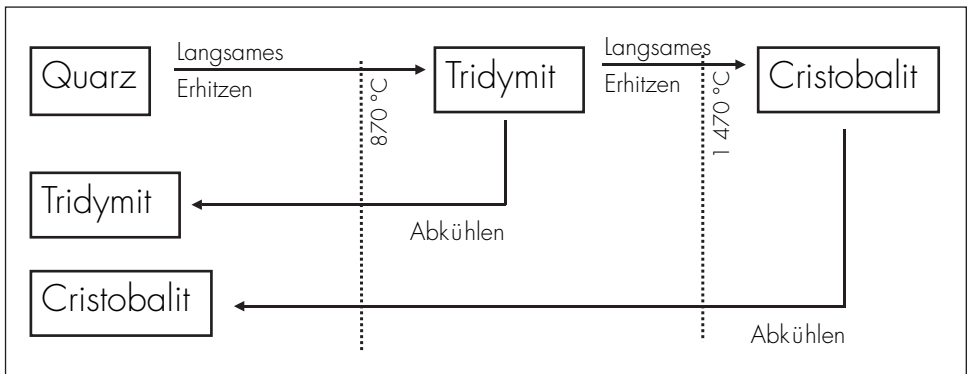
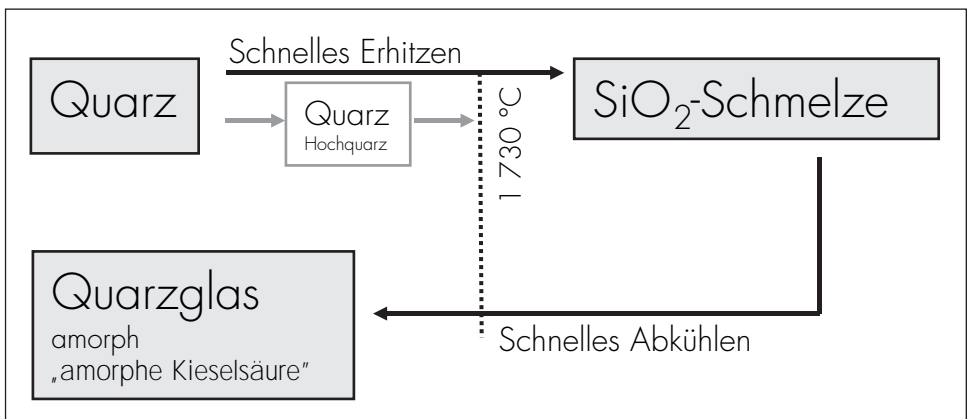


Abbildung 5:  
Umwandlung von Quarz durch schnelles Erhitzen/Schmelzen (schematische Darstellung)



## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

Bei der Herstellung von Silicium durch Reduktion des Oxids  $\text{SiO}_2$  entstehen Rauche, die zum Großteil aus amorpher Kieselsäure (Kieselrauch) bestehen (siehe auch Abschnitt 6.1).

Bei sehr hohen Drücken von  $> 2$  gPa entsteht aus Quarz die Hochdruckmodifikation Coesit, die bei Drücken von  $> 8$  gPa in Stishovit übergeht. Coesit und Stishovit entstehen in der Natur nur bei Meteoriteneinschlägen (Abbildung 1).

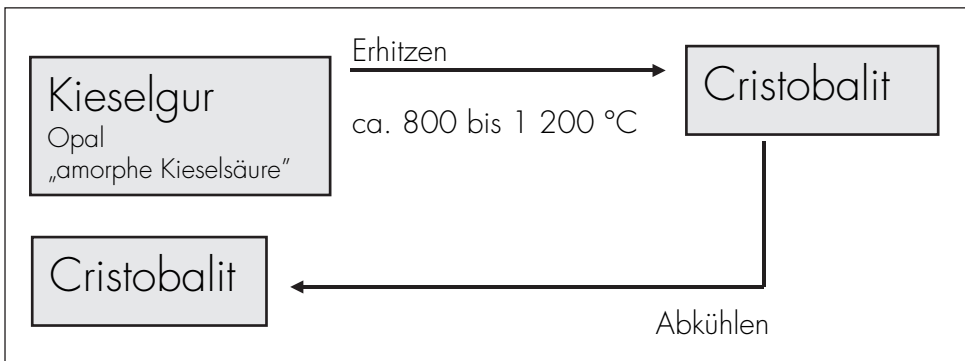
Als weitere kristalline  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen sind Keatit (bisher nur synthetisch hergestellt), Melanophlogit (bisher nur in sizilianischen Schwefellagerstätten beobachtet) und faseriges  $\text{SiO}_2$  (zersetzt sich an der Luft bei

Gegenwart von Wasser unter Normalbedingungen rasch zu Kieselgel) zu nennen.

Ein weiterer Prozess zur Bildung von kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen ist die Rekrystallisation aus amorphen Phasen. So wird z.B. die amorphe Kieselsäure der Kieselguren/Diatomeenerden (Kieselalgen skelette aus Opal) durch Erhitzen bzw. Kalzinieren bei Temperaturen zwischen  $600$  und ca.  $1\ 200$  °C größtenteils in Cristobalit umgewandelt (Abbildung 6).

Aus Keramikfasern und Hochtemperaturglasfasern (AES) kann sich ebenfalls Cristobalit bilden. Werden die amorphen Fasern, die aus einer silikatischen Schmelze hergestellt wurden, z.B. durch Verwendung

Abbildung 6:  
Umwandlung amorpher Kieselsäure durch Glühen/Kalzinieren (schematische Darstellung)



in einem Industrieofen dauerhaft auf hohe Temperaturen von ca. 1 000 bis 1 400 °C erhitzt, entstehen Cristobalitkristalle.

Bei der arbeitshygienischen Beurteilung von Feinstäuben in der Luft am Arbeitsplatz sind von den genannten nur die SiO<sub>2</sub>-Modifikationen Tiefquarz, -cristobalit und -tridymit von Interesse. Die anderen kristallinen Phasen haben praktisch keine Bedeutung.

Die Grundbausteine in der Nahordnung der kristallinen SiO<sub>2</sub>-Modifikationen sind SiO<sub>4</sub>-Tetraeder. Im Zentrum eines von O-Atomen aufgespannten Tetraeders befindet sich ein Si-Atom. Jedes der O-Atome verknüpft zwei Tetraeder miteinander (Sauerstoffbrücken). Jeweils vier halbe O-Atome sind demnach formal einem Si-Atom zuzuordnen. Daraus folgt die Bruttoformel der Verbindung: SiO<sub>2</sub>. Erfolgt die Verknüpfung der Tetraeder systematisch, entsprechend einer bestimmten Symmetrie, entsteht eine Fernordnung der Grundbausteine und damit auch eine Kristallstruktur. Ist eine Fernordnung nicht festzustellen, sind die SiO<sub>4</sub>-Tetraeder also wahllos miteinander verknüpft, liegt eine amorphe SiO<sub>2</sub>-Modifikation vor. Als Überbegriff aller amorphen SiO<sub>2</sub>-Modifikationen wird allgemein die Bezeichnung „amorphe Kieselsäure“ verwendet. Man unterscheidet zwischen wasserfreier und wasserhaltiger amorpher Kieselsäure. Einen Überblick

über die Vielfalt kristalliner und amorpher SiO<sub>2</sub>-Modifikation zeigt Abbildung 7 (siehe Seite 24).

Wichtig in diesem Zusammenhang ist auch die Abgrenzung der amorphen Kieselsäuren von anderen amorphen Stoffen. So enthalten z.B. Fenstergläser hohe Anteile von SiO<sub>2</sub>. Daneben weisen solche Stoffe aber auch weitere oxidische Bestandteile auf (z.B. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O). Der in solchen Materialien enthaltene Anteil von SiO<sub>2</sub> wird nicht als amorphe Kieselsäure bezeichnet. Dies ist vor allem im Vorfeld von Analysen an Luft- oder Materialproben zu beachten. Wesentlich für die Feststellung des Vorliegens von amorphen Kieselsäuren und deren Konzentration ist die Kenntnis des im Arbeitsbereich verwendeten bzw. entstehenden Materials (z.B. Informationen aus dem Sicherheitsdatenblatt).

## Zusammenfassung

- ❑ Die wesentlichen in Stäuben an Arbeitsplätzen vorkommende silikogenen Komponenten sind Quarz und Cristobalit. Tridymit tritt nur selten auf.
- ❑ Unabhängig von der Bezeichnung oder Benennung als z.B.  $\alpha$ -Quarz,  $\beta$ -Quarz liegt bei Arbeitsbedingungen immer Tiefquarz vor, wenn Quarz vorhanden ist.

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

- Silikogene Komponenten können auch unbeabsichtigt durch thermische Behandlung entstehen (z.B. beim Glühen amorpher Keramikfasern).

### 2.3 Gesundheitsgefahren

Durch Einatmung von Staub verursachte Veränderungen in der Lunge werden unter dem Begriff „Pneumokoniosen“ (Staublungen) zusammengefasst. Die Reaktion des menschlichen Organismus auf Stäube, die über Atemwege aufgenommen werden, ist u.a. abhängig von der Größe, Form und chemischen Zusammensetzung der Partikel.

Eingeatmete Teilchen, die nicht bereits in der Nasenhöhle abgelagert werden, können mit der Atemluft über den Kehlkopf zur Luftröhre und von dort in die sich aufzweigenden Bronchien und Bronchiolen gelangen. Dieses Röhrensystem ist innen bewimpert (Flimmerepithel) und mit einer Schleimhaut ausgekleidet. Die Wimpern fördern den Schleim und die darin befindlichen Fremdkörper kontinuierlich in Richtung Schlund, wo er in der Regel verschluckt wird. Dieser Reinigungsmechanismus sorgt dafür, dass die Partikel mit einem Durchmesser über 4 bis 5 µm (zugrunde gelegt ist die Dichte des Quarzes) die tiefer liegenden Lungenbläschen (Alveolen), in denen der Gasaustausch stattfindet, im Allgemeinen nicht erreichen.

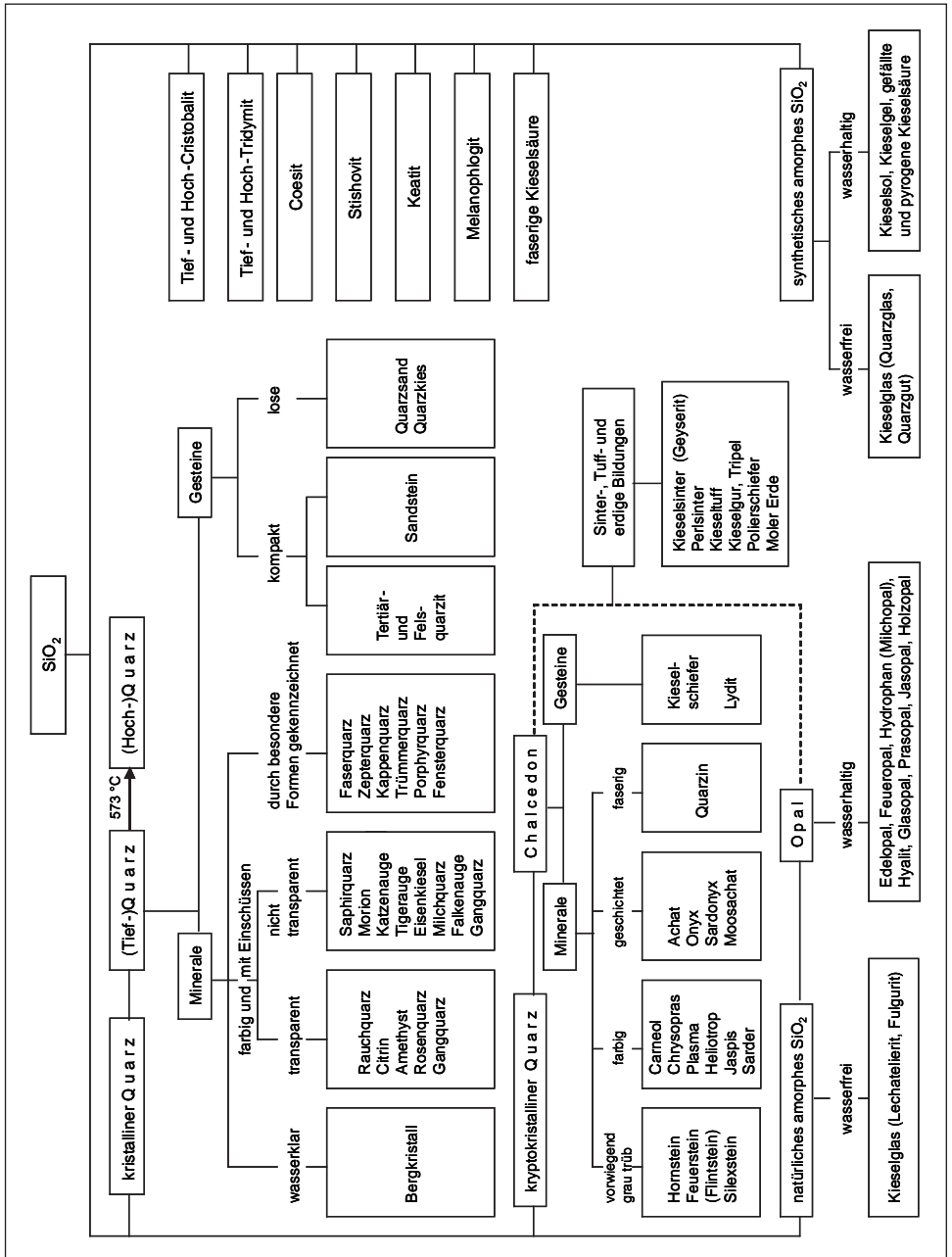
Die innere Oberfläche der Lungenbläschen ist von einem Sekret bedeckt, das die Oberflächenspannung herabsetzt und ein Zusammenfallen der Lungenbläschen verhindert. Partikeln, die bis zu den Lungenbläschen vorgedrungen sind, werden von diesem Sekret umhüllt und von spezialisierten Fresszellen (Makrophagen) aufgenommen, die sich aktiv zum Flimmerepithel bewegen und anschließend nach außen abtransportiert werden.

In die Lungenbläschen eingedrungener Quarzstaub erzeugt u.a. Fibrosen, d.h. einen narbigen Umbau der Lunge. Solche „fibrogenen“ Eigenschaften besitzen auch Tridymit, Cristobalit und Coesit, nicht jedoch Stishovit [6]. Wie es zu den fibrotischen Gewebsveränderungen in der Lunge kommt, ist noch nicht vollständig geklärt. Es gilt jedoch als wahrscheinlich, dass durch Quarzpartikeln hervorgerufene Störungen der mit Schleim überzogenen Oberfläche sowie Schädigungen von Zellen im Bereich der Lungenbläschen und bestimmte Reaktionen der Makrophagen dabei eine Rolle spielen.

Quarzpartikeln wirken toxisch auf Makrophagen und verkürzen deren Lebensdauer. Nach der Aufnahme von Quarzpartikeln schütten Makrophagen eine Reihe von Botenstoffen aus, die entzündliche Prozesse auslösen. Man beobachtet eine vermehrte



Abbildung 7:  
 Ausbildungsformen (Varietäten und Modifikationen) des SiO<sub>2</sub>; aus [3] nach [5]



## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

und abnormale Vernetzung von Collagenfasern, die eine zunehmende Versteifung der Lunge bewirken. Dabei bilden sich knotenförmige Ansammlungen von Makrophagen mit gespeicherten Staubpartikeln, die sich vergrößern und zu Schwielen zusammenwachsen. Ab einem bestimmten Stadium schreitet die Krankheit auch ohne erneute Staubaufnahme fort. Lungenveränderungen, die zu einer Einschränkung der Lungenfunktion führen, treten meist erst nach mehrjähriger Staubexposition auf.

Die spezifische Form der Pneumokoniose, die durch Inhalation von Quarzstaub verursacht wird, bezeichnet man als Steinlunge, Quarzstaublunge oder Silikose. Der Patient leidet unter Reizhusten und Auswurf, später zunehmend unter Atemnot und Brustschmerzen. Es kann sich eine chronische Bronchitis und in einigen Fällen eine Lungenüberblähung (Emphysem) entwickeln. Aufgrund der Druckerhöhung im Lungenkreislauf kommt es im fortgeschrittenen Stadium zu einer Überlastung des rechten Herzens, die zu einer chronischen Herzleistungsschwäche führen kann (Cor pulmonale).

Quarzstaubexponierte Personen erkranken etwa 100-mal häufiger an Tuberkulose als die übrige Bevölkerung. Lungentuberkulose in Verbindung mit einer Silikose wird als Silikotuberkulose bezeichnet.

Die durch Staubeinlagerung bedingte Fibrose ist nicht heilbar. Bestimmte Symptome und Komplikationen (z.B. Atembeschwerden, Tuberkulosen) können inzwischen recht wirkungsvoll bekämpft werden. Es gibt heutzutage kaum noch einen Unterschied in der Lebenserwartung zwischen Silikotikern und Nichtsilikotikern.

Bei der Entstehung von Silikoseerkrankungen durch Exposition am Arbeitsplatz ist nicht nur reiner Quarzstaub, sondern besonders auch quarzhaltiger Mischstaub von Bedeutung. Begleitsubstanzen können die Wirkung der freien kristallinen Kieselsäure hemmen oder fördern. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang die Anthrakovsilikose erwähnt, die bei Kohlebergarbeitern durch eine Mischung von Kohle und Quarzstaub hervorgerufen werden kann.

Die internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ist 1997 in einer zusammenfassenden wissenschaftlichen Bewertung zur Schlussfolgerung gelangt, dass für beruflich exponierte Personen ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko durch eingeatmeten alveolengängigen Quarz- und Cristobalitstaub nicht für alle beruflichen Bedingungen besteht. Das Lungenkrebsrisiko könnte von den Quarzeigenschaften selbst oder von anderen Faktoren, die seine biologische Wirkung beeinflussen, abhängen. Aufgrund hinreichender

Evidenzen in Tierversuchen und beim Menschen wurde kristallines Siliciumdioxid, eingeatmet in Form von Quarz oder Cristobalit aus arbeitsplatzbezogenen Quellen, als krebserzeugend für Menschen eingestuft (Gruppe 1) [7].

Die MAK-Kommission hat diese Einstufung 1999 allgemein übernommen und Siliciumdioxid, kristallin (Quarz, Cristobalit, Tridymitstaub, alveolengängiger Anteil) in die Kategorie 1 krebserzeugender Arbeitsstoffe eingeordnet und den MAK-Wert aufgehoben [8].

Der AGS sprach sich im Jahr 2002 dafür aus, kristallines Siliciumdioxid in Form von Quarz und Cristobalit (alveolengängiger Staubanteil) als krebserzeugend beim Menschen zu bewerten. Tridymit wurde wegen der unzureichenden Datenlage nicht eingestuft [9].

In ihren Begründungspapieren vertreten der AGS und die MAK-Kommission die Ansicht, der Wirkungsmechanismus von Quarz sei derzeit noch nicht ausreichend aufgeklärt, um darüber entscheiden zu können, ob eine Silikose eine notwendige Vorbedingung zur Entstehung von quarzstaubbedingtem Lungenkrebs sei. Ein gesundheitsbasierter Luftgrenzwert für alveolengängigen Quarzstaub konnte aus den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden.

## 2.4 Berufskrankheiten

Unter Nr. 41 der Liste der Berufskrankheiten (BK) gemäß Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) werden Erkrankungen durch anorganische Stäube aufgeführt. Quarzbedingte Lungenerkrankungen sind wie folgt unterteilt:

- ☐ Nr. 4101 Quarzstaublung (Silikose)
- ☐ Nr. 4102 Quarzstaublung in Verbindung mit aktiver Lungentuberkulose (Siliko-Tuberkulose)
- ☐ Nr. 4112 Lungenkrebs durch die Einwirkung von kristallinem Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) ein nachgewiesener Quarzstaublungenerkrankung (Silikose oder Siliko-Tuberkulose)

In der Anlage zur Berufskrankheiten-Verordnung der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) fand sich unter Punkt II „Krankheiten durch Stäube“ die BK-Nr. 40 „Quarz“. Auch nach 1991 können Berufskrankheiten nach dieser Liste entschädigt werden, sofern der Eintritt der Erkrankung vor dem 1. Januar 1992 liegt und die Anzeige auf Verdacht der Berufskrankheit bis Ende 1993 erfolgt ist.

Wie bereits im Abschnitt 2.3 erwähnt, kann sich eine Silikose auch nach Beendigung der berufsbedingten Quarzstaubexposition ver-

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

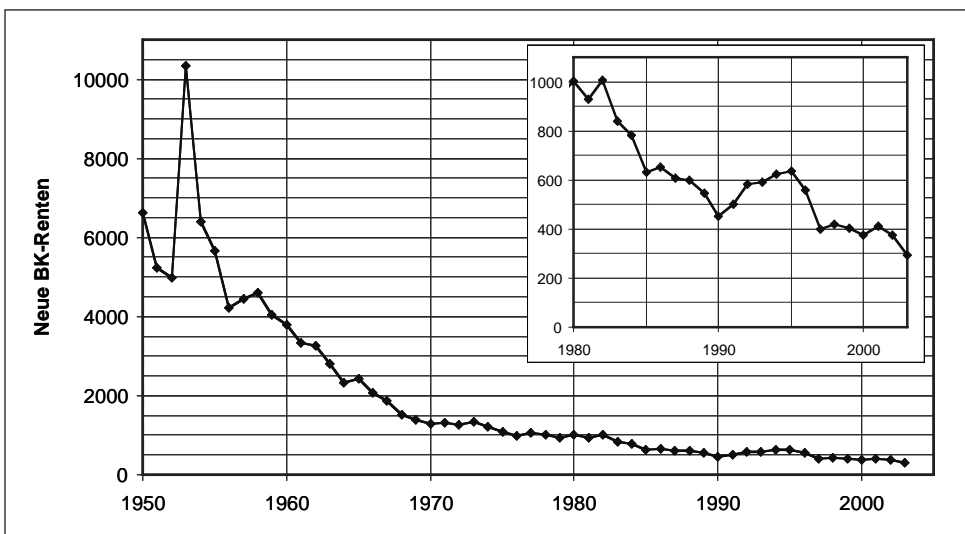
schlimmern. Bei nachgewiesener erheblicher Zunahme der Beschwerden muss die Höhe der Rente entsprechend angepasst werden [10]. Eine strenge Korrelation zwischen den auf der Röntgenaufnahme erkennbaren quarzbedingten Lungenschädigungen und dem klinischen Erscheinungsbild gibt es nicht. Auch bei unverändertem röntgenologischem Befund können sich die gesundheitlichen Beschwerden verstärken.

Neben einer Minderung der Lebensqualität für die Betroffenen richten Silikosen noch

immer erheblichen volkswirtschaftlichen Schaden an und tragen wesentlich dazu bei, dass Erkrankungen der Atemwege neben Hauterkrankungen und Lärmschwerhörigkeit zahlenmäßig an der Spitze der anerkannten Berufskrankheiten stehen. Insgesamt weisen die Erkrankungszahlen hierzulande jedoch einen erfreulichen Rückgang auf (siehe Abbildung 8), was als Erfolg der verbesserten Maßnahmen im technischen und medizinischen Arbeitsschutz zu werten ist. Im Jahr 1970 wurden 1 295 neue Berufskrankheitenrenten nach der Nr. 4101 der Anlage 1

Abbildung 8:

Neue BK-Renten bei Vorliegen einer Silikose (BK-Nr. 4101) [11], die Zahlen stammen im Wesentlichen aus den Bereichen Bergbau, Steine und Erden, Metall und Bauindustrie (siehe auch Abbildung 9)



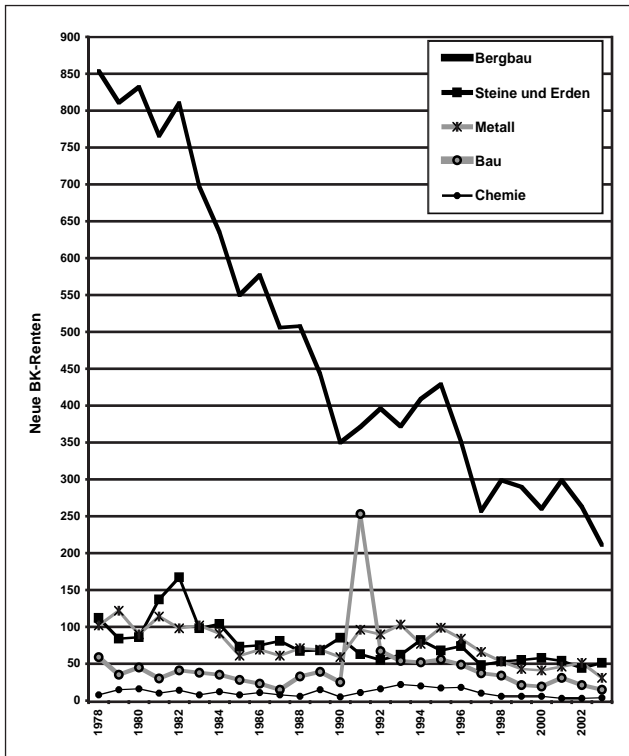


Abbildung 9:  
 Neue BK-Renten bei Vorliegen einer Silikose oder Silikotuberkulose (BK 4101 und 4102) für die Bereiche Bergbau, Steine und Erden, Metall, Bau und Chemie [11]; der für den Bereich Bau signifikant hohe Wert für das Jahr 1991 geht auf die Übernahme der Berufskrankheitenfälle aus der ehemaligen DDR bzw. den neuen Bundesländern zurück

zur BKV bewilligt, 1980 waren es 1 001, in den Jahren 1990 und 2000 noch jeweils 453 bzw. 367 [12]. Zu einem leichten Anstieg mit 546 neuen Berufskrankheitenrenten im Jahr 1994 kam es infolge der deutschen Wiedervereinigung, inzwischen fallen die Zahlen wieder (2003: 286 neue Berufskrankheitenrenten). Eine stark rückläufige Entwicklung zeigt sich hinsichtlich der Siliko-

tuberkulose (BK-Nr. 4102, neue Berufskrankheitenrenten im Jahr 1970: 227; 1980: 129; 1990: 66; 2000: 24 und 2003: 27). Im Jahr 2002 wurde die Berufskrankheitenliste um die BK-Nr. 4112 erweitert, wonach eine Lungenkrebskrankung durch die Einwirkung von kristallinem Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) als Berufskrankheit anerkannt werden kann, wenn eine Silikose bzw. eine Silikotuber-

## 2 Stoffinformationen zu Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit)

kulose bestehen und der Versicherungsfall nach dem 30. November 1997 eingetreten ist. Im Jahr 2002 wurden neun neue Berufskrankheitenrenten nach BKV-Nr. 4112 bewilligt, 2003 waren es 45.

Als weitere quarzstaubbedingte BK gemäß Anlage 1 der BKV ist seit 1993 aufgeführt:

### ▣ Nr. 2111

Erhöhte Zahnabrasion durch mehrjährige quarzstaubbelastende Tätigkeit (Zahnabrasion)

Im Jahr 2003 wurden sieben Fälle anerkannt.

# 3 Grenzwerte und Vorschriften

## 3.1 Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juli 2005)

### 3.1.1 Quarz, Cristobalit, Tridymit

Ein verbindlicher Grenzwert für Quarzfeinstaub<sup>1</sup> (heute: Quarz-A-Staub) wurde im Jahr 1971 aufgestellt. Zuvor wurden vom Staubforschungsinstitut der gewerblichen Berufsgenossenschaften Empfehlungen zur Bewertung von Staubexpositionen in Arbeitsbereichen veröffentlicht. Bis Anfang der 1960er-Jahre dominierten vor allem konimetrische Messungen. Zur Bewertung der Staubbelastung wurden dabei Teilchenzahlkonzentrationen als Bewertungsgröße herangezogen. Gravimetrische Richtwerte (abgeleitet aus maximal zulässigen Teilchenkonzentrationen) wurden erstmals 1960 vorgeschlagen [13] (Tabelle 4).

Tabelle 4:  
Gravimetrische Richtwerte aus dem Jahr 1960

Staubkonzentration der Kornfraktion 0 bis 5 µm	Zulässige Konzentration an freiem SiO <sub>2</sub> in der Kornfraktion 0 bis 5 µm
< 1,5 mg/m <sup>3</sup>	0,75 mg/m <sup>3</sup>
1,5 bis 2,5 mg/m <sup>3</sup>	0,5 mg/m <sup>3</sup>
> 2,5 mg/m <sup>3</sup>	0,25 mg/m <sup>3</sup>

Der Feinstaub wurde zu dieser Zeit noch nicht direkt erfasst, sondern mittels Sedimentationsanalyse (sogenannte Staubfraktion „0 bis 5 µm“) von der im Arbeitsbereich gemessenen Gesamtstaubfraktion abgetrennt.

1964 wurden zur „Beurteilung von Staubgefahren durch gravimetrische Messungen am Arbeitsplatz“ neue Richtwerte aufgestellt [14]. Generell sollte die Staubkonzentration der Fraktion 0 bis 5 µm den Wert von 5 mg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten (Gesamtstaub: 15 mg/m<sup>3</sup>). Eine weitere Begrenzung sollte durch Anwendung der sogenannten Bewertungszahl Z (Produkt aus der Feinstaubkonzentration und der Quarzfeinstaubkonzentration) gegeben sein. Für Quarzgehalte zwischen 2 und 70 Masse-% sollte die Zahl Z den Wert von 0,5 nicht überschreiten. Diese Beziehung begrenzte die Quarzfeinstaubkonzentration in Abhängigkeit von der Feinstaubkonzentration wie in Tabelle 5 (siehe Seite 32) dargestellt (Beispiele für Z = 0,5).

1971 wurden erstmals folgende MAK-Werte für Quarz in der Feinstaubfraktion festgelegt [15]:

- ❑ Quarzfeinstaub: 0,15 mg/m<sup>3</sup>
- ❑ quarzhaltiger Feinstaub: 4,00 mg/m<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bis 2001 wurde für die alveolengängige Staubfraktion (A-Staub) der Begriff Feinstaub verwendet. Im Folgenden werden jeweils die Begriffe verwendet, die in den genannten Regelwerken bzw. Festlegungen üblich waren.

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Tabelle 5:  
Gravimetrische Richtwerte aus dem Jahr 1964

Feinstaub in mg/m <sup>3</sup>	Quarzfeinstaub in mg/m <sup>3</sup>	Quarzgehalt in Masse-%
5,00	0,10	2
3,16	0,16	5
2,24	0,22	10
1,58	0,32	20
1,29	0,39	30
1,00	0,50	50
0,85	0,59	70

Die Grenzwerte galten nicht nur für Quarz, sondern für die Summe der kristallinen SiO<sub>2</sub>-Modifikationen Quarz, Cristobalit und Tridymit [16]. Der Begriff Feinstaub bezog sich auf den alveolengängigen Staub entsprechend der Johannesburger Konvention von 1959 (vgl. Abschnitt 3.1). Bei Anwendung von Messverfahren mit anderen Trennfunktionen war die gemessene Konzentration entsprechend umzurechnen.

Aus den beiden Grenzwerten für Quarzfeinstaub und quarzhaltigen Feinstaub konnte Folgendes abgeleitet werden:

Quarzkonzentration im Feinstaub	Schärfere Bewertung anhand des Grenzwertes für
> 3,75 % < 3,75 %	Quarzfeinstaub quarzhaltigen Feinstaub

Ab 1976 wurde dann festgeschrieben, dass der Grenzwert für quarzhaltigen Feinstaub nur für Feinstäube mit Quarzgehalten < 3,75 % anzuwenden ist. Im Steinkohlenbergbau war der Grenzwert für Quarzfeinstaub bis 1976 erst bei Quarzgehalten von > 5 % anstelle des Grenzwertes quarzhaltiger Feinstaub anzuwenden [16; 17].

Von 1973 bis Mai 1994 galt ein Feinstaub erst dann als quarzhaltig, wenn er mehr als 1 Masse-% der drei genannten kristallinen SiO<sub>2</sub>-Modifikationen enthielt [15]. Als Beurteilungszeitraum wurde für fibrogene und inerte Stäube als Langzeitwert eine Staubexposition von einem Jahr, bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexpositionen ein Zeitraum von fünf Jahren festgelegt [18].

Neben den Grenzwerten für Quarz war seit 1973 grundsätzlich auch der Grenzwert für „Inertstaub“ in Höhe von 8 mg/m<sup>3</sup> (gemessen als Feinstaub) und ab 1984 der Allgemeine Staubgrenzwert einzuhalten [19; 20]. Das bedeutet, dass eine Feinstaubkonzentration von 6 mg/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden durfte. Enthielt dieser Feinstaub Komponenten, die mutagene, krebserzeugende, fibrogene, toxische oder allergisierende Wirkungen haben, so war außerdem die Einhaltung der entsprechenden Grenzwerte zu überwachen.



Im Juni 1994 wurde der MAK-Wert für quarzhaltigen Feinstaub von  $4,0 \text{ mg/m}^3$  aufgehoben. Somit bestanden nur noch folgende Grenzwerte:

- ☐ Quarzfeinstaub:  $0,15 \text{ mg/m}^3$
- ☐ Allgemeiner Staubgrenzwert:  $6,00 \text{ mg/m}^3$

mit der Anmerkung:

*„Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit) ist beim Menschen als silikoseerzeugender Stoff bekannt. Hierfür wird ein MAK-Wert von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  (Feinstaub) angegeben. Neben diesem MAK-Wert ist generell eine Feinstaubkonzentration von  $6 \text{ mg/m}^3$  einzuhalten.“*

Diese Grenzwerte bezogen sich auf einen Beurteilungszeitraum von einem Jahr. Abweichend galt für Quarzfeinstaub bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition ein Zeitraum von zwei Jahren [21].

Mit der Aufhebung des Grenzwertes für quarzhaltigen Feinstaub war auch die Bedeutung des Quarzgehaltes für die Beurteilung der Expositionssituation weggefallen; unabhängig vom Quarzgehalt war hier allein die Quarzfeinstaubkonzentration entscheidend. Die Definition, dass ein Feinstaub nur dann als quarz-(cristobalit-, tridymit-)haltig

zu bewerten war, wenn er mindestens 1 Masse-% dieser Phasen enthält, besteht ebenfalls nicht mehr.

Mit Inkrafttreten der Neufassung der Unfallverhütungsvorschrift BGV B1 „Umgang mit Gefahrstoffen“ (VBG 91) im Jahr 1999 wurde die VBG 119 „Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub“ außer Kraft gesetzt. In dieser Vorschrift war bis dahin festgelegt, dass ein Staub dann als silikogen zu betrachten ist, wenn der Anteil silikogener Komponenten (Quarz, Cristobalit, Tridymit) mindestens 1 Masse-% beträgt.

Im Jahr 2001 wurde der Allgemeine Staubgrenzwert mit folgenden Werten neu festgelegt:

- ☐ Alveolengängige Staubfraktion (A-Staub)
  - Ausnahmereiche  $6 \text{ mg/m}^3$
  - im Übrigen  $3 \text{ mg/m}^3$
- ☐ Einatembare Staubfraktion (E-Staub)  $10 \text{ mg/m}^3$  (ab 1. April 2004)

Weiterhin wurden im Januar 2002 die BG-Regel 217 „Umgang mit mineralischem Staub“ und im Januar 2004 die Unfallverhütungsvorschrift BGV A1 „Grundsätze der Prävention“ in Kraft gesetzt.

Mit der Neufassung der Gefahrstoffverordnung vom 23. Dezember 2004 [22] sind ab

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

dem 1. Januar 2005 technisch abgeleitete und andere Luftgrenzwerte, die den Kriterien eines Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) nicht entsprechen, außer Kraft gesetzt worden. Somit ist auch der Grenzwert in Höhe von  $6 \text{ mg/m}^3$  für die alveolengängige Staubfraktion für Ausnahmebereiche entfallen.

Mit Erscheinen der TRGS 906 (Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte

alveolengängigen Quarz- oder Cristobalitätsäuben ausgesetzt sind, sind als krebserzeugend geführt) im Juli 2005 [23], erfüllt der Grenzwert für Quarz, einschließlich Cristobalit und Tridymit, ebenfalls nicht mehr die Anforderungen an einen AGW.

Die Entwicklung der Grenzwertfestlegungen für alveolengängigen Quarzstaub bzw. quarzhaltigen Feinstaub ist in Tabelle 6

Abbildung 10:  
Entwicklung der Grenzwerte für Quarzfeinstaub und Feinstaub bis 1994; Zusammenhang zwischen Feinstaub und Quarzgehalt (einschließlich Cristobalit und Tridymit) des Feinstaubes in Bezug auf die Grenzwertfestlegung, dargestellt für den Bewertungsindex I

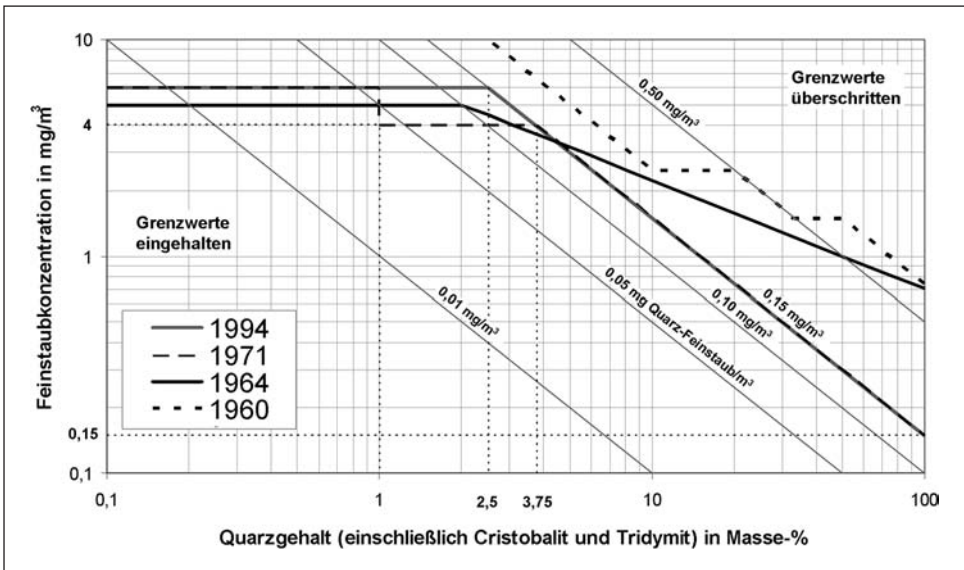
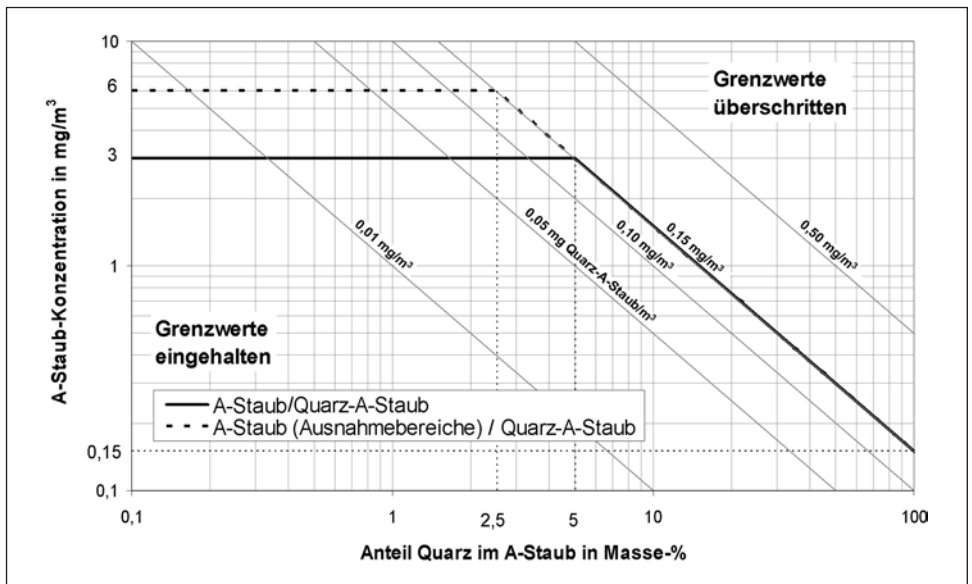


Abbildung 11:  
 Grenzwerte für Quarz-A-Staub (Quarzfeinstaub) und A-Staub (Feinstaub), gültig von 1994 bis 2005;  
 Zusammenhang zwischen A-Staub-Konzentration und Quarzgehalt, einschließlich Cristobalit und Tridymit,  
 des A-Staubes in Bezug auf die Grenzwertfestlegung, dargestellt für den Bewertungsindex I



(siehe Seite 36 ff.) zusammengestellt. In den Abbildungen 10 und 11 sind zum einen die Entwicklung der Grenzwerte bis einschließlich 1994 und zum anderen die

Grenzwertfestlegung zwischen 1994 und 2005 für den Bewertungsindex I ( $I = \text{Messwert}/\text{Grenzwert}$ ) = 1 grafisch dargestellt.

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Tabelle 6:  
Entwicklung der Grenzwertfestlegungen für Quarz bzw. quarzhaltigen Feinstaub von 1971 bis 2005

Jahr	Quarz, einschließlich Cristobalit und Tridymit im Feinstaub bzw. A-Staub	Quarzhaltiger Fein-/A-Staub <sup>1)</sup>	Inertstaub (bis 1982) Allgemeiner Staubgrenzwert (ab 1983)
1971	0,15 mg/m <sup>3</sup>	4 mg/m <sup>3</sup> – bei < 3,75 % <sup>2)</sup> Quarz – im Steinkohlenbergbau bei ≤ 5 % Quarz	15 mg/m <sup>3</sup> (G)
1973		4 mg/m <sup>3</sup> – bei > 1 % und < 3,75 % <sup>2)</sup> Quarz – im Steinkohlenbergbau bei > 1 % und ≤ 5 % Quarz	8 mg/m <sup>3</sup> (F) <sup>1)</sup>
1974			
1976	0,15 mg/m <sup>3</sup> – Steinkohlenbergbau: Nach entsprechenden Untersuchungen kann Anwendung des MAK-Wertes modifiziert werden	4 mg/m <sup>3</sup> – bei > 1 % und < 3,75 % Quarz	
1984			6 mg/m <sup>3</sup> (F) <sup>1)</sup>
1988			

Bemerkungen zur Staubmessung	Beurteilungszeitraum	Jahr
<p>Messung als Feinstaub (alveolengängige Fraktion)</p> <p>Bei Benutzung von Messverfahren mit anderer Abscheidefunktion als nach Vorgabe der Johannesburger Konvention sind gemessene Konzentrationen umzurechnen.</p>		1971
		1973
	Die MAK-Werte für Quarzfeinstaub und quarzhaltigen Feinstaub gelten im Steinkohlenbergbau als Langzeitwert für Staubexpositionen von fünf Jahren (Voraussetzung: Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition)	1974
	Die MAK-Werte für Quarzfeinstaub, quarzhaltigen Feinstaub und Inertstaub/Allgemeiner Staubgrenzwert gelten als Langzeitwerte für eine Staubexposition von einem Jahr. Bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition gelten sie für einen Zeitraum von fünf Jahren.	1976
(1984)		1984
	1. Satz: s.o.; 2. Satz: Für Quarzfeinstaub und quarzhaltigen Feinstaub gilt bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition ein Zeitraum von fünf Jahren.	1988

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Tabelle 6:  
(Fortsetzung)

Jahr	Quarz, einschließlich Cristobalit und Tridymit im Feinstaub bzw. A-Staub	Quarzhaltiger Fein-/A-Staub <sup>1)</sup>	Inertstaub (bis 1982) Allgemeiner Staubgrenzwert (ab 1983)
1994	0,15 mg/m <sup>3</sup>	Wegfall des bisherigen Grenzwertes	
2001			3 mg/m <sup>3</sup> (A) Ausnahmebereiche: 6 mg/m <sup>3</sup> (A)
2004			Ab 1. April 04 zusätzlich 10 mg/m <sup>3</sup> (E)
2005	Wegfall des bisherigen Grenzwertes		Wegfall des Grenzwertes 6 mg/m <sup>3</sup> (A) für Ausnahmebereiche

<sup>1)</sup> Von 1973 bis 1994 war in der MAK-Werte-Liste bzw. in der TRGS 900 festgelegt, dass ein Feinstaub erst dann als quarz-(cristobalit-, tridymit-)haltig gilt, wenn er einen Gehalt dieser Komponenten von mehr als 1 Masse-% aufwies.

<sup>2)</sup> berechnet; bei mehr als 3,75 % Quarz war der MAK-Wert für Quarzfeinstaub die schärfere Bewertung

Bemerkungen zur Staubmessung	Beurteilungszeitraum	Jahr
<p>Messung als Feinstaub (alveolengängige Fraktion) entsprechend DIN EN 481 [24]</p> <p>Einführung der Begriffe A-Staub und E-Staub anstelle von Fein- und Gesamtstaub</p>	<p>1. Satz: s.o.; 2. Satz: Abweichend gilt für Quarzfeinstaub bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition ein Zeitraum von zwei Jahren.</p>	1994
		2001
		2004
		2005

- (G): gemessen als Gesamtstaub  
(F): gemessen als Feinstaub  
(A): gemessen als alveolengängige Staubfraktion (A-Staub)  
(E): gemessen als einatembare Staubfraktion (E-Staub)  
StKB: Steinkohlenbergbau

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

#### 3.1.2 Amorphe Kieselsäure

Für amorphe Kieselsäuren sind in Deutschland zwei Grenzwerte festgelegt. Die Zuordnung zu einem der Grenzwerte ergibt sich aus der Art bzw. dem Herstellungs- oder Aufbereitungsverfahren des Materials (siehe Tabelle 7). Einen Sonderfall stellen die in der TRGS 900 nicht explizit genannten, als natürliche Rohstoffe in der Schmucksteinindustrie verarbeiteten Opale und Chalcedone (Achate) dar. Stäube dieser Materialien sind in Analogie zu den Opalskeletten der ungebrannten Kieselguren mit dem Grenz-

wert in Höhe von  $4 \text{ mg/m}^3$  – bezogen auf die E-Staub-Fraktion – zu bewerten.

#### Verordnungen, Vorschriften

1. Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) in der jeweils gültigen Fassung
2. BG-Regel 500 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ (Stand Oktober 2004, zuletzt aktualisiert September 2005), Kapitel 2.24 „Arbeiten mit Strahlgeräten“ (Strahl-

Tabelle 7:  
Zuordnung der verschiedenen amorphen Kieselsäuren zu den Luftgrenzwerten [25]

Amorphe Kieselsäure	Luftgrenzwert	
	$4 \text{ mg/m}^3$ (im E-Staub)	$0,3 \text{ mg/m}^3$ (im A-Staub)
Kolloidale Kieselsäure		
– Nassverfahren (Fällungs-, Gel-, Hydrothermalverfahren)	X	–
– Pyrogene Verfahren (pyrogene, Lichtbogen-Kieselsäure)	X	–
Kieselgur (Diatomeenerde)		
– ungebrannt	X	–
– gebrannt (kalziniert)*)	–	X
Kieselglas/Quarzglas, Kieselgut/Quarzgut	–	X
Kieselrauch	–	X

\*) Es entsteht Cristobalit, der gesondert zu bewerten ist.



- arbeiten) und Kapitel 2.25 „Betreiben von kraftbetriebenen Schleif- und Bürstwerkzeugen“ enthalten Anforderungen an nichtsilikogene Strahl- bzw. Schleifmittel
3. Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1) vom 1. Januar 2004, zuletzt aktualisiert im April 2005, 1. Nachtrag in Vorbereitung, sowie BG-Regel „Grundsätze der Prävention“ (BGR A1), Fünfter Abschnitt „Arbeitsmedizinische Vorsorge“, vom Oktober 2005
  4. TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ in der jeweils aktuellen Fassung<sup>1)</sup>
  5. TRGS 403 „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“ in der jeweils aktuellen Fassung<sup>1)</sup>
  6. TRGS 500 „Schutzmaßnahmen: Mindeststandards“ in der jeweils aktuellen Fassung<sup>1)</sup>
  7. TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ in der jeweils aktuellen Fassung<sup>1)</sup>; zur Anwendung der Grenzwerte siehe auch BGI-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, Kennzahl 0410
  8. TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“ in der jeweils aktuellen Fassung
  9. Berufgenossenschaftliche Grundsätze für Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub, Teil 1 „Quarzhaltiger Staub“ (G1.1) und Teil 4 „Staubbelastung“ (G1.4)
  10. EN 689 – Deutsche Fassung: DIN EN 689, Arbeitsplatzatmosphäre, Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich mit Grenzwerten und Messstrategie. Beuth Verlag, Berlin, April 1995
  11. BG-Information 5047 „Mineralischer Staub“ (BGI 5047), Ausgabe Dezember 2006

---

<sup>1)</sup> Die am 1. Januar 2005 in Kraft gesetzte neue Gefahrstoffverordnung enthält keine Übergangsregelungen für die bisherigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS). Bis zu einer Neufassung der Technischen Regeln können diese jedoch auch künftig als Auslegungs- und Anwendungshilfe herangezogen werden, sofern die Inhalte nicht im Widerspruch zur neuen Verordnung stehen.

### Einstufung

Eine Legaleinstufung des Stoffes Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit) gemäß Richtlinie 67/548/EWG Anhang I [26] besteht nicht. Auch in der Krebsrichtlinie 2004/37/EG [27] wird Quarz nicht geführt.

Aufgrund der vorliegenden experimentellen und epidemiologischen Daten hat der AGS Quarz und Cristobalit (alveolengängige Fraktion) als krebserzeugend beim Menschen bewertet. Dieser Beschluss ist in Form einer „Begründung zur Bewertung von Stoffen als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend“ zur TRGS 905 bzw. TRGS 906 für den Stoff Quarz von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) im Oktober 2002 (zuletzt geändert im Juli 2005) im Internet veröffentlicht worden [9].

Seit Juli 2005 werden Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stäuben von Quarz oder Cristobalit ausgesetzt sind, als krebserzeugend in der TRGS 906 geführt [23].

### 3.2 Deutsche Demokratische Republik

Als erste Bewertungsgrundlage bestanden ab 1960 die zur Anwendung empfohlenen Arbeitshygienischen Normativen für die Betriebe der DDR. Hierin waren konimetrische Grenzwerte in Teilchen je  $\text{cm}^3$  für mineralische Stäube mit kristallinem und ohne kristallines  $\text{SiO}_2$  und für metallische, pflanzliche, tierische und Kunststoffstäube aufgeführt. Diese wurden ab 1. Juli 1966 durch die Anweisung des Ministeriums für Gesundheitswesen der DDR über die Einführung und Anwendung von arbeitshygienischen Normen gesetzlich verbindlich.

Ab 1. Oktober 1968 wurden die Grenzwerte in die TGL 22 311<sup>1)</sup> und ab 1. Juni 1978 in die TGL 22 311/01 überführt. Die TGL 22 311/02 enthielt Festlegungen zur Schwebstaubprobenahme für die mineralogische Analyse. Dieser Standard galt für Arbeitsplätze in bestehenden Betrieben, die vor dem 1. Januar 1978 schon bestanden bzw. deren Projektierung bereits abgeschlossen war.

Seit dem 1. Januar 1978 wurden in der DDR mit der TGL 32 601/01 darüber hinaus

---

<sup>1)</sup> TGL: Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen

gravimetrische Grenzwerte für Stäube mit der fibrogenen Komponente kristallines Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) aufgestellt. Sie waren verbindlich für die Projektierung neuer und die Sanierung alter Betriebe.

Das konimetrische Mess- und Bewertungsverfahren wurde daher nie außer Kraft gesetzt. Es blieb weiter gültig, wenn das gravimetrische Verfahren nicht anwendbar war.

Im letztgenannten, mit der damaligen Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken (UdSSR) vereinheitlichten Standard, der jedoch in der DDR keine praktische Bedeutung erlangte und nur für Exportleistungen wichtig war, galten in Abhängigkeit vom Gehalt an kristallinem  $\text{SiO}_2$  im Gesamtstaub zur Bewertung kurzzeitiger hoher Staubkonzentrationen Kurzzeitgrenzwerte ( $\text{MAK}_K$ ) als Mittelwerte über ein 30-Minuten-Intervall während der höchsten Konzentration innerhalb einer Arbeitsschicht. Die Differenzierung erfolgte in vier Stufen. So waren z.B. bei einem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt  $< 2\%$  maximal  $10 \text{ mg/m}^3$  und bei einem Gehalt  $> 70\%$  kristallines  $\text{SiO}_2$  maximal  $1 \text{ mg/m}^3$  im Gesamtstaub zulässig.

Als Dauergrenzwerte ( $\text{MAK}_D$ ) für eine Arbeitsschicht waren Feinstaubkonzentrationen für fibrogene Substanzen (100 % kristallines  $\text{SiO}_2$ ) von höchstens  $0,1 \text{ mg/m}^3$  und für sogenannte inerte Substanzen ( $\text{SiO}_2$ -

Gehalt unter der Nachweisgrenze) von höchstens  $5,0 \text{ mg/m}^3$  zugelassen. Für Substanzgemische galt:

$$c_2 \cdot \left( \frac{q_2}{0,1} + \frac{1 - q_2}{5} \right) < 1 \quad (1)$$

mit

$c_2$  = mittlere Feinstaubkonzentration über eine ganze Arbeitsschicht

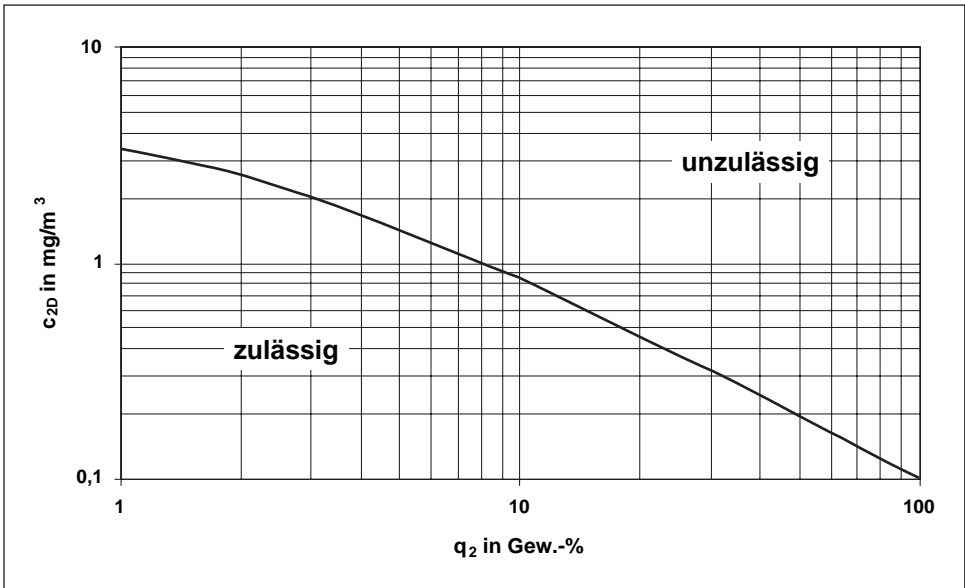
$q_2$  = relativer Massenanteil 0...1 des Gehaltes an kristallinem  $\text{SiO}_2$  im Feinstaub

Bei bekanntem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt  $q_2$  konnte aus der ermittelten Schicht-Feinstaubkonzentration  $c_2$  die maximal zulässige Konzentration auch mithilfe der grafischen Darstellung in Abbildung 12 (siehe Seite 44) ermittelt werden.

Ab Januar 1984 wurde der arbeitshygienische Standard TGL 32 620/02 mit maximal zulässigen Konzentrationen für Stäube mit kristallinem und ohne kristallines  $\text{SiO}_2$  zur Verhinderung staubbedingter Berufskrankheiten verbindlich. Er enthielt als allgemeinen Staubgrenzwert den „Gesamtstaub- $\text{MAK}_D$ -Wert“ von  $\text{MAK}_{0D} = 10 \text{ mg/m}^3$  für eine ganze Arbeitsschicht im Hinblick auf die irritative Wirkung aller nicht toxischen Stäube auf den gesamten Atemtrakt und war unabhängig vom Gehalt an fibrogenen Komponenten einzuhalten.

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Abbildung 12:  
Maximal zulässige Konzentration



Für lungengängige Feinstäube war wieder eine differenzierte Bewertung wie folgt vorgesehen:

- ☐ Für Stäube aus reinem Quarz ( $q_2 = 100\%$  kristallines  $\text{SiO}_2$ ):  
 $\text{MAK}_{2D} = 0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$
- ☐ Für Stäube mit einem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt unterhalb der Nachweisgrenze ( $q_2 < 1\%$ ):  
 $\text{MAK}_{2D} = 5,0 \text{ mg}/\text{m}^3$

- ☐ Für Staubgemische war die Staubbewertungszahl  $S_Q$  nach der Summenformel

$$S_Q = \frac{c_{2D} \cdot q_2}{0,1 \cdot 100} + \frac{c_{2D}(100 - q_2)}{5,0 \cdot 100}$$

zu bilden.

Bei  $S_Q \leq 1$  war  $\text{MAK}_{2D}$  eingehalten, bei  $S_Q > 1$  war  $\text{MAK}_{2D}$  überschritten. Wenn der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt der Feinstaubfraktion bekannt war, konnte die zulässige Konzentration

$MAK_{2D}$  auch durch Umstellung zuvor genannter Formel nach der Gleichung

$$MAK_{2D} = \frac{500}{49q_2 + 100} \text{ in mg/m}^3$$

errechnet werden.

Die TGL 32 620/02 enthielt schließlich noch die Möglichkeit, Arbeitsplätze beim Vorliegen von unsicheren Angaben zum Quarzgehalt vorläufig in eine von fünf Staubgruppen gemäß Tabelle 8 einzustufen. Diese Einstufung durfte jedoch nur mit Zustimmung der zuständigen Arbeitshygieneinspektion des jeweiligen Verwaltungsbezirkes vorgenommen werden.

In der DDR und in der alten Bundesrepublik Deutschland wurden Staubprobenahmegeräte verwendet, deren Konstruktion und Betriebsweise sich voneinander unterschieden.

Voneinander abweichende Messresultate können deshalb nicht ausgeschlossen werden. Aus diesem Grunde wurden die Staubmessverfahren zur jeweiligen Ermittlung der Feinstaub- und Gesamtstaubfraktionen im Rahmen eines Untersuchungsprojektes miteinander verglichen, um eventuelle Umrechnungsfaktoren zu ermitteln.

Neben dem Vergleich der Vorschriften zur Messung und Beurteilung von Stäuben und der Darlegung der konstruktiven Merkmale und Funktionsweisen der Standardmessgeräte

- Schwebstaubprobenahmegerät vom Typ SPG (DDR) und
- Gravikon VC 25 (Bundesrepublik Deutschland)

Tabelle 8:  
Grenzwerte für quarzhaltige Feinstäube, unterteilt nach Staubgruppen

Staubgruppe	Gehalt an kristallinem SiO <sub>2</sub> in %	$MAK_{2D}$ in mg/m <sup>3</sup>
I	$50 < q_2$	0,1
II	$20 < q_2 \leq 50$	0,2
III	$5 < q_2 \leq 20$	0,5
IV	$1 < q_2 \leq 5$	1,5
V	$q_2 < 1$	5,0

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

lag der Schwerpunkt der Untersuchung auf einem direkten Vergleich beider Geräte zur Messung mineralischer Stäube.

Die Vergleichsmessungen erfolgten

- unter reproduzierbaren Bedingungen in einer Messkabine und
- unter Praxisbedingungen in ausgewählten Betrieben.

Parallel zu den Messungen wurden Analysenverfahren zur Bestimmung des Gehaltes an kristallinem Siliciumdioxid im Feinstaub miteinander verglichen.

Anhand von Messresultaten, insbesondere aus dem Bauwesen der DDR, wurde zusätzlich zur Stützung der Bewertung der Staubexposition die Relation zwischen Gesamtstaub und Feinstaub statistisch näher untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind im BIA-Report 5/96 „Stäube an Arbeitsplätzen in der DDR“ ausführlich dargestellt [28]. Auf der Grundlage der Ergebnisse aus dem Untersuchungsprogramm hat das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BGIA folgende Verfahrensweise zur Bewertung zurückliegender Staubmessergebnisse von Arbeitsplätzen der DDR als Konvention vorgeschlagen:

#### Gesamtstaubkonzentrationen

Umrechnungsfaktor von 1 für SPG-210-Gesamtstaubkonzentrationen, d.h., die mit dem Gerät SPG gewonnenen Gesamtstaubkonzentrationen können den VC-25-Gesamtstaubkonzentrationen gleichgestellt werden:

$$c_0(\text{SPG 210}) = c(\text{VC 25G})$$

#### Feinstaubkonzentrationen

Umrechnungsfaktor von 1,3 für SPG-210-Feinstaubkonzentrationen, d.h., die mit dem SPG gewonnenen Feinstaubkonzentrationen müssen mit dem Faktor 1,3 multipliziert werden:

$$1,3 \cdot c_2(\text{SPG 210}) = c(\text{VC 25F})$$

#### Staubbewertungszahlen

In der DDR wurde das Maß der Gesundheitsgefährdung durch Staubexposition nicht allein aus der Höhe der Feinstaubkonzentration abgeleitet, im Falle der quarzhaltigen Stäube wurde auch der Anteil an kristallinem  $\text{SiO}_2$  in Verbindung zum MAK-Wert berücksichtigt. Daraus ergab sich die Bildung von dimensionslosen Staubbewertungszahlen  $S_Q$ , die dem Stoffindex I in der Bundesrepublik Deutschland entsprechen. Bei diesem Bewertungsmodus wirkt sich entscheidend

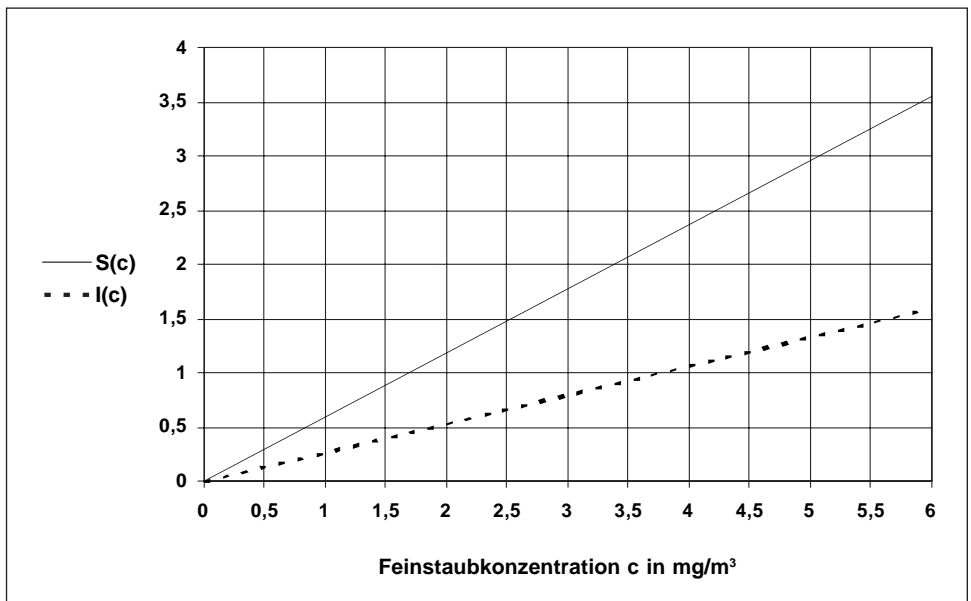
aus, welcher MAK-Wert zugrunde gelegt wurde. In der DDR galt als MAK-Wert für Quarzfeinstaub eine Konzentration von  $0,10 \text{ mg/m}^3$ , in der Bundesrepublik Deutschland sind maximal  $0,15 \text{ mg/m}^3$  zugelassen. Bei Gleichsetzung der Konzentrationen und der Quarzgehalte ergeben sich Staubbewertungszahlen, die deutlich höher liegen als die entsprechenden Stoffindizes. Die Staubbewertungszahl und der Stoffindex ergeben sich aus folgenden Beziehungen:

$$S_Q(\text{SPG 210}) = c_{2D} \left[ \frac{q_2}{0,1 \cdot 100} \right]$$

$$I(\text{VC 25}) = \frac{C(\text{VC 25F}) \cdot q_2}{0,15 \cdot 100}$$

In Abbildung 13 sind beispielhaft  $S_Q$  und  $I$  bei konstantem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von 4 % und Feinstaubkonzentrationen von 0 bis  $6 \text{ mg/m}^3$  grafisch dargestellt.

Abbildung 13:  
Gegenüberstellung von Staubbewertungszahl  $S_Q$  und Stoffindex  $I$



### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Abbildung 14 enthält die grafische Darstellung des Umrechnungsfaktors

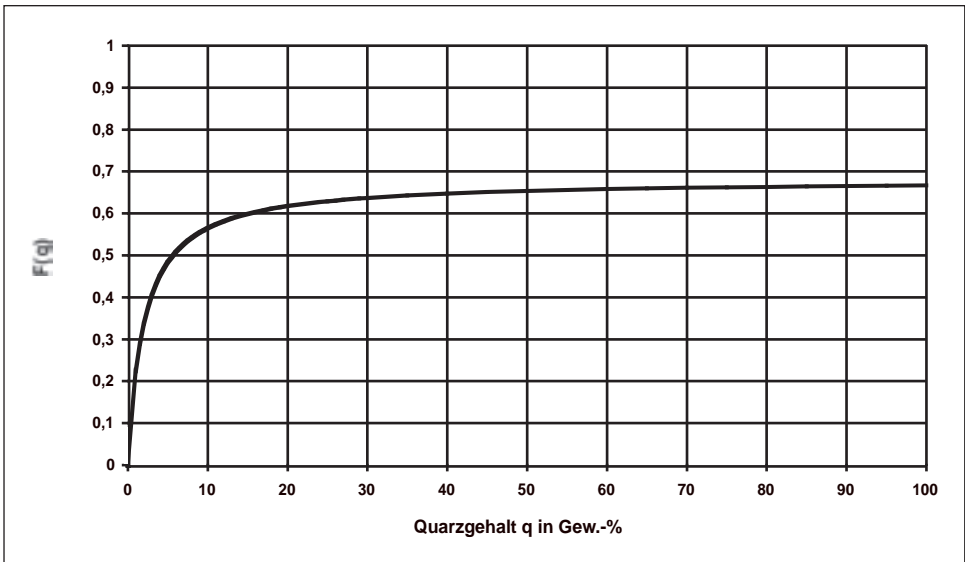
$$F(q) = \frac{I(\text{VC } 25)}{S_Q(\text{SPG } 210)}$$

in Abhängigkeit vom jeweiligen Quarzgehalt.

#### Ermittlung der Feinstaubkonzentration aus arbeitshygienischen Kennzahlen

In vielen Berichterstattungen wurden zur Kennzeichnung des arbeitshygienischen Niveaus bzw. des Grades der Gesundheitsgefährdung durch Staubexposition lediglich arbeitshygienische Kennzahlen verwandt.

Abbildung 14:  
Umrechnungsfaktor für Staubbewertungszahlen





Sie ermöglichen retrospektiv in bestimmten Grenzen eine Aussage über die Feinstaubkonzentration, wenn der Quarzgehalt im Feinstaub bekannt ist. In diesem Fall kann auch auf die Katalogwerte in Tabelle 9 zurückgegriffen werden.

**Beispiel:**

Eine Kennzahl  $K = 0,5$  wurde ermittelt. Sie wurde vergeben bei  $1,0 < S_Q \leq 2,0$ , also ab einfacher bzw. bis maximal zweifacher Grenzwertüberschreitung. Der Arbeitsplatz befand sich in der Sandaufbereitung einer Gießerei. Hierfür wird in Tabelle 9 ein durchschnittlicher  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von 13 % ausgewiesen. Nach Umstellung der Formel

$$S_Q = c_{2D} \left[ \frac{q_2}{0,1 \cdot 100} + \frac{100 - q_2}{5 \cdot 100} \right]$$

errechnet sich die Feinstaubkonzentration nach der Beziehung

$$c_{2D} = \frac{S_Q}{\frac{q_2}{10} + \frac{100 - q_2}{500}}$$

Bei  $S_Q > 1$  ergibt sich die Schicht-Feinstaubkonzentration  $c_{2D} > 0,68 \text{ mg/m}^3$ .

Für  $S_Q \leq 2$  wird eine Schicht-Feinstaubkonzentration  $c_{2D}$  von  $0,36 \text{ mg/m}^3$  ermittelt. Aus der angenommenen Kennzahl  $K = 0,5$  ist also abzuleiten:

$$0,68 \text{ mg/m}^3 < c_{2D} \leq 1,36 \text{ mg/m}^3$$

Tabelle 9:  
Katalog „Gehalte an kristallinem  $\text{SiO}_2$  in Stäuben“

Industriezweig/Betrieb/Tätigkeit	$\bar{q}_2$ in %	$\bar{q}_2 + s$ in %	Staubgruppe nach TGL 32 620/02
<b>Metallurgie</b>			
Gießerei			
Formen	12	18	III
Sand aufbereiten	9	13	III
Gießen	8	13	III
Putzen	12	20	III
Putzen mit keramisch gebundenen Schleifkörpern	13	18	III
Ausleeren	10	15	III

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

Tabelle 9:  
(Fortsetzung)

Industriezweig/Betrieb/Tätigkeit	$\bar{q}_2$ in %	$\bar{q}_2 + s$ in %	Staubgruppe nach TGL 32 620/02
<b>Blasstahlwerk</b>			
Möllerung	5	7	III
Konverter	1,4	2,5	IV
Gießen	3	5	IV
<b>Keramik</b>			
Elektrokeramik	8	10	III
Feinkeramik	9	13	III
Grobkeramik	15	20	III
Sanitärkeramik	7	12	III
<b>Natursteingewinnung, -bearbeitung</b>			
Sandstein	32	51	(I)
Granit	21	26	II
Quarzporphyr	16	21	(II)
Kalkstein	2	3	IV
Gips	1	2	IV
<b>Bauwesen</b>			
<b>Herstellung, Gewinnung</b>			
Zement	1,7	3,7	IV
Betonbauelemente	2,4	3,9	IV
Expoxydharzbeton	43	53	(I)
Ziegel	8	14	III
Betondachziegel	6	7	III
Dachpappe	9	11	III
Kalkstein	4	6	(III)
Silikasteine	48	70	(I)
<b>Abrissarbeiten</b>			
Mauerwerk	4	6	(III)
Öfen	5	7	(III)
<b>Bearbeitung</b>			
Ofenkachelschleifen	15	19	III

Industriezweig/Betrieb/Tätigkeit	$\bar{q}_2$ in %	$\bar{q}_2 + s$ in %	Staubgruppe nach TGL 32 620/02
<b>Energieversorgung (Braunkohle)</b>			
Bekohlung	3,3	5	(III)
Kesselhaus	3,0	5	(III)
Entaschung	3,7	6	(III)
<b>Glasindustrie</b>	12	21	(II)
<b>Emaillierwerke</b>	21	38	II
<b>Zahntechnische Laboratorien</b>			
Schleifen von Mineralzähnen	5	9	III
<b>Landwirtschaft</b>			
Mähen, Getreide	2	4	IV
Pelletieren, Stroh	1	1	IV
Lagerung, Getreide	1	2	IV
Sortierung			
– Kartoffeln	16	26	(II)
– Zwiebeln	8	13	III
– Tabak	11	16	III
Rübenköpfen	26	28	II
Hühnerhaltung	1	1	V

Erläuterungen:

$\bar{q}_2$  arithmetische Mittelwerte der Gehalte an kristallinem SiO<sub>2</sub> im Feinstaub

$\bar{q}_2 + s$  arithmetische Mittelwerte plus Standardabweichungen zur sicheren Bewertung bei der Einstufung in Staubgruppen

Bei großen Abweichungen der Mittelwerte  $\bar{q}_2$  von  $(\bar{q}_2 + s)$  ist die Staubgruppe in Klammern gesetzt.

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

#### 3.3 Ausgewählte internationale Grenzwerte

In Tabelle 10 sind für einige ausgewählte Staaten die Grenzwerte für Quarz, Cristobalit und Tridymit aufgeführt.

Tabelle 10:  
Ausgewählte internationale Grenzwerte für Quarz (Q), Cristobalit (C) und Tridymit (T)

Staat	Stand	Grenzwert in mg/m <sup>3</sup>			Bemerkungen
		Quarz	Cristobalit	Tridymit	
Belgien	2005	0,1	0,05	0,05	
Dänemark	2005	0,1 0,3	0,05 0,15	0,05 0,15	Im A-Staub Im E-Staub
Deutschland	2005	–	–	–	Bisheriger Grenzwert 0,15 mg/m <sup>3</sup> für die Summe von Q, C und T ist ab Juli 2005 entfallen
Finnland	2005	0,2	0,1	0,1	
Frankreich	2004	0,1	0,05	0,05	Weitere Begrenzung für die Summe von Q, C und T <sup>1)</sup>
Griechenland	*	0,1	0,05	0,05	
Großbritannien	2002	0,3	0,3	0,3	
Irland	*	0,05	0,05	0,05	
Italien	*	0,05	0,05	0,05	
Luxemburg	*	0,15	0,15	0,15	

Staat	Stand	Grenzwert in mg/m <sup>3</sup>			Bemerkungen
		Quarz	Cristobalit	Tridymit	
Niederlande	2005	0,075	0,075	0,075	
Norwegen	2005	0,1 0,3	0,05 0,15	0,05 0,15	Im A-Staub Im E-Staub Weitere Begrenzung für die Summe von Q, C und T <sup>2)</sup>
Österreich	2003	0,15	0,15	0,15	Summe von Q, C und T < 0,15
Portugal	*	0,1	0,05	0,05	
Schweden	2005	0,1	0,05	0,05	
Schweiz	2005	0,15	0,15	0,15	Summe von Q, C und T < 0,15
Spanien	2005	0,1	0,05	0,05	
Australien	2005	0,1	0,1	0,1	
Japan	2005	<sup>3)</sup>			Kein Grenzwert für Q, C oder T
USA (OSHA)	2005	0,1 0,3	0,05 0,15	0,05 0,15	Im A-Staub <sup>4)</sup> Im E-Staub <sup>4)</sup>

\*: Stand Juli 2004, nach IMA-Europe (Industrial Mineral Association), [www.ima-eu.org](http://www.ima-eu.org)

$$1) \frac{\text{A-Staub [mg/m}^3\text{]}}{\text{Grenzwert A-Staub}} + \frac{\text{Quarz [mg/m}^3\text{]}}{0,1} + \frac{\text{Cristobalit [mg/m}^3\text{]}}{0,05} + \frac{\text{Tridymit [mg/m}^3\text{]}}{0,05} \leq 1$$

$$2) \frac{\text{Quarz [mg/m}^3\text{]}}{\text{Grenzwert (Quarz)}} + \frac{\text{Cristobalit [mg/m}^3\text{]}}{\text{Grenzwert (Cristobalit)}} + \frac{\text{Tridymit [mg/m}^3\text{]}}{\text{Grenzwert (Tridymit)}} \leq 1$$

### 3 Grenzwerte und Vorschriften

- 3) kein separater Grenzwert für Quarz, Cristobalit oder Tridymit;  
wenn Quarzgehalt über 10 % beträgt; Berechnung gemäß folgender Formeln:

$$\text{Grenzwert A-Staub [mg/m}^3] = \frac{2,9}{0,22 \cdot \text{Quarz [Masse-Prozent]} + 1}$$

$$\text{Grenzwert E-Staub [mg/m}^3] = \frac{12}{0,23 \cdot \text{Quarz [Masse-Prozent]} + 1}$$

Bei Quarzgehalt < 10 Masse%: Grenzwert A-Staub: 1 mg/m<sup>3</sup>  
Grenzwert E-Staub: 4 mg/m<sup>3</sup>

- 4) Grenzwerte berechnet aus folgenden Formeln für einen Quarzgehalt im Staub von 100 Masse%:

$$\text{Grenzwert Quarz [im A-Staub]} = \frac{10 \text{ mg/m}^3}{\text{Quarz [Masse-Prozent]} + 2}$$

$$\text{Grenzwert Quarz [im E-Staub]} = \frac{30 \text{ mg/m}^3}{\text{Quarz [Masse-Prozent]} + 2}$$

Für Cristobalit und Tridymit ist jeweils die Hälfte der berechneten Werte anzusetzen.

# 4 Messverfahren

## 4.1 Probenahmeverfahren

### 4.1.1 A-Staub, Definition und Probenahmesysteme

Nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 900) bezieht sich der bis 2005 gültige Luftgrenzwert für Quarz auf die alveolengängige Fraktion. Bis 1993 war diese Fraktion als Feinstaub gemäß der Johannesburger Konvention von 1959 definiert. Theoretisch entspricht dieses Partikelspektrum einem Staubkollektiv, das hinter einem Abscheidesystem mit der Trennfunktion eines Sedimentationsabscheiders erhalten wird. Der Durchlassgrad eines solchen Vorabscheiders gemäß der Johannesburger Konvention ist für bestimmte aerodynamische Durchmesser in Tabelle 11 zusammengestellt

und in Abbildung 15 (siehe Seite 56) dargestellt.

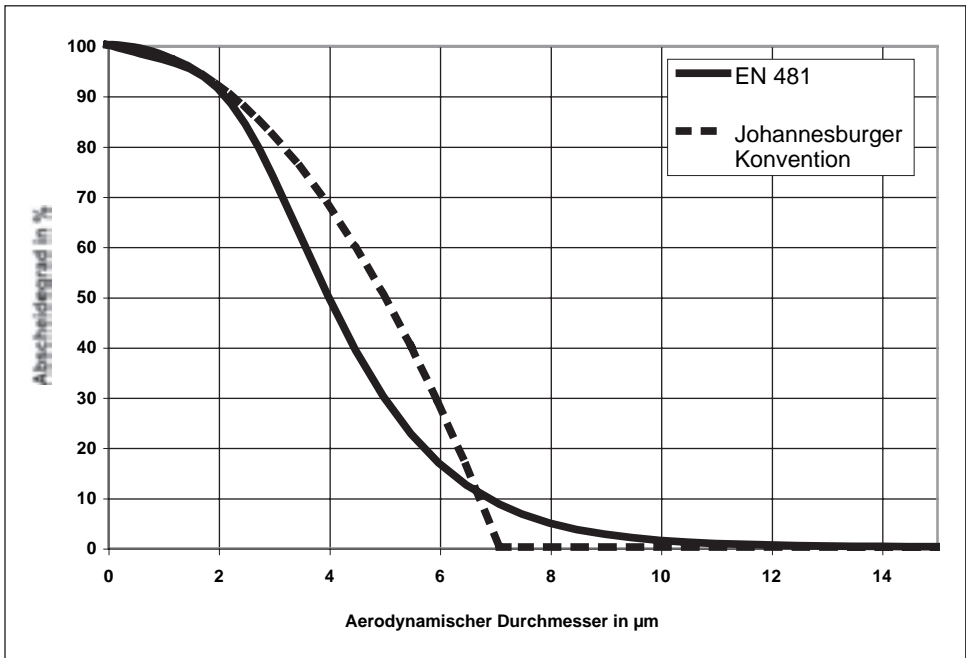
Seit 1994 wird in der TRGS 900 als Grundlage der Definition für die alveolengängige Fraktion die europäische Norm DIN EN 481 [21; 24] genannt (siehe auch Tabelle 6). Beide Konventionen sind nicht deckungsgleich, die Unterschiede fallen aber bei den praktisch vorkommenden Staubpartikelverteilungen relativ gering aus.

Die bisher eingesetzten Probenahmegeräte zur Feinstaubmessung können auch weiterhin verwendet werden, da deren Vorabscheider Abscheidefunktionen aufweisen, die nur geringe Abweichungen von der Sollfunktion der Norm DIN EN 481 zeigen [29].

Tabelle 11:  
Durchlassgrad von Vorabscheidern gemäß der Johannesburger Konvention und DIN EN 481 [17; 24]

Johannesburger Konvention (1959)		DIN EN 481 (1993)	
Aerodynamischer Durchmesser von Staubpartikeln der Dichte 1 g/cm <sup>3</sup> in µm	Durchlassgrad in %	Aerodynamischer Durchmesser von Staubpartikeln der Dichte 1 g/cm <sup>3</sup> in µm	Durchlassgrad in %
1,5	95	1	97,1
3,5	75	3	73,9
5,0	50	4	50,0
7,1	0	16	0

Abbildung 15:  
Abscheidefunktion für die alveolengängige Staubfraktion gemäß der Johannesburger Konvention („Feinstaub“) und der DIN EN 481 („A-Staub“) [17; 24]



Die in DIN EN 481 enthaltenen Definitionen der einatembaren und der alveolengängigen Fraktion wurden inhaltlich identisch auch in der 1996 als deutsche Norm übernommenen DIN ISO 7708 wiedergegeben [30].

Die bisher eingesetzten Probenahme-geräte mit Vorabscheider zur Erfassung der alveolengängigen Fraktion sind in Tabelle 12 zusammengestellt.



Tabelle 12:  
 Probenahmesysteme für die alveolengängige Staubfraktion mit Angabe des Luftvolumenstromes

Probenahmesystem	Luftvolumenstrom in m <sup>3</sup> /h
<b>Personengetragen<sup>a)</sup></b>	
FSP-BIA unter Verwendung des Casella-Zyklon	0,12
FSP-10 mit 10-Zyklon und Pumpe SG 10	0,60
<b>Ortsfest</b>	
MPG II mit Sedimentationsvorabscheider entsprechend der Johannesburger Konvention	2,8
PM 4F Zyklonvorabscheider	4,0
VC 25F Vorabscheidung durch Impaktion	22,5
VC 25I wie VC 25F, mit zusätzlichem Impaktor, besonders geeignet für Messungen in Nassbereichen	22,5

<sup>a)</sup> Neben den Probenahmesystemen zur Erfassung einer bestimmten Staubfraktion wurden in den letzten Jahren auch Probenahmegeräte zur simultanen Erfassung der E- und A-Staub-Fraktion entwickelt. Verfügbar sind z.B. die Probenahmesysteme PGPEA (3,5 l/min) und Respicon TM (3,1 l/min)

#### 4.1.2 Personengetragene und ortsfeste Messungen

Generell sind bei Messungen an der Person einerseits und ortsfest andererseits abweichende Staubkonzentrationen festzustellen. Zumeist liegen die mit der personengetragenen Probenahme ermittelten

Konzentrationen über denen der ortsfesten Probenahme (Beispiele hierfür siehe BGIA-Arbeitsmappe, Kennzahl 0412). Ob eine ortsfeste Probenahme zur Feststellung der Exposition der Arbeitnehmer in bestimmten Arbeitsbereichen herangezogen werden kann, lässt sich z.B. durch Vergleichsmessungen ermitteln.

### 4.2 Analysenverfahren

Alle in Tabelle 12 aufgeführten Probenahme-systeme scheiden die alveolengängigen Stäube auf Membranfiltern ab. Ausgehend von diesen beaufschlagten Filtern und dem bekannten Durchsatz des Probeluftvolumens ist neben der Feinstaubkonzentration auch die Quarz-A-Staub-Konzentration zu ermit-teln. Hierzu stehen im Prinzip röntgenografi-sche, infrarotspektrografische sowie unter-geordnet phasenkontrastmikroskopische (Abschätzung des Massenanteils von Quarz im A-Staub) Analysenverfahren zur Verfügung.

Bei der röntgenografischen Analyse werden neben Quarz auch nachweisbare Cristo-balitanteile im Staub direkt erkannt, da die Peaklage der Hauptinterferenz des Cristo-balits in der Nähe einer der für die Quarz-bestimmung ausgewerteten Interferenzen liegt. Die Bestimmung der Cristobalit-A-Staub-Konzentration geschieht analog zu dem für Quarz beschriebenen röntgenografischen Verfahren. Die Bestimmung von Cristobalit mittels IR-Spektroskopie ist problematischer, da die relevante Extinktionsbande von Cristo-balit eine der Extinktionsbanden von Quarz überlagert. Für die Bestimmung von Tridymit kann ein röntgenografisches Verfahren in Anlehnung an das Verfahren zur Quarz-bestimmung eingesetzt werden. Da Tridymit eine polytype Substanz ist, sollte eine Kali-

brierprobe aus dem betreffenden Arbeits-bereich verwendet werden.

#### 4.2.1 Röntgendiffraktometrie

Ausgehend von einer definierten Feinstaub-masse auf den Membranfiltern wird ein mit ca. 5 mg Substanzmenge belegter Teilaus-schnitt des Filters zur Quarzanalyse heran-gezogen. Durch Verglühen der Membran-filtersubstanz in Porzellantiegeln bei maximal 650 °C und anschließender Salzsäure-behandlung des Glührückstandes im Ultra-schallbad gehen die salzsäurelöslichen Komponenten wie z.B. Carbonate und Eisen-oxide in Lösung. Die verbleibende Suspen-sion wird mittels Vakuumfiltration auf Silber-filter übertragen, wobei auf diesem Filter eine dünne homogene Feinstaubschicht entsteht, die dann der röntgenografischen Analyse zugeführt wird.

Für die quantitative Quarzbestimmung bietet sich zunächst die stärkste Interferenz bei  $d = 0,334$  nm an. Diese kann jedoch z.B. bei Anwesenheit von Glimmern erheblich gestört werden. Auch die zweitstärkste Interferenz von  $d = 0,426$  nm und die drittstärkste Interferenz von  $d = 0,182$  nm werden aus-gewertet. Die drittstärkste Interferenz erwies sich als weitgehend störungsfrei. Bei hin-reichend dünnen Schichten auf dem Silber-filter, gegeben bei  $\leq 4$  mg Substanzmenge,

lässt sich die Masse des Quarzfeinstaubes direkt aus der Interferenzintensität auf dem Silberfilter ermitteln, und zwar ohne Berücksichtigung der Massenschwächungskoeffizienten im vorliegenden Mineralgemenge. Bei dicken Schichten ist diese Vernachlässigung nicht mehr zulässig. Eine ausführliche Beschreibung des Analysenverfahrens findet sich in der Literatur [31]. Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, dass die dokumentierten Quarzfeinstaubkonzentrationen überwiegend nach der beschriebenen Methode röntgenografisch ermittelt wurden. Nur bei personengetragenen Probenahmesystemen und geringer Belegung der Filter (ca. < 2 mg) bietet die Infrarotspektroskopie eine günstigere Nachweisgrenze.

#### 4.2.2 Infrarotspektroskopie

Das beaufschlagte Filter oder ein definierter Anteil des belegten Filters wird mit einer bekannten Menge Kaliumchlorid (KCl) in einer Schwingmühle homogenisiert und nach Zugabe von einigen Tropfen Isopropanol bei 620 °C verascht. Daraus wird eine definierte Teilmenge entnommen und ein KCl-Pressling erstellt. Es ist darauf zu achten, dass ein Verhältnis von 1 mg Substanz zu 250 mg KCl nicht überschritten wird.

Die quantitative Auswertung erfolgt anhand der Doppelbande bei 779/798  $\text{cm}^{-1}$

über die integrale Extinktion. Bei hohen Quarzanteilen lässt sich auch die schwächere Bande bei 695  $\text{cm}^{-1}$  heranziehen [32].

#### 4.2.3 Phasenkontrastmikroskopie

Bei der Phasenkontrastmikroskopischen Quarzanalyse werden die Stäube auf einen Objektträger gegeben, mit einer Einbettungsflüssigkeit versetzt, die den Brechungsindex von Quarz sehr nahe kommen (z.B. Eugenol:  $n_D = 1,542$ ), mit einem Deckglas abgedeckt und untersucht. Stäube auf Membranfiltern lassen sich als Suspension in der Einbettungsflüssigkeit mit einer Lanzette leicht vom Membranfilter auf das Deckglas überführen. Der Quarz hebt sich dann im positiven Phasenkontrast (weißes Licht) durch eine spezielle optische Anfärbung von allen übrigen Partikeln ab, die unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen und farblos erscheinen. Eine Abschätzung des Quarzgehaltes kann nach Durchmusterung von ca. 100 Gesichtsfeldern vorgenommen werden. Die Betrachtung bei gekreuzten Polarisatoren erlaubt weiterhin eine Differenzierung zwischen isotropen und doppelbrechenden Mineralkomponenten [33]. Diese Methode bietet sich an, wenn man sich kurzfristig einen Anhaltspunkt über die Größenordnung des Quarzgehaltes verschaffen will.

### 4.2.4 Phosphorsäureverfahren

Die Bestimmung von Quarz im Phosphorsäureaufschluss wurde Anfang der 1950er Jahre im Bereich des Arbeitsschutzes etabliert und war hier bis Ende der 1960er Jahre das überwiegend eingesetzte Verfahren. Zu dieser Zeit wurde die alveolengängige Staubfraktion noch nicht direkt gemessen. Die Probenahme erfasste den Gesamtstaub, der dem heutigen E-Staub entspricht. Der Feinanteil des Staubes wurde dann mittels Sedimentationsanalyse abgetrennt und konnte separat untersucht werden.

Grundlage des Analysenverfahrens ist, dass Phosphorsäure die meisten Silikate auflöst, während Quarz nur schwach angegriffen wird. Nach einer Vorbehandlung der Probe mit HCl zum Entfernen störender Komponenten wird diese in einem Tiegel bei 250 °C frisch entwässertes Phosphorsäure ausgesetzt. Nach einer Einwirkzeit wird der Tiegelinhalt mit Wasser verdünnt, Tetrafluoroborsäure  $\text{HBF}_4$  zugegeben – um das Ausfällen von  $\text{SiO}_2$  zu verhindern – und anschließend filtriert. Der Rückstand wird verascht und danach mit Flusssäure (HF) abgeraucht. Aus der Differenz des phosphorsäureunlöslichen Rückstands und des Rückstands nach dem Abrauchen wird der Quarzanteil abgeschätzt [34; 35].

### 4.2.5 Auftreten amorpher Kieselsäuren

Zur Bestimmung des Anteils amorpher Kieselsäure in Stäuben wird ein infrarotspektroskopisches Verfahren eingesetzt. Anhand des Analysenverfahrens ist es aber nicht möglich, die Art der amorphen Kieselsäure in der Probe zu identifizieren. Auch die Unterscheidung einer amorphen Kieselsäure von einem anderen amorphen Material mit hohem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt (z.B. Fensterglas) ist nicht möglich. Entscheidend für die Bestimmung der Konzentration amorpher Kieselsäure im Arbeitsbereich sind daher Vorkenntnisse über eingesetzte bzw. auftretende Materialien. Im Vorfeld ist zu ermitteln, ob bei einem bestimmten Arbeitsprozess amorphe Kieselsäuren verwendet werden und um welche Art amorpher Kieselsäure es sich handelt. Hierzu sind z.B. Informationen aus Sicherheitsdatenblättern heranzuziehen. Erst dann kann die Probenahme und der richtige Bezug zu einem Grenzwert hergestellt werden (siehe auch Abschnitt 3.1.2). Daneben ist zu bedenken, dass bei bestimmten Prozessen amorphe Kieselsäuren entstehen können, so z.B. beim Schmelzen von Quarzsand (Quarzglas/Kieselglas) oder der Herstellung von Silicium (Kieselrauch) (siehe auch Abschnitt 2.2).

Amorphe Kieselsäuren können auch Anteile kristalliner  $\text{SiO}_2$ -Modifikationen enthalten; von besonderer Bedeutung sind Kieselguren.

Dabei handelt es sich um einen natürlichen Rohstoff, der aus abgelagerten Kieselalgen-skeletten besteht. Je nach Lagerstätte können ungebrannte Kieselguren Anteile von Quarz aufweisen. Werden Kieselguren gebrannt (kalziniert), entsteht Cristobalit, dessen Anteil üblicherweise zwischen etwa 50 und 80 Masse-% liegt. In solchen Fällen sind amorphe und kristalline SiO<sub>2</sub>-Modifikationen getrennt zu ermitteln und bewerten.

#### 4.2.6 Nachweisgrenzen und Einfluss der Staubkonzentration

Im günstigsten Fall – keine hohen Staubkonzentrationen oder keine Störungen durch Querempfindlichkeiten anderer Staubkomponenten – können mit den verschiedenen Probenahmesystemen die in Tabelle 13 aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden.

Tabelle 13:  
Relative Nachweisgrenzen für die Bestimmung der Quarz-A-Staub-Konzentration in Abhängigkeit vom Probenahmesystem und der Probenahmedauer im günstigsten Fall

Probenahmedauer in h	Relative Nachweisgrenze in mg/m <sup>3</sup> bei Verwendung des Probenahmesystems				
	VC 25F oder VC 25I	PM 4F	MPG II	FSP-BIA	FSP-10
0,25	0,014	0,040	0,057	0,33	0,067
0,5	0,007	0,020	0,029	0,17	0,033
1	0,004	0,010	0,014	0,083	0,017
2	0,002	0,005	0,007	0,042	0,008
4	0,0009	0,003	0,004	0,021	0,004
6	0,0006	0,002	0,002	0,014	0,003
8	0,0004	0,001	0,002	0,010	0,002

Probenahme mit VC 25F/I, PM 4F, MPG II: hier Analysenverfahren Röntgendiffraktion;  
Probenahme mit FSP-BIA, FSP-10: hier Analysenverfahren IR-Spektrometrie

Da bei der Bestimmung von Quarz die erreichbare relative Nachweisgrenze entscheidend von der Staubbelegung der beaufschlagten Filter abhängt, ist hier besonders auf den Einfluss der A-Staub-Konzentration im zu beurteilenden Arbeitsbereich zu achten. Zur analytischen Bestimmung kann nur eine begrenzte Menge des Staubes vom Filter eingesetzt werden (maximal 4 mg bei Röntgendiffraktion bzw. 1 mg bei Infrarotspektrometrie). Deshalb steigt die Nachweisgrenze mit zunehmender A-Staub-Konzentration. Für die ortsfeste Probenahme mit dem VC 25F und die personengetragene Probenahme mit dem FSP-10 ist der Einfluss der A-Staub-Konzentration auf die relative Nachweisgrenze für Quarz in Tabelle 14 dargestellt. Die Tabelle zeigt die relativen Nachweisgrenzen für die Bestimmung von Quarz-A-Staub in Luftproben für verschiedene A-Staub-Konzentrationen im Vergleich.

Deutlich zu erkennen ist, dass die Nachweisgrenze bei einer bestimmten Staubkonzentration im Arbeitsbereich durch Verlängerung der Probenahmedauer nicht mehr zu verbessern ist. Als einfache Faustregel kann festgehalten werden:

Die relative Nachweisgrenze der Quarz-A-Staub-Konzentration bei Luftmessungen kann nicht niedriger sein als ein Hundertstel der A-Staub-Konzentration im zu beurteilenden Arbeitsbereich.

Das heißt, wenn in einem Arbeitsbereich die A-Staub-Konzentration z.B.  $2,5 \text{ mg/m}^3$  beträgt, kann die Nachweisgrenze der Quarzbestimmung den Wert von  $0,025 \text{ mg/m}^3$  nicht unterschreiten, unabhängig davon, welches Probenahmegerät eingesetzt, welche Probenahmedauer festgelegt und welches Analysenverfahren eingesetzt wird. Dieser Zusammenhang ist auch in Abbildung 16 (siehe Seite 64) dargestellt.

Tabelle 14:

Relative Nachweisgrenzen für Quarz-A-Staub bei ortsfester (VC 25F) und personengetragener Probenahme (FSP-10) in Abhängigkeit von der A-Staub-Konzentration und der Probenahmedauer

Probenahmedauer in h	Probenahme mit VC 25F					Probenahme mit FSP-10						
	A-Staub-Konzentration in mg/m <sup>3</sup>					A-Staub-Konzentration in mg/m <sup>3</sup>						
	nur Quarz	0,3	1,5	3,0	6,0	nur Quarz	0,3	1,5	3,0	6,0		
0,25	0,014	0,014	0,015	0,030	0,060	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067		
0,5	0,0071	0,0071				0,033	0,033	0,033	0,033	0,015	0,030	0,060
1	0,0036	0,0036				0,017	0,017	0,017				
2	0,0018	0,0030				0,0083	0,0083	0,015				
4	0,0009					0,0042	0,0042					
6	0,0006					0,0028	0,0030					
8	0,0004					0,0021						

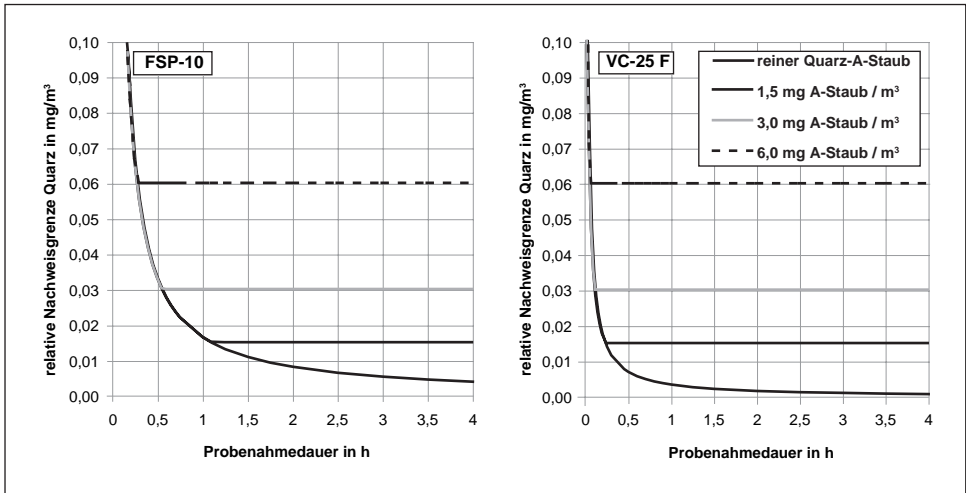
nur Quarz: auf dem Filter befindet sich reiner Quarzstaub

Probenahme mit VC 25F: hier Analysenverfahren Röntgendiffraktion

Probenahme mit FSP-10: hier Analysenverfahren IR-Spektrometrie

## 4 Messverfahren

Abbildung 16:  
Relative Nachweisgrenzen für die Bestimmung der Quarz-A-Staub-Konzentration  
von Luftproben in Abhängigkeit von der A-Staub-Konzentration und der Probenahmedauer  
am Beispiel der Probenahmesysteme VC 25F und FSP-10





# 5 Vorkommen

## 5.1 Natürliches Vorkommen

### 5.1.1 Quarz

Quarz ist nach den Feldspäten das häufigste Mineral der Erdkruste. Er kommt in verschiedenen Bildungsbereichen vor (siehe Tabelle 15 auf Seite 66).

In sauren Magmatiten, sowohl in Intrusiv- als auch in Effusivgesteinen (z.B. Granit, Rhyolith), ist Quarz ein Hauptbestandteil. Granite enthalten zwischen etwa 10 und 50 Masse-% Quarz. Je basischer die Gesteine sind, umso geringer ist der Quarzgehalt. Basalte bzw. Gabbros weisen in der Regel keine oder nur sehr geringe Quarzgehalte auf. In pegmatitischen Gesteinen stellt Quarz, häufig in besonders großen Kristallen ausgebildet, einen Hauptbestandteil dar.

In hydrothermalen Bildungen tritt Quarz als Durchläufer zumeist in Paragenese mit zahlreichen Erzmineralen auf. Bei günstigen Bildungsbedingungen entstehen die sehr reinen Bergkristalle.

Die infolge von Erosionsprozessen entstehenden Sedimentgesteine haben teilweise sehr hohe Quarzgehalte. Aufgrund der besonderen Verwitterungsresistenz des Quarzes können fast reine Sandsteine entstehen. Je nach Anteil zusätzlicher Bestandteile (Feldspäte,

Schichtsilikate, Carbonate etc.) sind fließende Übergänge zu Grauwacken, Arkosen und Kalksandsteinen ausgebildet. In Tonsteinen (Siltsteinen) ist Quarz in der Regel mit Masseanteilen von ca. 20 bis 40 % enthalten [36]. Auch in Kalksteinen können Quarzanteile vorkommen. Weiterhin kann Quarz auch Bestandteil von biogenen Sedimentgesteinen sein. Aus abgelagerten Opalskeletten von Diatomeen, Radiolarien oder Kieselalgen entstehen lockere, fein poröse oder auch massige Gesteine (Kieselgur, Tripel, Kieselschiefer, Radiolarite), in denen bei nachträglichen Umkristallisationen neben Cristobalit auch kryptokristalliner Quarz entstehen kann.

Metamorphe Gesteine bilden sich durch nachträgliche Umwandlungsprozesse sowohl aus magmatischen als auch aus sedimentären Gesteinen. Die Quarzgehalte in Metamorphiten hängen deshalb von den Ausgangsgesteinen der Metamorphose ab. Durch Metamorphose entstehen beispielsweise Quarzite aus reinen Sandsteinen und Gneise aus Graniten.

Ein Überblick über die Quarzgehalte verschiedener Gesteinstypen findet sich in [37]. Eine Verwitterung von Gesteinen führt zur Bodenbildung. Hierbei wird ein Teil der gesteinsbildenden Minerale umgewandelt. Der relativ resistente Quarz bleibt jedoch in den Verwitterungsschichten weitgehend

## 5 Vorkommen

Tabelle 15:  
Typische Quarzgehalte verschiedener Gesteine [37]

Gestein	Quarzgehalt in Masse-%
<b>Magmatische Gesteine</b> <b>– Plutonite (Tiefengesteine)</b> Silixite, Peracidite Granit, Granodiorit, Tonalit, Quarzdiorit Quarzsyenit, Granosyenit, Quarzmonzonit, Quarzdiorit Syenit, Monzonit, Diorit, Gabbro, Anorthosit, Peridotit, Essexit, Theralit, Basanit, Phonolith, Tephrit, Pyroxenit, Hornblendit, Dunit, Foidolit, Nephelinit, Fojait, Leucitit, Melilit	> 50 10 bis 50 < 10 üblicherweise quarzfrei
<b>– Vulkanite (Eruptivgesteine)</b> Rhyolith, Rhyodazit, Dazit, Quarzkeratophr, Quarzporphyr, Quarzporphyrit Quarztrachyt, Quarzlatit, Quarzandesit, Keratophr, Porphyr, Porphyrit Trachyt, Latit, Andesit, Basalt, Foidit, Porphyrit, Melaphyr, Diabas, Pikrit	10 bis 50 < 10 üblicherweise quarzfrei
<b>Metamorphe Gesteine</b> Quarzit, Glimmerquarzit, Quarzitischer Gneis, Quarzphyllit, Quarzglimmerschiefer Gneis, Phyllit, Glimmerschiefer, Chloritschiefer Talkschiefer, Amphibolit, Eklogit, Marmor, Dolomitmarmor	> 50 < 50 quarzfrei bis < 10
<b>Sedimentgesteine</b> Sandstein, Quarzsandstein, Feldspatsandstein, Phyllosandstein, Kalksandstein*), Kiesel-schiefer Quarzgrauwacke, (quarzarne) Grauwacke, Arkose, Quarzarkose, Feldspatarkose, Kieselkalk, Kiesel-schiefer Tone, Tonschiefer, Schiefer, Schieferton Kalke, Kalkstein, Kalk-schiefer, Kreide, Mergel, Gips, Dolomit	> 50 10 bis 70 < 50 quarzfrei bis < 10

\*) natürlich entstandene Kalksandsteine; zu technisch hergestellten Kalksandsteinen siehe Kapitel 6

erhalten. Durch Windabtragung und anschließende Ablagerung dieses Materials entstehen z.B. die intensiv landwirtschaftlich genutzten Lössböden. In Böden können, abhängig vom verwitterten Gesteinstyp und den jeweiligen Prozessen der Bodenbildung, unterschiedliche Quarzanteile enthalten sein (vgl. [38]).

Opale bestehen aus amorpher Kieselsäure. Chalcedon in seinen verschiedenen Varietäten (z.B. Achat, Onyx; siehe auch Abbildung 7) besteht aus einer Mischung kryptokristallinen Quarzes und amorpher Kieselsäure.

In den USA besteht neben den Grenzwerten für Quarz, Cristobalit und Tridymit ein weiterer Grenzwert für die Quarzfeinstaubkonzentration in „Tripoli“, in Deutschland als „Tripel“, früher auch als „terra tripolitana“ bezeichnet [39]. In der TLV-Liste (Threshold Limit Values) wird Tripoli ebenfalls unter der Kategorie der kristallinen Form des  $\text{SiO}_2$  geführt. Aus mineralogischer Sicht wird der Begriff Tripel allerdings als Synonym für Kieselerde benutzt, die aus sedimentierten Skeletten von Radiolarien und Diatomeen besteht und damit eine Varietät des Opal ( $\text{SiO}_2 + n\text{H}_2\text{O}$ , amorph) ist [38]. Der zur Oberflächenbehandlung als Schleifmittel verwendete amerikanische Tripel wird in [39] als amorphe Kieselsäure ohne kristallines  $\text{SiO}_2$  beschrieben, wobei neben  $\text{SiO}_2$

ca. 8 % andere Komponenten im Produkt enthalten sind (Eisen, Aluminium, untergeordnet auch Magnesium, Mangan, Titan u.a.).

### 5.1.2 Cristobalit

Cristobalit kommt in den Hohlräumen saurer bis intermediärer Effusivgesteine wie z.B. Trachyten und Andesiten vor. Vereinzelt tritt Cristobalit auch in der Grundmasse von Trachyten auf [2]. Weiterhin ist Cristobalit in vielen Achaten und in Einzelfällen in Bentonit (Vorkommen in Wyoming, USA) enthalten. Auch in biogenen Sedimenten aus Kieselorganismen kann durch nachträgliche Kristallisation Cristobalit entstehen (vgl. Abschnitt 4.1.1).

### 5.1.3 Tridymit

Natürlicher Tridymit enthält meist geringe Anteile an Alkalien. Er kommt vereinzelt und zumeist auch nur in geringen Mengenanteilen in den Hohlräumen saurer bis intermediärer Effusivgesteine (Trachyt, Andesit) vor.

## 5.2 Synthetisch hergestellte kristalline $\text{SiO}_2$ -Modifikationen

### 5.2.1 Quarz

Die synthetische Herstellung von Tiefquarz geschieht durch Hydrothermalsynthese. Die

## 5 Vorkommen

Kristallisation des Quarzes vollzieht sich im Autoklaven. Aus einer  $\text{SiO}_2$ -gesättigten wässrigen Lösung kristallisiert der Quarz im Temperaturgradienten auf Impfkristallplatten (ausführliche Beschreibung in [40]). Die Weltjahresproduktion betrug 1982 ca. 300 000 t.

### 5.2.2 Cristobalit

Ausgangsprodukt der synthetischen Herstellung von Cristobalit sind Quarzsande. Diese werden in einem Drehofen unter Katalysatorzusatz (Alkaliverbindungen) bei ca. 1 500 °C behandelt. Die gewonnenen Cristobalitsande weisen Cristobalitgehalte von 85 bis 90 Masse-% auf (röntgenografisch bestimmt), daneben enthalten sie  $\text{SiO}_2$ -Glasphase [3].

Cristobalit kann auch in Silikasteinen von Martinöfen enthalten sein und als Entglasungsprodukt von Quarzgläsern auftreten. Gebrannte Kieselguren können hohe Cristobalitanteile aufweisen.

### 5.2.3 Tridymit

Cristobalit kann durch rekonstruktive Umwandlung in Tridymit überführt werden. Dieser Vorgang läuft nur bei sehr hohen Temperaturen ab und erfordert eine hohe Aktivierungsenergie [3]. Die synthetische Tridymitherstellung ist für die Industrie ohne Bedeutung.

Tridymit kann außerdem in Silikasteinen von Martinöfen, in Koksofensteinen und als Entglasungsprodukt von Quarzgläsern vorkommen.

# 6 Verwendung und Auftreten

## 6.1 Quarz

### 6.1.1 Gewinnung von quarzhaltigen Kiesen und Sanden (siehe auch Abschnitt 7.3.1)

Die in der Natur in Form von Verwitterungsprodukten kristalliner Gesteine auftretenden Quarzkiese und Quarzsande sind wichtige Rohstoffe für die gewerbliche Wirtschaft. Sie werden in den sedimentären Lagerstätten gewonnen und durch Wasch-, Sieb- und Mahlprozesse aufgearbeitet.

Kiese werden als Verkaufsprodukte mit einer Körnung von 2 bis 48 mm angeboten.

Sande finden im feuchten oder trockenen Zustand mit definierten Reinheits- und Feinheitsgraden mit diversen Körnungen Verwendung. Sie werden als Rohstoffe, Formstoffe, Hilfsstoffe und Abrasivstoffe eingesetzt. Durch eine chemische Modifikation ihrer Oberfläche können verbesserte Vernetzungen und Verbindungen mit anderen Stoffen erreicht werden.

Quarzmehle werden aus sehr reinem Quarzsand durch eisenfreies Vermahlen gewonnen. Dabei können Fraktionen mit Korndurchmessern von wenigen  $\mu\text{m}$  erhalten werden.

### 6.1.2 Gießereiindustrie (Gießereisande) (siehe auch Abschnitt 7.3.4)

Aufgrund seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie seiner Feuerbeständigkeit eignet sich Quarz als Formgrundstoff für die Gießereiindustrie [41]. Der Sinterbeginn von Quarzsanden, die zu mehr als 99 % aus  $\text{SiO}_2$  bestehen, liegt bei über 1 500 °C [3]. Der Kornanteil < 20  $\mu\text{m}$  Durchmesser sollte möglichst gering sein. Bevorzugt werden Sande mit kanten gerundeten („Naturkorn“) monomineralischen Körnern.

### 6.1.3 Chemische Industrie (siehe auch Abschnitt 7.3.9)

Quarzsand ist der Rohstoff für die Herstellung einer Reihe von Chemikalien, die wiederum Ausgangsbasis für die Synthese einer Vielzahl von Verbindungen sind.

Wasserglas (Natrium- und Kaliumsilikate) wird durch Erhitzen von Gemischen aus Quarzsand (Körnung: 0,1 bis 0,5 mm) und Alkalicarbonaten bei 1 600 °C erhalten. Ein großer Teil der Alkalisilikate wird zur Wasch- und Reinigungsmittelherstellung verwendet. Weiterhin werden daraus z.B. Füllstoffe, Katalysatoren, Kieselsole und -gele oder Wasserglasfarben hergestellt.

Siliciumcarbid entsteht im elektrischen Widerstandsofen bei der Umsetzung von Quarzsand und Petrolkoks. Es ist ein wichtiges Schleifmittel, ein Werkstoff für Feuerfestwaren oder elektrisch leitfähige Heizelemente und dient z.B. auch zur Erhöhung der Verschleiß- oder Rutschfestigkeit von Bodenbelägen.

Siliciumtetrachlorid wird aus Quarzsand, Siliciumcarbid und Koks durch Behandlung mit Chlor im Fließbettreaktor hergestellt. Aus Siliciumtetrachlorid kann durch thermische Spaltung Reinstsilicium erhalten werden. Durch Verbrennung wird hoch disperse Kieselsäure produziert.

Organosilane, organische Siliciumverbindungen, werden ausgehend von reinem Silicium (siehe unten), Siliciumtetrachlorid oder anderen Halogensilanen synthetisiert. Diorganodichlorsilane sind die Ausgangsstoffe für die technisch sehr wichtigen Silikone.

Silicium als Element wird zunächst als Rohsilicium karbothermisch durch die Reduktion von Quarzsand mit Koks (oder Aluminium) gewonnen und zu hoch reinem Silicium für Solarzellen oder Computerchips aufgearbeitet. Der Weg über das Silicium wird auch zur Synthese sehr reiner Siliciumhalogenide (siehe oben) eingeschlagen [42].

Quarzmehl und -sand eignen sich sehr gut als Füllstoff (siehe auch Abschnitt 7.3.9) für Gießharze, Press- und Gießmassen. Der Vorteil von Quarz als Füller in Gießharz liegt darin, dass er die Eigenschaften des Gießharzes, z.B. die Topfzeiten, nicht beeinträchtigt.

Ein weiteres Feld ist der Einsatz von Quarzsand oder -mehl in Beschichtungsstoffen wie Lacken, Farben oder Spachtelmassen, in Klebstoffen sowie in Reinigungs- und Pflegemitteln. Große Mengen finden auch in technischen Gummiwaren, Reifen und Kunststoffen Verwendung.

In vielen Fällen wird für die beschriebenen Verwendungen auch amorphes Siliciumdioxid, das aus Quarzsand hergestellt wird, als Füllstoff verwendet.

Mit Pigmosol-Farbstoffen oder Oxidfarben eingefärbte Quarzkörner (sogenannte „Colorfraktionen“) können z.B. als Zuschlagstoffe in Dekorputzen oder Gießharzen für eine dekorative Oberflächengestaltung eingesetzt werden [43].

### 6.1.4 Keramische Industrie (siehe auch Abschnitt 7.3.3)

Als Grundkomponente sowohl für die Feinal- als auch für die Grobkeramik dienen tonige Rohstoffe. Ton bzw. Kaolin ist ein feinkörnig-

ges Sediment, das durch Verwitterung von feldspathaltigen Gesteinen entstanden ist. Als natürliche Verunreinigung findet man im Ton immer freien Quarz. In der Mineralanalyse liegt der Quarzgehalt zwischen 5 % bei hoch bildsamem Tonen und 70 % bei Klebsanden. Quarzmehl wird aber auch als Zuschlagstoff oder Magerungsmittel in keramischen Massen verwendet.

In Glasuren, mit denen die meisten keramischen Produkte im letzten Schritt veredelt werden, dient Quarz als Netzwerkbildner und bei hohen Temperaturen wirkt er als aggressives Flussmittel. In Abhängigkeit von der Korngröße und begleitenden Verunreinigungen kann sich aus der Quarzschmelze Cristobalit bilden.

Typische keramische Produkte der Grobkeramik sind Ziegel, Steinzeugrohre und Spaltplatten. In feuerfesten keramischen Erzeugnissen kann insbesondere in Silikasteinen auch Cristobalit enthalten sein. Als wichtigste Vertreter der Feinkeramik sind Fliesen, Töpferwaren, Sanitärkeramik, Porzellan und technische Keramik zu nennen.

### 6.1.5 Glasindustrie (Glasschmelzsande) (siehe auch Abschnitt 7.3.3.10)

Quarzsand macht mit 50 bis 80 % den Hauptanteil der Ausgangssubstanzen für

industriell hergestellte Gläser aus. Darunter fallen Artikel aus Flachglas (Fenster- und Autoscheiben), Hohlglas (Flaschen, Trinkgläser, Glühlampen, Bildschirme) und andere Produkte wie Laborgeräteglas oder Faserglas.

Sehr reiner Quarz wie z.B. Bergkristall oder Gangquarz ist geeignet für die Herstellung von Quarzglas oder optischen Gläsern. Weitere Rohstoffe für die Glasherstellung sind Soda, Kalkstein, Marmor oder Kalkmergel bzw. spezielle Oxide, z.B. Bleioxide für die Herstellung von Bleikristallglas. Die Korngröße der Rohstoffe liegt im Größenbereich von 0,05 bis 0,5 mm.

Eine Möglichkeit der Exposition gegenüber Quarz besteht beim Mischen der Rohstoffe, beim Einwiegen des Gemenges in die Schmelzwanne und beim eigentlichen Schmelzprozess. Nach dem Erschmelzen liegt  $\text{SiO}_2$  in amorpher Form (Glas) vor.

### 6.1.6 Filtersand, -kies

Filter aus Quarzsand werden zur Filterung von Gebrauchswässern und getrübbten Lösungen verwendet. Je nach Einsatzgebiet werden Quarzfilter mit unterschiedlichen Korngrößen, spezifischen Porenweiten und in verschiedenen Filterbetthöhen angeboten. Ein wichtiges Anwendungsgebiet sind z.B. die Filterstufen in Anlagen zur

Enteisenung, -manganung und -karbonatisierung [43].

### 6.1.7 Elektrotechnik (Schwingquarz) (siehe auch Abschnitt 7.3.7)

Quarz hat die besondere Eigenschaft, bei mechanischem Druck auf die Flächen eines orientiert geschnittenen Kristallplättchens an den Oberflächen des Plättchens entgegengesetzte elektrische Ladungen zu erzeugen (Piezoelektrizität). Umgekehrt verursacht eine an den Plättchenseiten angelegte elektrische Wechselspannung Schwingungen des Plättchens. Die Resonanz dieser Schwingung stabilisiert die Frequenz der Wechselspannung. Eingesetzt werden Schwingquarze unter anderem in Sendeanlagen zur Frequenzabstimmung von Rundfunkquellen, in Mikrofonen und Lautsprechern, zur Erzeugung von Ultraschall und in Uhren [2; 38]. Sowohl natürliche als auch synthetisch hergestellte Quarze werden eingesetzt.

### 6.1.8 Füllsand für elektrische Sicherungen

In elektrischen NH-Sicherungen (Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungen) wird Quarzsand als Isolationsmaterial verwendet. Der Quarzsand wird maschinell zugeführt und entsprechend der Größe der Sicherung abgefüllt.

### 6.1.9 Elektroinstallation (siehe auch Abschnitt 7.3.7)

Quarzhaltige Stäube entstehen im Elektroinstallationshandwerk aus den bearbeiteten Baumaterialien beim Schlitzten von Stegen für Elektroleitungen, beim Setzen von Löchern für Schalter- und Verteilerdosen, beim Bohren von Dübellöchern sowie bei Stemmarbeiten. In Abhängigkeit von den bearbeiteten Gesteinsarten wurden unterschiedlich hohe Quarzanteile ermittelt. Die höchsten Quarzfeinstaubkonzentrationen wurden beim Einsatz von Maschinen mit hohen Drehzahlen (Schlitzfräsen) nachgewiesen.

### 6.1.10 Feinmechanik – Zahntechnik (siehe auch Abschnitt 7.3.8)

In zahntechnischen Laboratorien werden Einbettmassen verarbeitet, die einen Quarz- und Cristobalitanteil von bis zu 50 % enthalten. Quarz- und Cristobalitärstäube können somit beim Ein- und Ausbetten bzw. bei Umfüll- und Portioniervorgängen sowie beim Strahlen der Modelle auftreten.

### 6.1.11 Baustoffindustrie, Bauwirtschaft (siehe auch Abschnitt 7.3.10)

Natürliche mineralische Rohstoffe werden sowohl als Locker- als auch als Fest-



gesteine in großem Umfang technisch genutzt.

Sande und Kiese werden u.a. im Straßen- und Wegebau sowie als Zuschlagstoffe zur Herstellung von Beton verwendet. Sande sind ferner ein wichtiger Bestandteil zur Herstellung von Mörtelmassen und künstlich hergestellten mineralischen Baustoffen wie Bausteine, Platten, Formelemente, Feuerfestmaterialien und dergleichen. Weiter werden sie als Rohstoffe für die Gewinnung möglichst reiner Quarzfraktionen bis hin zu Quarzmehlen genutzt.

Festgesteine werden überwiegend in der Baustoffindustrie [44] zu Schotter, Splitten, Edelsplitten, Brechsanden und Gesteinsmehlen verarbeitet. Die Materialien werden im Straßen- und Wegebau, aber auch als Zuschlagstoffe in der Betonindustrie und zur Herstellung bituminösen Mischguts (z.B. Asphaltherstellung) verwendet.

Aus Naturwerksteinen werden u.a. Fassadenbekleidungen, Werksteine, Treppen, Platten, Pflaster, Rand- und auch Grabsteine hergestellt. Die Quarzgehalte der wichtigsten Gesteinstypen sind in [37] zusammengestellt (siehe auch Tabelle 15).

Für Spezialbetone, -mörtel, -estriche und Putze werden Quarzsande verwendet. Bei der Kalksandsteinherstellung kommen

Mischungen aus Sand und Kalk zum Einsatz (siehe Abschnitt 7.3.3.11). Zur Herstellung von Leichtkalksandstein bzw. Porenbeton wird mehlfine gemahlener Sand verwendet (siehe Abschnitt 7.3.10.1). Bei Tiefbohrungen der Erdöl- und Erdgasindustrie werden quarzhaltige Zementschlämme eingesetzt.

#### **6.1.12 Schmucksteinverarbeitung (siehe auch Abschnitt 7.3.8.3)**

In der Schmucksteinindustrie werden eine Reihe von Varietäten des Quarzes und kryptokristallinen Quarzes als Schmuck- und Halbedelsteine verwendet. Hierzu zählen z.B. Amethyst, Rauchquarz, Citrin, Rosenquarz, Chrysopas, Achat und Onyx [2]. Der Kristallisationsgrad der Schmucksteine kann unterschiedlich ausgeprägt sein. Somit muss beim Schleifen neben dem Auftreten von kristallinen Fraktionen auch mit amorphen Siliciumverbindungen (amorphe Kieselsäure) gerechnet werden.

#### **6.1.13 Schleif-, Polier-, Abrasivmittel (siehe auch Abschnitt 7.3.9.8)**

Quarz eignet sich aufgrund der großen Härte und der Scharfkantigkeit (mechanisch zerkleinerter Quarz) vorzugsweise zum groben Schleifen, findet hier jedoch kaum Anwendung [39]. Als Schleifmittel dominieren heute

andere Substanzen, z.B. Siliciumcarbid oder Korund. Quarzmehle werden z.B. in Trommeln oder zum Nassbimsen benutzt [39]. Bei der Herstellung von Siliciumcarbid wird Quarz eingesetzt. Weiterhin werden Quarzmehle in flüssigen und pastösen Scheuer- und Reinigungsmitteln verwendet.

### 6.1.14 Strahlmittel (siehe auch Abschnitt 7.3.10.10)

Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden als Strahlmittel fast ausschließlich Quarzsande benutzt [45]. Aufgrund des hohen Silikoserisikos der Strahlarbeiter wurden dann zunehmend Ersatzstoffe für die silikogenen Strahlmittel eingesetzt [46]. Heute ist die Verwendung silikogener Strahlmittel bis auf wenige Ausnahmen untersagt. Entsprechend Abschnitt 2.24 der BG-Regel 500 (frühere VBG 48 bzw. BGV D26<sup>11)</sup> [47; 48] sind solche Strahlmittel als silikogene Strahlmittel definiert, die mehr als 2 % (Masseanteile) Quarz – einschließlich Cristobalit und Tridymit – enthalten.

### 6.1.15 Weitere Anwendungen

Quarzsande finden weiterhin Verwendung als Inertmaterial für zirkulierende Wirbelschichtanlagen, Vogelsand, Dachpappenabstreuung, in Handwaschpasten, beim Golfplatzbau, als Spielsand für Sandkästen und beim Beach-Volleyball [49], für Schleifpapier, Trinkwasserfilter und als Bremsand für Schienenfahrzeuge.

### 6.1.16 Weiteres Auftreten und unbeabsichtigte Verwendung

#### Landwirtschaft und Gartenbau

In Böden, die landwirtschaftlich genutzt werden, können unterschiedlich hohe Quarzanteile enthalten sein. Ein Teil davon kann auch in der alveolengängigen Fraktion auftreten. Untersuchungen an Böden haben gezeigt, dass in deren einatembarer Fraktion (rund 0,01 bis 0,2 Masse-% des Bodens) Quarzanteile von 1,6 bis 3,4 % in lehmigen Böden

---

<sup>11)</sup> Die Unfallverhütungsvorschrift BGV D26 „Strahlarbeiten“ ist im Zuge der Reduzierung des berufsgenossenschaftlichen Vorschriftenwerks als Kapitel 2.24 in die BG-Regel 500 „Betreiben von Arbeitsmitteln“ überführt worden. Die Inhalte werden demnach als anerkannte Regeln der Technik weiterverwendet.

bzw. von 10,5 bis 44,5 % in sandigen Böden enthalten sind [50].

### **Straßen- und Baustellenverkehr**

Der sich auf Straßen bzw. versiegelten Flächen in Städten sammelnde Staub kann je nach seiner Herkunft Quarzanteile aufweisen. Dieser Staub wird durch den Verkehr, aber auch bei der Straßenreinigung, z.B. beim Betrieb von Straßenkehrsaugfahrzeugen, aufgewirbelt [51]. Besonders auf unbefestigten Straßen, wie sie zum Teil auf Baustellen angetroffen werden, können durch den Fahrzeugverkehr bei trockener Witterung hohe Staubaufwirbelungen verursacht werden.

### **Kraftwerke**

In Kraftwerksaschen und Flugaschen können Anteile von Quarz enthalten sein. In Schlacken wurden vereinzelt Cristobalitanteile festgestellt.

### **Einsatz von Baustoffen und mineralischen Rohstoffen**

In technisch eingesetzten natürlichen mineralischen Rohstoffen kann Quarz in unterschiedlichen Anteilen enthalten sein. Dies betrifft

z.B. Füllstoffe im Allgemeinen, Talkumpuder, Kalkmehle, Tonmehle, Bentonit, Kaoline. So wurde z.B. in verschiedenen Kaolinen Quarzanteile zwischen < 1 und 25 % fest gestellt.

### **6.2 Cristobalit**

Cristobalit wird durch thermische Behandlung aus Quarz gewonnen und als Füllstoff in Straßenmarkierungsfarben bzw. -massen und Fassadenfarben, in Beschichtungen und Kunststoffputzen sowie in Silikonkautschuk-Modellabdruckmassen, Kunstharzlacken, Klebstoffen und Gießharzen eingesetzt. Spezielle Anwendungen für Cristobalit sind weiterhin dessen Verwendung in Abrasivstoffen (Scheuer- und Reinigungsmittel auf flüssiger oder pastöser Grundlage), zur Herstellung von Vogelsand, als Zusatz zu hellen Baustoffen, um helle klare Farbtöne zu erhalten, und der Einsatz von Mischungen aus Cristobalit und Quarz bzw. Quarzglas in Einbettmassen (Dental-, Schmuck- und anderer Präzisionsguss) [3; 52].

Wird Kieselgur (Diatomeenerde) kalziniert, so wandelt sich beim Brennen ein mehr oder weniger großer Anteil der amorphen Kieselsäure in die kristalline Form, vor allem in Cristobalit, um. Auch in Bentonit kann herstellungsbedingt Cristobalit enthalten sein.

### 6.2.1 Cristobalit aus Fasern

In der Ofenindustrie werden keramische und Hochtemperaturglasfasern zur Isolierung eingesetzt. Beide Faserarten bilden bei der thermischen Behandlung oberhalb von 900 °C durch Rekristallisation beim Abkühlen Cristobalit. Bei keramischen Fasern entsteht ca. 10 %, bei Hochtemperaturglasfasern bis zu 40 % Cristobalit. Eine Exposition entsteht beim Entfernen der Isolierung [53; 54].

### 6.3 Tridymit

Tridymit hat auf dem Markt keine Bedeutung. Diese kristalline  $\text{SiO}_2$ -Modifikation kann jedoch in Feuerfestbaustoffen (z.B. Silikasteine von Martinöfen, Koksofensteine) enthalten sein bzw. entstehen und als Entglasungsprodukt von Quarzgläsern auftreten.

## 7.1 Datenbestand und Grundlagen der Auswertung

Die in diesem Kapitel aufgeführten Messwerte zu Quarz und zur A-Staub-Fraktion (Feinstaub) wurden über drei Jahrzehnte im Zeitraum von 1972 bis 2004 im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe – BGMG ermittelt und in der Expositionsdatenbank MEGA „Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz“ gespeichert. Die Messungen wurden unter Einsatz von BGMG-Standardverfahren in rund 8 900 Betrieben durchgeführt; die Analytik erfolgte ebenfalls mit BGMG-Standardverfahren. Für die Quarzanalytik wurde überwiegend die Röntgenbeugung, zu einem kleinen Anteil auch die Infrarotspektroskopie, verwendet. Die A-Staub-Messwerte wurden mittels Wägung und  $\beta$ -Strahlen-Absorption ermittelt.

Alle Messwerte wurden im qualitätsgesicherten BGMG branchen- und arbeitsbereichsspezifisch ermittelt und in der Expositionsdatenbank MEGA dokumentiert.

Für diesen Report standen Daten aus etwa 104 000 Messungen zur Verfügung, zu denen sowohl ein A-Staub- als auch ein Quarzmesswert vorlag. Aus diesem Messwertepaar wurde jeweils der Quarzgehalt errechnet.

## 7.2 Statistik und Darstellung der Exposition

Die statistische Auswertung des Datenbestandes erfolgte mit der im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA entwickelten MEGA-Auswertesoftware. Die Datenkollektive wurden nach Branchenzugehörigkeit und Arbeitsbereichen differenziert. Hierzu wurde das OMEGA-Schlüsselverzeichnis „Betriebsarten und Arbeitsbereiche“ genutzt. Dieses Schlüsselverzeichnis basiert auf dem Verzeichnis „Systematik der Wirtschaftszweige mit Betriebs- und ähnlichen Benennungen“, herausgegeben vom Statistischen Bundesamt in Wiesbaden. Auf diese Weise wurden Schichtmittelwerte zu vergleichbaren Branchen und Arbeitsbereichen zusammengefasst.

Für eine Trendbetrachtung über die zeitliche Entwicklung der Konzentrationswerte wurde, soweit es die Anzahl der pro Zeitraum ermittelten Messwerte zuließ, der Gesamtzeitraum der jeweiligen Branchen und Arbeitsbereiche in einheitliche Zeiträume unterteilt.

Um einen Vergleich der statistischen Parameter zu ermöglichen, wurde die Darstellung der statistischen Parameter in Tabellenform standardisiert.

Folgende Angaben finden sich in den Tabellen 16 bis 104:

## 7 Expositionsdaten

### *Spalte 1: Zeitraum*

Ausgewerteter Datenzeitraum; in Abhängigkeit von den Fallzahlen wurden bis zu sechs Zeiträume ausgewertet

### *Spalte 2: Messdaten/Betriebe*

Anzahl der Messdaten und Anzahl der Betriebe pro Zeitraum bezogen auf den angegebenen Stoff

### *Spalte 3: Stoffidentität/Dimension*

Bezeichnung der drei ausgewerteten Parameter – A-Staub-Fraktion, Quarz, Quarzgehalt – mit der zugehörigen Dimension. Der Quarzgehalt in % einer Probe wurde aus den Konzentrationen von Quarz in  $\text{mg}/\text{m}^3$  und der A-Staub-Fraktion in  $\text{mg}/\text{m}^3$  in der Luft am Arbeitsplatz berechnet.

Wenn sowohl die Konzentrationen von Quarz als auch der A-Staub-Fraktion in der Luft am Arbeitsplatz unter der Bestimmungsgrenze der angewandten Verfahren lagen, wurde kein Quarzgehalt berechnet. Der berechnete Quarzgehalt erhielt ein <-Vorzeichen, wenn die Konzentration von Quarz in der Luft am Arbeitsplatz unter der Bestimmungsgrenze des angewandten Verfahrens lag.

Der berechnete Quarzgehalt erhielt ein >-Vorzeichen, wenn die Konzentration der A-Staub-Fraktion in der Luft am Arbeitsplatz unter der Bestimmungsgrenze des angewandten Verfahrens lag.

### *Spalte 4: Arithmetischer Mittelwert*

Arithmetischer Mittelwert für die Parameter A-Staub-Fraktion, Quarz und Quarzgehalt pro Zeitraum

### *Spalte 5: 10%-Wert*

Für diesen Wert (10-Perzentil) gilt, dass 10 % der vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb, die restlichen 90 % oberhalb dieses Wertes liegen.

### *Spalte 5: 50%-Wert*

Für diesen Wert (50-Perzentil) gilt, dass 50 % der vorhandenen Konzentrationswerte unterhalb, die restlichen 50 % oberhalb dieses Wertes liegen.

### *Spalte 5: 90%-Wert*

Für diesen Wert (90-Perzentil) gilt, dass 90 % der vorhandenen Konzentrationswerte unter-

halb, die restlichen 10 % oberhalb dieses Wertes liegen.

Die zeitliche Entwicklung der Staubbelastung ist für einige Branchen in Box-Plots dargestellt. Diese wurden mit der Software SPSS 14.0 angefertigt. Die Box umfasst dabei die mittleren 50 % der Messwerte vom 25-Perzentil bis zum 75-Perzentil. Der Median ist als schwarze Linie in der Box eingetragen. Die Whisker reichen bis zum größten bzw. kleinsten Messwert, der höchstens die 1,5-fache Boxlänge vom oberen bzw. unteren Ende der Box entfernt ist. Werte außerhalb der Whisker werden als extreme Werte eingestuft. Diese sind als Kreis- oder Sternsymbol dargestellt. Werte, die mit einem Stern markiert sind, liegen mehr als die 3-fache Boxlänge vom oberen bzw. unteren Ende der Box entfernt.

## 7.3 Expositionsdaten

### 7.3.1 Gewinnung von Quarzsand

Als Rohstoff z.B. für die chemische Industrie und die Glasindustrie wird Quarzsand in besonders sortenreinen Lagerstätten im Trocken- oder Nassgewinnungsverfahren abgebaut und zu den gewünschten Kornfraktionen bis hin zu Quarzmehl weiterverarbeitet. In einzelnen Arbeitsschritten wird das Rohmaterial gewaschen, sortiert, klassiert,

getrocknet und gemahlen. Anschließend wird das Fertigprodukt in Säcke verpackt oder in Silozüge verladen.

Sowohl bei der Gewinnung als auch bei der Aufbereitung von Quarzsand und Herstellung von Quarzmehl bestehen Expositionen gegenüber Quarz-A-Staub an allen Arbeitsplätzen mit unmittelbarem Zugang zum Rohmaterial wie zum Fertigprodukt. Maßgeblicher Einflussfaktor für die Höhe der Exposition ist dabei insbesondere der Gehalt an freier kristalliner Kieselsäure im mineralischen Rohstoff und das Staubfreisetzungspotenzial in der betreffenden Verarbeitungsstufe. Die einzelnen Arbeitsbereiche mit Exposition gehen aus Tabelle 16 (siehe Seite 80 ff.) hervor.

Für einige der aufgeführten Arbeitsbereiche lag eine ausreichende Anzahl von Daten vor, um einen zeitlichen Expositionsverlauf darstellen zu können. Dabei ist besonders im Bereich der Aufbereitung (nass und trocken) der Erfolg klassischer Staubbekämpfungsmaßnahmen gut belegbar.

Die Bereiche Mahlung, aber auch Absackung, betreffen vor allem Anlagen, die eine Weiterverarbeitung der Sande zu kleineren Korngrößen (Mehle) betreiben.

Hier kann – vermutlich infolge der relativ hohen Quarzgehalte im Produkt – nach wie

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 16:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung von Quarzsand

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Tagebau, Grube, Gewinnung/Transport im Werk</b>						
1973 bis 2003	58/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,19	0,45	1,17
	58/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,02	0,15	0,41
	54/6	Quarzgehalt in %	36,75	8,1	40,7	62,0
<b>Nassaufbereitung</b>						
1974 bis 1984	42/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,49	0,12	0,62	4,11
	42/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,03	0,14	0,81
	42/5	Quarzgehalt in %	28,66	10,7	20,0	55,5
1985 bis 1994	41/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,78	0,1	0,27	1,19
	41/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,01	0,05	0,33
	41/10	Quarzgehalt in %	25,08	5,0	22,0	47,4
1995 bis 2002	29/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,37	0,11	0,26	0,56
	29/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,003	0,05	0,3
	27/4	Quarzgehalt in %	26,8	1,6	26,6	45,4
<b>Trockenaufbereitung</b>						
1974 bis 1984	85/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,09	0,45	1,96
	85/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,02	0,12	0,51
	85/13	Quarzgehalt in %	32,92	8,4	25,0	65,9
1985 bis 1994	114/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,11	0,31	1,23
	114/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,01	0,09	0,48
	113/13	Quarzgehalt in %	35,7	6,0	28,4	67,8
1995 bis 2003	58/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,05	0,18	0,85
	58/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,003	0,03	0,18
	51/11	Quarzgehalt in %	29,74	3,6	26,0	58,1



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Mahlung</b>						
1979 bis 1984	55/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,06	0,22	1,0
	55/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,01	0,06	0,31
	55/5	Quarzgehalt in %	30,19	12,1	27,5	53,8
1985 bis 1994	92/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,71	0,1	0,24	1,28
	92/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,01	0,08	0,39
	91/8	Quarzgehalt in %	30,99	7,0	28,9	56,8
1995 bis 2003	26/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,39	0,05	0,21	0,9
	26/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,01	0,1	0,33
	26/7	Quarzgehalt in %	50,38	4,8	48,9	83,3
<b>Absackung</b>						
1974 bis 1984	109/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,97	0,16	0,42	1,46
	109/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,03	0,11	0,42
	109/12	Quarzgehalt in %	30,08	11,4	24,4	56,4
1985 bis 1994	93/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,19	0,38	1,16
	93/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,02	0,11	0,4
	93/12	Quarzgehalt in %	31,56	5,4	24,8	61,6
1995 bis 2004	75/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,48	0,09	0,26	0,93
	75/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,005	0,06	0,37
	72/19	Quarzgehalt in %	26,61	3,3	24,4	51,4
<b>Transport, Verladung (Produkt)</b>						
1973 bis 2003	86/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,17	0,08	0,56	3,64
	86/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,01	0,08	1,35
	84/15	Quarzgehalt in %	27,5	4,4	25,0	57,7

Tabelle 16:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Labor</b>						
1979 bis	23/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,09	0,18	0,42
1999	23/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,003	0,03	0,12
	22/6	Quarzgehalt in %	22,74	1,6	19,0	57,3

vor beim 90-Perzentil keine Einhaltung der Konzentration am Arbeitsplatz von 0,15 mg/m<sup>3</sup> Quarz-A-Staub dokumentiert werden. Dies deutet auf eine hohe Sensitivität dieser statistischen Größe gegenüber vereinzelten Störfällen bei bestimmten Arbeitsvorgängen der technisch anspruchsvollen Verfahren hin, denn die arithmetischen Mittelwerte lassen erkennen, dass der betreffende Wert im Regelfall eingehalten werden kann. In diesem Zusammenhang muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass zum Beispiel bei der Absackung von Materialien mit einem 50%igen Quarzgehalt die Einhaltung von 0,3 mg/m<sup>3</sup> Quarz-A-Staub eine ausgesprochen anspruchsvolle Aufgabe für die technische Staubbekämpfung darstellt.

Nur eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen zur Staubbekämpfung, die inzwischen Stand der Technik sind, führt hier zum Erfolg. Dabei

sind die Auswahl staubdichter Verpackungsmaterialien, Materialförderung in geschlossenen Transportsystemen, Absaugung von Materialübergabestellen, z.B. an Füllrichtungen von Verpackungsmaschinen, Führung und Entstaubung der Verdrängungsluft und die Implementierung geeigneter Verfahren zur Reinhaltung der Arbeitsplätze (Staubsauger) besonders zu nennen.

### 7.3.2 Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden

#### 7.3.2.1 Naturwerksteinindustrie – Herstellung, Bearbeitung und Verarbeitung von Naturwerkstein, Steinmetzerei

In Steinbrüchen abgebaute Rohsteinblöcke werden bereits im Steinbruch oder im Natursteinwerk in kleinere Einheiten bis hin zu

Mauer- und Pflastersteinen aufgespalten oder auf Steintrennmaschinen zu platten- oder quaderförmigen Halbzeugen zugeschnitten. Die weitere Formgebung und Oberflächenbearbeitung zur Herstellung der Endprodukte erfolgt meistens in spezialisierten Steinbearbeitungsbetrieben.

Bei der Steinbearbeitung werden sowohl Nass- als auch Trockenbearbeitungsverfahren eingesetzt. Nassbearbeitung erfolgt hauptsächlich auf Steinbearbeitungsmaschinen wie Steintrenn-, Steinschleif- und Steinfräsmaschinen (siehe Abbildung 17), deren in der Regel diamantbesetzte Werk-



Abbildung 17:  
Maschinelles Nassschleifen  
von Naturwerksteinen

## 7 Expositionsdaten

zeuge mit Wasser gekühlt werden. Hierdurch verringert sich gleichzeitig die Staubbefreiung.

Demgegenüber werden Bearbeitungsverfahren wie Meißeln, Bossieren (siehe

Abbildung 18), Scharrieren, Steinspalten mit Drucklufthandhämmern, Trennschleifen und das Schleifen von Oberflächen mit Elektrohandwerkzeugen, z.B. mit Winkelschleifern, trocken durchgeführt.

Abbildung 18:  
Manuelle Bearbeitung von Naturwerksteinen: Bossieren



Einfluss auf die Höhe der Quarz-A-Staub-Konzentration (siehe Tabelle 17) haben einerseits der Quarzgehalt des be- oder verarbeiteten Materials, andererseits die Art des Be- oder Verarbeitungsverfahrens. Hohe Konzentrationen in bzw. bei einzelnen Arbeitsbereichen und Tätigkeiten erklären sich häufig durch hohe Quarzgehalte der Materialien. Während noch vor etwa 20 Jahren überwiegend nahezu quarzfreier Marmor für Fensterbänke und Natursteinbeläge nachgefragt wurde, wird heute für dieselben Einsatzzwecke quarzhaltiger Naturstein wie z.B. Granit verwendet.

Zu beachten ist weiterhin, dass fein zerkleinernde Verfahren, z.B. Trennschleifen, Polieren und Stocken, mit einer starken Zerkleinerung des Quarzkorns verbunden sind und damit zu höheren Quarzstaubkonzentrationen führen als grob zerkleinernde Handverfahren wie das Meißeln von Hand.

#### *Sägen und Fräsen*

Beim Sägen und Fräsen zur Kühlung der Schneidsegmente an die Bearbeitungsstelle herangeführtes Wasser bewirkt gleichzeitig

Tabelle 17:  
Expositionsdaten bei der Herstellung, Bearbeitung und Verarbeitung von Naturwerkstein, Steinmetzerei (gesamt)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	3 834/460	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,72	0,34	0,96	3,31
	3 834/460	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,01	0,06	0,4
	3 797/453	Quarzgehalt in %	10,17	1,0	6,5	24,1
1985 bis 1994	2 161/433	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,31	0,22	0,74	2,5
	2 161/433	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,01	0,08	0,44
	2 101/428	Quarzgehalt in %	15,28	1,8	12,0	33,4
1995 bis 2004	892/271	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,01	0,11	0,6	1,91
	892/271	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,01	0,05	0,34
	778/259	Quarzgehalt in %	14,27	1,4	9,9	30,0

eine Reduzierung der Staubemission durch Staubbinding und -niederschlag. Durch die schnell laufenden Bearbeitungswerkzeuge wird Spritzwasser und Aerosol gebildet, das alveolengängige Quarzstaubpartikeln enthält, die vom Maschinenbediener eingeatmet werden können. Die Höhe der Quarz-A-Staub-Konzentration (siehe Tabelle 18) ist von der Güte der Aufbereitung des Kreislaufwassers und vom Ausmaß der Aerosol- und Spritzwasserbildung abhängig. Einrichtungen an den Maschinen zum Auffangen und Niederschlagen des Spritzwassers und der Aerosole sowie die Wasserreinigung bis zur Frischwasserqualität sind heute Stand der Technik.

### *Stocken, Scharrieren und Bossieren*

Diese Arbeitsverfahren dienen zur Oberflächen- und Kantenbearbeitung von Werkstücken im Trockenverfahren. Sowohl druckluftbetriebene Handmaschinen als auch ortsfeste Bearbeitungsmaschinen kommen zum Einsatz. Auf den bearbeiteten Oberflächen kommt es beim Stocken (siehe Abbildung 19) und Scharrieren zu starker Kornzertrümmerung, bei der große Mengen an Quarz-A-Staub entstehen. Weniger staubintensiv ist das Bossieren, da lediglich Teilbereiche wie z.B. die Kanten vom Werkstück abgeschlagen werden.

Tabelle 18:  
Expositionsdaten beim Sägen und Fräsen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	775/167	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,05	0,25	0,66	1,6
	775/167	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,04	0,16
	756/162	Quarzgehalt in %	8,5	1,0	6,6	19,1
1985 bis 1994	409/142	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,14	0,56	1,38
	409/142	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,04	0,18
	392/140	Quarzgehalt in %	10,49	2,0	9,4	20,0
1995 bis 2004	182/88	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,65	0,09	0,44	1,43
	182/88	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,005	0,03	0,18
	171/85	Quarzgehalt in %	9,84	1,1	8,2	22,5



Abbildung 19:  
Manuelle Bearbeitung  
an Naturwerksteinen: Stocken

Die eingesetzten Maschinen sind heute überwiegend nach dem Stand der Technik abgesaugt. Die Stauberfassungseinrichtungen

unterliegen einem sehr hohen Verschleiß, sodass die Absaugwirkung bei unzulänglicher Instandhaltung herabgesetzt wird.

Da im Betrachtungszeitraum von 1974 bis 2004 weder die Geräte- noch die Entstaubungstechnik wesentlich verändert wurde, lassen sich die Schwankungen der 90%-Werte der drei in Tabelle 19 getrennt dargestellten Zeitabschnitte damit erklären, dass – nach einem Rückgang der Staubkonzentration im Zeitraum 1974/1984 auf 1985/1994 – im Zeitraum von 1995 bis 2004 nur noch an Arbeitsplätzen gemessen wurde, an denen die Staubverhältnisse erkennbar ungünstig waren.

### *Stemmen und Meißeln*

Bei diesen Arbeitsverfahren (siehe Tabelle 20) werden sowohl druckluftbetriebene als auch elektrische Handmaschinen eingesetzt. Bei der Bearbeitung entstehender Staub wird mit Arbeitsplatzabsaugungen verschiedener Ausführungen (positionierbare Absaugtrichter, Absaugwände) erfasst.

### *Steinspalten*

Hohe Staubkonzentrationen treten beim manuellen Steinspalten mit Druckluflhämmern trotz in der Regel am Werkzeug installierter Staubabsaugung auf (siehe Tabelle 21 auf Seite 91). Die verwendeten Gummitüllen am Meißel zum Herstellen der Keillöcher unterliegen einem sehr hohen Verschleiß, sodass die

Absaugwirkung bei unzulänglicher Instandhaltung herabgesetzt wird. Weniger schwierig ist die wirksame Entstaubung von ortsfesten Steinspaltmaschinen (siehe Abbildung 20, siehe Seite 90). Der Staub wird hier über Erfassungselemente am Obermesser oder durch Saugöffnungen im Maschinenständer abgesaugt.

### *Oberflächenbearbeitung durch Schleifen*

In den beiden nachfolgenden Datenkollektiven wird zwischen manuellem und maschinellem Schleifen unterschieden. Manuelles Schleifen wird in der Regel mit elektrisch oder mit Druckluft angetriebenen Handmaschinen (Winkelschleifern) durchgeführt. Maschinelles Schleifen erfolgt auf ortsfesten Schleifmaschinen oder Bearbeitungszentren.

Die Oberflächen von plattenförmigen Materialien werden vorwiegend im Nassverfahren bearbeitet; dieses bewirkt eine geringere Quarzstaubexposition gegenüber dem Trockenverfahren. Aber auch beim Nassschleifen können aufgrund der Aerosolbildung hohe Staubkonzentrationen auftreten (siehe Tabelle 22 auf Seite 92). Für die Aufbereitung des Umlaufwassers gelten dieselben Kriterien wie beim Sägen und Fräsen (siehe oben).



Tabelle 19:  
Expositionsdaten beim Stocken, Scharrieren und Bossieren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	113/58	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,73	0,18	1,2	3,63
	113/58	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,01	0,13	1,11
	112/58	Quarzgehalt in %	18,8	2,0	16,2	36,4
1985 bis 1994	173/70	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,36	0,24	0,8	2,62
	173/70	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,02	0,14	0,62
	172/70	Quarzgehalt in %	21,49	2,5	16,0	47,7
1995 bis 2004	26/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,34	0,26	0,61	3,04
	26/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,01	0,15	0,83
	23/16	Quarzgehalt in %	23,19	1,4	22,2	48,3

Tabelle 20:  
Expositionsdaten beim Stemmen und Meißeln

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	121/60	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,92	0,25	1,0	4,65
	121/60	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,01	0,1	1,02
	118/58	Quarzgehalt in %	15,65	2,0	13,8	33,1
1985 bis 1994	256/89	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,13	0,21	0,66	2,4
	256/89	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,01	0,08	0,63
	232/87	Quarzgehalt in %	18,4	1,0	16,0	41,2
1995 bis 2004	203/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,09	0,62	1,41
	203/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,01	0,05	0,29
	148/32	Quarzgehalt in %	15,1	1,7	8,6	41,2

Abbildung 20:  
Maschinelles Spalten von Steinblöcken



Die Verwendung hoch quarzhaltiger Poliermittel in den 1970er-Jahren beim maschinellen Schleifen (z.B. Neuburger Kieselerde) hat die Höhe der Quarz-A-Staub-Konzentration im Datenzeitraum von 1972 bis 1984 maßgeblich beeinflusst.

Trockene Arbeiten mit Winkelschleifern führt zu extrem hohen Staubbelastungen. Der zeitliche Verlauf der Staubkonzentrationen zeigt einen stetigen Rückgang der Staubbelastung bei Tätigkeiten mit diesen Arbeitsgeräten. Zurückzuführen ist dies auf den verstärkten

Tabelle 21:  
Expositionsdaten beim Steinspalten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	44/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,52	0,35	0,85	2,1
	44/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,06	0,11	0,31
	44/12	Quarzgehalt in %	16,43	9,0	13,0	27,2
1985 bis 1994	97/38	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,2	0,34	0,7	2,15
	97/38	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,03	0,1	0,47
	96/38	Quarzgehalt in %	16,46	6,6	16,0	27,4
1995 bis 2004	77/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,15	0,57	1,43
	77/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,005	0,07	0,28
	68/29	Quarzgehalt in %	17,06	2,0	16,2	30,0

Einsatz von Entstaubungseinrichtungen in Form von Maschinen- und Arbeitsplatzabsaugungen verschiedener Ausführungen. Absaugungen an diesen Geräten werden allerdings insbesondere bei instationärem Einsatz selten angetroffen.

### Strahlen

Das Strahlen von quarzhaltigen Oberflächen im Freistrahlfverfahren führt nach Erkenntnissen aus einem Forschungsprojekt selbst bei Anwendung der gegenüber dem konventionellen Trockenstrahlverfahren erheblich

staubärmeren Schlämmstrahltechnik und bei Verwendung quarzfreier Strahlmittel noch zu Staubkonzentrationen von 0,6 mg/m<sup>3</sup> und mehr. Bei Einsatz von abgesaugten Strahlmaschinen, z.B. bei der Oberflächenbearbeitung von Natursteinplatten, kann eine Quarz-A-Staub-Konzentration von weniger als 0,075 mg/m<sup>3</sup> erreicht werden (siehe Tabelle 23 auf Seite 93).

Die großen Differenzen zwischen den 90%-Werten und den 50%-Werten bestätigen die Unterschiede zwischen beiden Verfahren, die in den Datenkollektiven zusammengefasst wurden.

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 22:  
Expositionsdaten beim Schleifen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Maschinelles Schleifen</b>						
1972 bis 1984	1 545/200	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,82	0,45	1,2	3,47
	1 545/200	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,04	0,22
	1 538/196	Quarzgehalt in %	5,94	1,0	3,0	14,1
1985 bis 1994	318/88	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,15	0,28	0,95	2,2
	318/88	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,05	0,23
	315/88	Quarzgehalt in %	8,03	1,4	6,7	16,6
1995 bis 2004	54/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,62	0,2	0,65	3,56
	54/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,004	0,03	0,49
	51/31	Quarzgehalt in %	8,56	0,9	7,1	19,3
<b>Manuelles Schleifen</b>						
1972 bis 1984	37/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	6,98	0,92	4,99	12,07
	37/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	1,14	0,01	0,09	1,68
	37/21	Quarzgehalt in %	9,2	0,3	3,1	24,4
1985 bis 1994	152/57	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,57	0,41	1,57	4,83
	152/57	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,01	0,06	0,75
	147/56	Quarzgehalt in %	9,95	0,54	6,8	24,5
1995 bis 2004	102/49	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,82	0,21	0,89	3,27
	102/49	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,005	0,04	0,49
	100/48	Quarzgehalt in %	10,44	0,6	6,2	21,1

### Mischtätigkeiten

Zusammengefasst sind hier Mischtätigkeiten mit Anwendung mehrerer Bearbeitungsverfahren, wie sie z.B. in einer Steinhauerei

vorkommen, und Einzeltätigkeiten, die den oben aufgeführten Arbeitsbereichen bzw. Tätigkeiten nicht genau zugeordnet werden können wie z.B. Flammstrahlen von Oberflächen, Zerteilen und Spalten von Blöcken

Tabelle 23:  
Expositionsdaten beim Strahlen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	106/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,02	0,25	0,51	7,25
	106/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,01	0,08	1,44
	106/9	Quarzgehalt in %	16,12	2,4	10,6	38,1
1985 bis 2004	15/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,72	0,16	0,56	1,48
	15/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05	0,19
	14/10	Quarzgehalt in %	9,74	3,2	8,7	14,7

im Freien, unspezifische Zuschnittarbeiten, Bohrarbeiten, allgemeine Grobbearbeitung und dergleichen. Erkennbar ist in Tabelle 24 (siehe Seite 94) die hohe Staubbelastung bei dieser Tätigkeit, die darauf zurückzuführen ist, dass wirksame Entstaubungsmaßnahmen aufgrund der Arbeitsbedingungen nicht getroffen werden können.

### 7.3.2.2 Natursteinindustrie – Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein

Das aus dem Gebirgsverband durch Sprengung oder Abgrabung gelöste Gestein wird in Brech- und Klassieranlagen in mehreren Aufbereitungsstufen zu den Endprodukten Schotter, Splitt und Gesteinsmehl verarbeitet. Im Vorbrecher wird das Material zunächst vorzerkleinert, wobei die groben Fraktionen abgetrennt werden. In den anschließenden

Nachzerkleinerungs- und Siebstufen werden die verschiedenen Kornfraktionen hergestellt, die danach entweder auf Freihalde oder in Siloanlagen gelagert werden. Je größer der Zerkleinerungsgrad des mineralischen Rohstoffes ist, umso höher ist in der Regel das Staubaufkommen.

Die Aufbereitung erfolgt in Steinbruchbetrieben vorwiegend im Trockenverfahren. Viele Anlagen sind deshalb aus Gründen des Immissionschutzes vollständig eingehaust und z.B. an Bandübergabe- und Bandabwurfstellen sowie an Brechern und Siebmaschinen mit aufwändigen Staubabsaugungen ausgestattet. Wasser kann zur Staubbekämpfung oft nur begrenzt eingesetzt werden, z.B. zur Bedüsung am Brechereinlauf, zur Beregnung von Lagerhalde und an Übergabestellen in der Verladung.

Tabelle 24:  
Expositionsdaten bei Mischttigkeiten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	772/190 772/190 768/189	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,97	0,38	1,1	3,83
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,03	0,12	0,71
		Quarzgehalt in %	15,99	2,0	14,1	30,2
1985 bis 1994	583/149 583/149 580/147	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,39	0,21	0,75	2,56
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,02	0,12	0,59
		Quarzgehalt in %	20,23	3,3	17,7	40,4
1995 bis 2004	139/65 139/65 124/59	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,23	0,11	0,63	2,57
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,01	0,09	0,66
		Quarzgehalt in %	23,24	2,8	16,1	60,2

Arbeitsplätze mit Staubexposition sind anzutreffen

- im Gewinnungsbetrieb bei Bohrarbeiten zur Herstellung der Sprenganlage und auf Förder- und Ladegeräten (Bagger, Radlader, Schwerlastkraftwagen),
- in der Materialaufbereitung innerhalb offener und eingehauster Anlagen,
- in der Verladung der Fertigprodukte.

Erfolgt auch eine Steinbearbeitung mit den Arbeitsverfahren der Natursteinbearbeitung (siehe Abschnitt 7.3.2.1), sind diese Arbeitsplätze ebenfalls staubexponiert.

Beim Bohren, Knäppern und Spalten (siehe Abbildung 21) können Probleme beim Einsatz von Druckluftwerkzeugen auftreten, da Entstaubungseinrichtungen an mobilen Arbeitsplätzen wie z.B. vor Ort im Steinbruch nur mit Schwierigkeiten nachgeführt werden können. Mobile Hydraulikbohrgeräte zur Herstellung von Sprengbohrlöchern sind nach dem Stand der Technik entstaubt, sodass eine Quarz-A-Staubkonzentration von 0,15 mg/m<sup>3</sup> zumeist eingehalten werden kann.

Abgesehen vom Gewinnungsbetrieb sind die Abläufe in einem Steinbruchbetrieb heute weitestgehend automatisiert. Innerhalb der Aufbereitungsanlagen werden im Wesent-

Abbildung 21:  
Spalten von Natursteinen mit einem Drucklufthammer



lichen Kontroll- und Überwachungstätigkeiten sowie Instandhaltungsarbeiten zur Aufrechterhaltung des laufenden Betriebes durchgeführt. Hohe Expositionen treten insbesondere dann auf, wenn sich das Personal über einen längeren Zeitraum zur Anlagenkontrolle und Störungsbeseitigung in geschlossenen Auf-

bereitungsanlagen aufhält: Die Einhaltung einer Quarz-A-Staub-Konzentration von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  ist hier bei der Verarbeitung von höher quarzhaltigem Material nahezu nicht zu erreichen. Der Aufenthalt von Personen innerhalb solcher Anlagen ist nur mit Atemschutz möglich und auf das Notwen-

digste zu beschränken. Auch Brecherwärter im Leitstand oder in einer Kabine können hohen Quarz-A-Staub-Konzentrationen ausgesetzt sein, wenn die Lüftungsverhältnisse dort unzureichend sind.

Das Bedienpersonal von Siloverladeanlagen, die häufig in die Aufbereitungsanlagen integriert sind und von Straßenlastkraftwagen unterfahren werden, ist beim Steuern und Überwachen des Beladevorgangs bei Aufenthalt außerhalb der geschlossenen Steuerkabine, z.B. innerhalb der Anlage zu Kontrollgängen, im Bereich der Beladestelle und in der Silodurchfahrt, staubexponiert (siehe Abbildung 22). Messergebnisse beziehen sich zum überwiegenden Teil auf diese Anlagen. Das Verladen von Halde mit Radlader ist demgegenüber für den Verlader mit einer erheblich geringeren Staubbelastung verbunden, da er sich in der geschlossenen Kabine des Ladegerätes aufhält.

Die große Differenz zwischen dem 50%-Wert und dem 90%-Wert ist dadurch bedingt, dass die technischen Ausführungen der Verladeanlagen (Verladeband, Verladerüssel, Verladung im freien Fall, mit oder ohne Staubabsaugung oder Wasserbenetzung) sehr unterschiedlich sind. Niedrige Messwerte werden bei wirksam abgesaugten oder wasserbenetzten, hohe Messwerte in den weniger gut entstaubten Verladungen ermittelt.

Bei der Bewertung der Messdaten sind die Einflüsse des Quarzgehaltes des verarbeiteten mineralischen Rohstoffes und des Arbeitsverfahrens auf die Höhe der ermittelten Quarz-A-Staub-Konzentration zu berücksichtigen. Je höher der Quarzgehalt im Material, desto höher ist bei Anwendung gleicher Verfahren die freigesetzte Menge an Quarz-A-Staub. Fein zerkleinernde Verarbeitungsverfahren, z.B. Kegel- und Prallbrecher, führen tendenziell zu höheren Quarz-A-Staub-Konzentrationen als grob zerkleinernde Verfahren, z.B. Backenbrecher.

### *Natursteinindustrie (gesamt)*

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1972 bis 1984 und von 1995 bis 2004 lässt erkennen (siehe Tabelle 25 auf Seite 98), dass durch Anwendung und Verbesserung von Entstaubungsmaßnahmen an den Arbeitsplätzen ein deutlicher Rückgang der Staubbelastung erreicht werden konnte. Lediglich für den Bereich Aufbereitung liegen die Messdaten für den Zeitraum von 1995 bis 2004 nicht im Trend. Zurückzuführen ist dies darauf, dass Aufbereitungsanlagen heute aus Gründen des Umweltschutzes zunehmend eingehaust sind und dadurch innerhalb der Anlagen trotz getroffener Entstaubungsmaßnahmen hohe Staubkonzentrationen auftreten.



Abbildung 22:  
Kontrollgang im Bereich der Schotterumladung



### *Gewinnung, Wegladen und Fördern*

Es handelt sich um Tätigkeiten im Steinbruch, die im Zusammenhang mit dem Gewinnungs- betrieb stehen, z.B. Herstellen der Spreng-

löcher für die Gewinnungssprengungen mit Bohrgeräten, Bohren der Knäpper und Betrieb der Gewinnungs- und Förder- geräte wie Bagger, Lader und Schwerlast- kraftwagen (siehe Tabelle 26 auf Seite 98).

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 25:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein (gesamt)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	411/115	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,75	0,51	2,23	11,89
	411/115	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,03	0,2	1,39
	411/115	Quarzgehalt in %	13,25	2,0	10,0	28,0
1985 bis 1994	399/156	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,1	0,2	0,74	2,25
	399/156	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,01	0,08	0,38
	385/152	Quarzgehalt in %	14,9	1,5	13,0	29,2
1995 bis 2004	158/63	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,14	0,52	2,38
	158/63	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,004	0,05	0,37
	122/55	Quarzgehalt in %	13,24	1,2	11,5	24,5

Tabelle 26:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung, beim Wegladen und Fördern

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	58/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,81	0,54	1,65	17,33
	58/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,02	0,15	1,09
	58/29	Quarzgehalt in %	14,39	0,9	9,0	34,2
1985 bis 1994	107/58	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,22	0,19	0,66	2,75
	107/58	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,01	0,06	0,41
	97/54	Quarzgehalt in %	13,16	1,2	11,1	27,8
1995 bis 2004	44/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,52	0,1	0,27	1,01
	44/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,003	0,03	0,15
	24/18	Quarzgehalt in %	11,66	0,8	10,0	23,1

## Aufbereitung

Hierunter sind das Zerkleinern der mineralischen Rohstoffe in Brecher- und Mahlanlagen, das Klassieren in die gewünschten Kornfraktionen sowie das ggf. erforderliche Waschen und Trocknen des Materials zusammengefasst (siehe Tabelle 27).

## Verladen

Dieser Arbeitsbereich umfasst das Lagern der Fertigprodukte im Silo oder auf Freihalde sowie das Abwiegen und Verladen auf Transportmittel. Siloverladeanlagen sind häufig in die Aufbereitungsanlagen integriert (siehe Tabelle 28).

Tabelle 27:  
Expositionsdaten bei der Aufbereitung

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	248/79	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,66	0,65	2,5	10,62
	248/79	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,03	0,22	1,24
	248/79	Quarzgehalt in %	13,13	2,0	10,0	26,8
1985 bis 1994	164/66	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,22	0,31	0,84	2,62
	164/66	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,01	0,08	0,44
	162/66	Quarzgehalt in %	15,3	1,0	13,0	30,5
1995 bis 2004	72/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,36	0,22	0,82	2,94
	72/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,01	0,1	0,6
	65/30	Quarzgehalt in %	14,0	1,8	14,6	24,6

Tabelle 28:  
Expositionsdaten beim Verladen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 2004	76/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,28	0,21	0,81	3,02
	76/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,005	0,07	0,32
	71/31	Quarzgehalt in %	10,4	1,7	7,7	18,8

### *Steinspalten und Steinbearbeitung*

Natursteinbetriebe verarbeiten häufig Teile ihres Gesteinsvorkommens zu Pflaster- und Mauersteinen oder zu Rohblöcken, aus denen im weiteren Verlauf Bauelemente hergestellt werden.

Hier sind Ergebnisse von Messungen zusammengefasst, die beim Steinspalten von Hand mit dem Druckluftmeißel, beim maschinellen Steinspalten und bei der sonstigen Bearbeitung durch Sägen, Bohren, Fräsen,

Meißeln oder Schleifen ermittelt wurden (siehe Tabelle 29).

### *Abfüllen und Absacken von Feinmaterial*

Bei der Aufbereitung von Naturstein fallen aus der Feinabsiebung und aus Filteranlagen Gesteinsmehle an, die – sofern sie nicht direkt aus dem Silo in Silofahrzeuge verladen werden – in Säcke oder Big-Bags abgefüllt werden. Die Befüll- und Verpackungsanlagen sind mit den Einrichtungen in der

Tabelle 29:  
Expositionsdaten beim Steinspalten und bei der Steinbearbeitung

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	69/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	7,69	0,3	1,56	22,84
	69/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	1,39	0,02	0,21	4,71
	69/22	Quarzgehalt in %	14,16	3,0	15,8	22,0
1985 bis 1994	82/40	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,84	0,2	0,7	1,7
	82/40	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,01	0,1	0,37
	81/39	Quarzgehalt in %	16,5	2,5	14,1	31,8
1995 bis 2004	52/27	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,17	0,45	0,96
	52/27	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,06	0,2
	45/25	Quarzgehalt in %	16,85	4,0	12,6	34,8

Zement- und Kalkindustrie vergleichbar (siehe Tabelle 30).

### 7.3.2.3 Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand

In der Lagerstätte entweder im Trocken- oder Nassgewinnungsverfahren abgebaute Kiese und Sande werden in Sieb-, Wasch-, Brech-, Sortier-, Klassier- und ggf. Trocknungsanlagen zu Produkten unterschiedlicher Kornfraktionen aufbereitet und in Silos oder auf Freihalde gelagert (siehe Abbildung 23 auf Seite 102). Spezialsande werden nach der Trocknung auch in Säcke oder Big-Bags abgepackt (siehe auch Abschnitt 7.3.1).

Die Betriebsabläufe in heutigen Kies- und Sandwerken sind gegenüber früheren Zeiten weitgehend automatisiert. Im Wesentlichen

werden Kontroll- und Überwachungstätigkeiten sowie Instandhaltungsarbeiten in den Anlagen zur Aufrechterhaltung des laufenden Betriebes durchgeführt. Eine staubtechnische Abgrenzung der einzelnen Anlagenbereiche in der Rohmaterialaufbereitung lässt sich in den seltensten Fällen vornehmen, da die Anlagen miteinander verkettet und räumlich nicht getrennt sind. Die Messungen wurden sowohl in offenen als auch in eingehausten Anlagen durchgeführt. Die einzelnen Arbeitsbereiche mit Exposition gegenüber Quarz-A-Staub gehen aus Tabelle 31 (siehe Seite 104) hervor.

Die Datenkollektive weisen aus, dass insbesondere das Zerkleinern (Brechen, Mahlen) mit den höchsten Expositionen verbunden ist (siehe Abbildung 24 auf Seite 103). Ein großer Teil der Messungen betrifft die Brechkiesherstellung, z.B. mit Kegelmühlern. Zu

Tabelle 30:  
Expositionsdaten beim Abfüllen und Absacken von Feinmaterial

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 2004	68/23	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,94	0,2	1,0	4,87
	68/23	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,02	0,09	0,76
	68/23	Quarzgehalt in %	15,32	2,0	9,0	33,1

Abbildung 23:  
Brecheranlage im Kieswerk



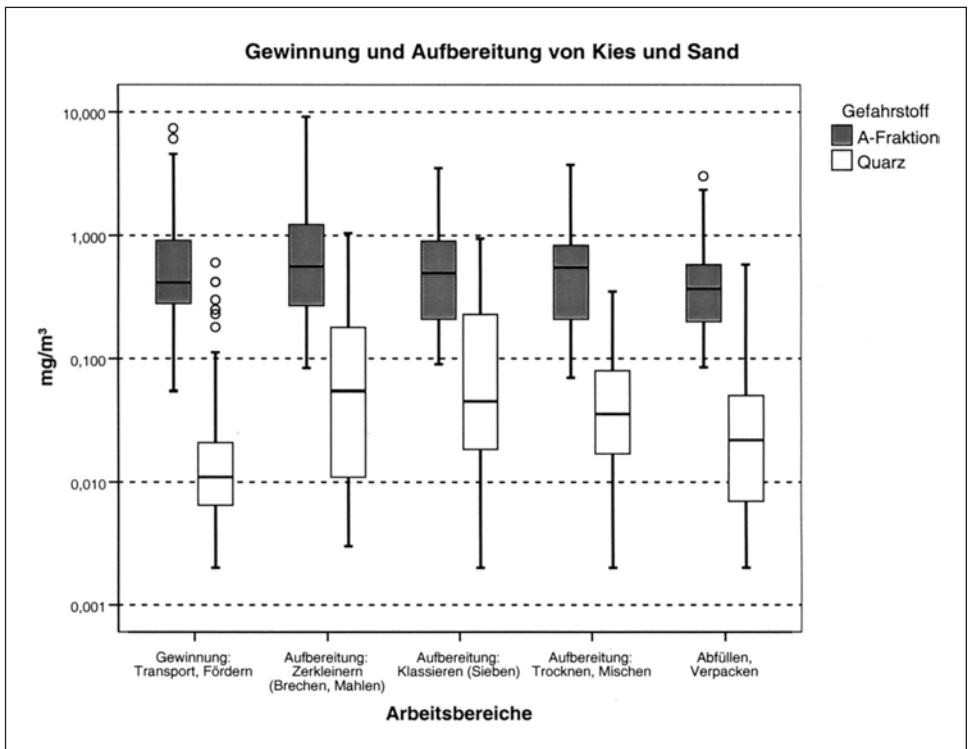
beachten ist, dass ein längerer Aufenthalt im Bereich von Brecheranlagen nicht notwendig ist, da diese Anlagen vollautomatisch betrieben werden; der Aufenthalt verbietet sich vor allem auch aus Lärmschutzgründen. Die Schichtmittelwerte in den Tabellen sind deshalb ggf. auf die tatsächliche Aufenthalts-

dauer, z.B. während der Kontrollgänge, im Bereich dieser Anlagen umzurechnen. Massive Staubprobleme treten auf, wenn Brecher oder Mühlen in geschlossenen Aufbereitungsanlagen und nicht separat eingehaust betrieben werden. Staubabsaugungen mit der erforderlichen Wirksamkeit

lassen sich in den wenigsten Fällen realisieren. Relativ hohe Werte liegen für den Aufbereitungsschritt Klassieren vor. Gemessen wurde hier vorwiegend in Trockensiebanlagen, in denen die Staubfreisetzung höher ist

als in nass betriebenen Anlagen. Bei der Sandtrocknung und beim Mischen verschiedener Kornfraktionen sind heute Maßnahmen getroffen, mit denen eine ausreichende Entstaubungswirkung erreicht wird. Arbeits-

Abbildung 24:  
Schichtmittelwerte der Konzentration der A-Staub-Fraktion und der Quarzkonzentration in unterschiedlichen Arbeitsbereichen bei der Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand im Zeitraum von 1995 bis 2004



plätze an Abfüll- und Verpackungsmaschinen für Sand sind nach dem Stand der Technik abgesaugt. Die Einhaltung einer Arbeitsplatzkonzentration von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  beim 90%-Wert ist heute gegeben.

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1972 bis 1984 und von

1995 bis 2004 (Tabelle 31) lässt einen erheblichen Rückgang der Staubbelastung in der Kies- und Sandindustrie erkennen, der größtenteils auf die Automatisierung von Betriebsabläufen, aber auch auf die Anwendung verbesserter und in ihrer Auswirkung weniger staubintensiver Herstellungsverfahren zurückzuführen ist.

Tabelle 31:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gewinnung und Aufbereitung von Kies und Sand (gesamt)</b>						
1972bis 1984	589/117	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	9,35	0,5	1,85	11,43
	589/117	Quarz in $\text{mg/m}^3$	1,39	0,03	0,19	1,54
	587/117	Quarzgehalt in %	15,23	2,0	12,0	30,0
1985bis 1994	468/125	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	1,36	0,2	0,8	2,75
	468/125	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,2	0,01	0,09	0,51
	436/123	Quarzgehalt in %	18,24	1,5	13,2	40,0
1995bis 2004	434/143	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	0,92	0,09	0,41	1,48
	434/143	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,09	0,004	0,02	0,26
	358/138	Quarzgehalt in %	11,74	0,8	6,4	28,4
<b>Gewinnung: Transport, Fördern</b>						
1985bis 1994	35/13	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	1,1	0,33	0,87	1,99
	35/13	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,1	0,01	0,05	0,22
	32/13	Quarzgehalt in %	15,2	1,2	6,8	56,5



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gewinnung: Transport, Fördern (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	89/41	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,19	0,41	1,42
	89/41	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,01	0,08
	56/33	Quarzgehalt in %	4,46	0,7	1,8	10,0
<b>Aufbereitung: Zerkleinern (Brechen, Mahlen)</b>						
1972 bis 1984	350/89	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	13,74	0,6	2,5	13,55
	350/89	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	2,09	0,05	0,27	2,09
	349/89	Quarzgehalt in %	15,92	2,0	13,0	33,0
1985 bis 1994	177/77	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,95	0,28	1,25	3,17
	177/77	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,02	0,13	0,73
	173/77	Quarzgehalt in %	19,21	1,3	16,0	44,0
1995 bis 2004	102/59	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,09	0,09	0,56	2,26
	102/59	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,01	0,05	0,4
	90/57	Quarzgehalt in %	16,8	1,1	13,0	35,7
<b>Aufbereitung: Klassieren (Sieben)</b>						
1972 bis 1984	84/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,78	0,52	1,5	8,72
	84/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,05	0,17	0,98
	83/39	Quarzgehalt in %	14,82	2,3	13,0	29,9
1985 bis 1994	47/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,42	0,34	0,93	2,95
	47/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,03	0,22	0,6
	47/25	Quarzgehalt in %	24,75	6,3	19,2	53,2
1995 bis 2004	28/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,18	0,49	1,52
	28/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,003	0,04	0,35
	26/17	Quarzgehalt in %	18,48	1,3	15,0	52,4

Tabelle 31:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung: Trocknen, Mischen</b>						
1972 bis 1984	42/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,41	0,25	1,05	9,55
	42/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,01	0,09	0,46
	42/17	Quarzgehalt in %	10,22	2,0	7,0	20,0
1985 bis 1994	89/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,72	0,12	0,38	1,99
	89/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,01	0,04	0,34
	75/15	Quarzgehalt in %	20,05	1,6	18,3	41,5
1995 bis 2004	65/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,65	0,14	0,53	1,27
	65/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,005	0,04	0,13
	54/11	Quarzgehalt in %	10,63	0,9	8,6	24,4
<b>Abfüllen, Verpacken</b>						
1972 bis 1984	58/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,86	0,4	1,3	2,9
	58/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,02	0,19	0,64
	58/22	Quarzgehalt in %	17,2	2,0	14,0	38,4
1985 bis 1994	30/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,95	0,18	0,6	2,55
	30/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,02	0,07	0,38
	28/17	Quarzgehalt in %	18,13	3,8	13,4	30,9
1995 bis 2004	85/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,09	0,37	1,01
	85/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,005	0,02	0,15
	80/33	Quarzgehalt in %	12,25	1,1	7,4	32,9
<b>Steuer-, Bedienungsstand</b>						
1972 bis 2004	46/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,6	0,09	0,41	3,13
	46/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,003	0,03	0,26
	42/30	Quarzgehalt in %	9,29	1,0	8,8	16,9
<b>Labor und Qualitätskontrolle</b>						
1972 bis 2004	17/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,18	0,38	0,75
	17/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,003	0,02	0,17
	16/11	Quarzgehalt in %	9,36	1,0	5,7	20,5

#### 7.3.2.4 Gewinnung und Aufbereitung von Kalkstein und Dolomit

Bei der Gewinnung und Aufbereitung dieser mineralischen Rohstoffe kommen Arbeitsverfahren mit Einzeltätigkeiten zum Einsatz, wie sie im Abschnitt 7.3.2.2 (Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein) beschrieben sind. Die dort getroffenen Aussagen gelten hier entsprechend. Zu berücksichtigen ist der deutlich geringere Quarzgehalt der verarbeiteten mineralischen Rohstoffe. Bei einigen wenigen Kalksteinvorkommen wurden Quarzgehalte im A-Staub von über 10 % gegenüber üblicherweise weniger als 5 % festgestellt, die das Ergebnis der Auswertungen entsprechend beeinflusst haben. So ist erklärbar, dass bezogen auf den 90%-Wert auch für die Arbeitsbereiche Aufbereitung und Verladung relativ hohe Quarzstaubbelastungen ausgewiesen werden.

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1972 bis 1984 und von 1995 bis 2004 (siehe Tabelle 32 auf Seite 108) zeigt für die gesamte Branche einen erheblichen Rückgang der Staubbeltung, der durch Anwendung und Verbesserung der Entstaubungsmaßnahmen erzielt werden konnte.

#### 7.3.2.5 Herstellung von Zement und Kalk

Im Steinbruch abgebauter Kalkstein wird in Brechanlagen zerkleinert und gelangt nach

Zwischenlagerung in die Rohaufbereitung, wo er getrocknet, in Kugelmühlen zu Rohmehl gemahlen und ggf. granuliert wird. In Drehrohröfen wird das Rohmaterial – Rohmehl oder Rohmehlgranulat – bis auf ca. 1 400 °C erhitzt und in der Sinterzone zu Zementklinker gebrannt. Der abgekühlte Klinker wird in einem weiteren Mahlvorgang in Kugelmühlen unter Beigabe bestimmter Zusatzstoffe zu verschiedenen Zementsorten vermahlen und in Vorratsilos gelagert. Der fertige Zement wird zu einem großen Teil lose in Silozüge verladen, der andere Teil wird auf Absackmaschinen in Papiersäcke verpackt und in Big-Bags abgefüllt.

Gegenüber der Zementherstellung erfolgt das Brennen von Kalkstein in der Regel in Ringschachtöfen, in denen der grob zerkleinerte Kalkstein lediglich so weit erhitzt wird, dass das in ihm gebundene Kohlendioxid ausgetrieben wird. Die weiteren Produktionsschritte sind vergleichbar mit denen bei der Zementherstellung.

Bestimmte Kalksteinvorkommen können Quarzgehalte im A-Staub von 5 % und mehr haben. Quarzhaltige Stoffe wie z.B. Sand, die sowohl bei der Rohmehlherstellung als auch bei der Vermahlung des Zementklinkers zur Beeinflussung der Zementeigenschaften zugegeben werden, wirken sich ebenfalls auf den Quarzgehalt im Staub aus.

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 32:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung und Aufbereitung von Kalkstein und Dolomit

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gewinnung und Aufbereitung von Kalkstein und Dolomit (gesamt)</b>						
1972bis 1984	71/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	6,28	0,47	2,69	16,75
	71/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,04	0,29
	71/16	Quarzgehalt in %	2,0	1,0	2,0	3,9
1985bis 1994	10/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,78	0,21	1,78	3,6
	10/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,02
	10/6	Quarzgehalt in %	1,02	0,4	0,5	1,9
1995bis 2004	45/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,96	0,169	0,77	1,81
	45/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,09
	39/20	Quarzgehalt in %	3,35	0,5	2,0	7,6
<b>Gewinnung, Wegladen, Fördern</b>						
1972bis 2004	39/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,78	0,24	1,21	3,65
	39/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,01	0,05
	38/14	Quarzgehalt in %	1,53	0,7	1,0	3,2
<b>Aufbereitung</b>						
1972bis 2004	95/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,54	0,36	2,5	15,0
	95/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,01	0,03	0,3
	91/34	Quarzgehalt in %	2,76	0,5	2,0	7,2
<b>Verladung</b>						
1972bis 2004	17/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,59	0,23	2,86	15,79
	17/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,003	0,04	0,33
	17/8	Quarzgehalt in %	3,21	0,4	1,3	9,8

Die Betriebsabläufe in heutigen Zement- und Kalkwerken sind weitgehend automatisiert, sodass lediglich Überwachungstätigkeiten sowie Wartungs- und Reparaturarbeiten zur Störungsbeseitigung durchzuführen sind. Rohaufbereitung, Brenn- und Mahlbetrieb werden aus einem klimatisierten Leitstand gesteuert. Als staubexponiert gelten Kontrollgänger, das Instandhaltungspersonal und Anlagenbediener in bestimmten, nicht vom Leitstand aus gesteuerten Anlagenteilen wie z.B. in der Zementabsackung und in der Verladung.

Zement- und Kalkwerke verfügen heute – schon aus Gründen des Umweltschutzes –

über wirksame Entstaubungseinrichtungen in den relevanten Betriebsbereichen. Staubintensive Anlagenteile (z.B. Zementmühlen) befinden sich überwiegend in geschlossenen Gebäuden oder sind an den Aufgabe-, Übergabe- und Abzugstellen mit wirksamen Staubabsaugungen nach dem Stand der Technik versehen. Drehrohröfen und Ringschachtöfen sind in der Regel über Elektrofilteranlagen entstaubt. Abgesaugte Füllstutzen zusätzlich zu der üblichen Entstaubung an Absackmaschinen für Zement setzen inzwischen Maßstäbe. Die Expositionsdaten sind in Tabelle 33 zusammengestellt.

Tabelle 33:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Zement und Kalk

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Herstellung von Zement und Kalk (gesamt)</b>						
1972 bis 1984	84/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,78	0,35	1,17	5,99
	84/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,003	0,02	0,16
	81/19	Quarzgehalt in %	4,43	0,5	2,0	11,1
1985 bis 1994	162/36	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,17	0,09	0,82	2,96
	162/36	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	155/35	Quarzgehalt in %	2,32	0,5	1,3	4,6
1995 bis 2004	49/27	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,04	0,19	0,56	2,09
	49/27	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,03
	41/24	Quarzgehalt in %	1,45	0,4	0,9	2,8

Tabelle 33:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Brechen</b>						
1972 bis 1984	13/8 13/8 13/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	2,98 0,19 5,27	0,35 0,01 1,0	1,28 0,02 2,0	5,32 0,29 11,0
1985 bis 2004	36/17 36/17 35/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,17 0,04 4,18	0,18 0,003 0,6	0,67 0,02 2,4	3,26 0,11 7,6
<b>Rohmehlherstellung</b>						
1972 bis 1984	20/7 20/7 19/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,15 0,03 2,41	0,35 0,001 0,5	0,79 0,01 1,3	2,35 0,11 4,2
1985 bis 2004	22/7 22/7 20/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	0,77 0,02 1,98	0,11 0,001 0,7	0,44 0,01 1,9	2,06 0,03 3,3
<b>Brennbetrieb, Mahlbetrieb</b>						
1972 bis 2004	25/15 25/15 22/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,24 0,02 1,58	0,16 0,002 0,5	0,63 0,01 0,9	2,1 0,03 3,0
<b>Abfüllen, Abwiegen, Verpacken</b>						
1972 bis 1984	31/7 31/7 31/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	2,36 0,11 6,85	0,35 0,003 0,4	1,36 0,04 3,5	5,26 0,15 13,1
1985 bis 1994	57/20 57/20 57/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,52 0,03 2,21	0,34 0,01 0,5	1,08 0,01 1,4	3,24 0,05 4,6
1995 bis 2004	22/14 22/14 20/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	0,99 0,01 1,05	0,18 0,002 0,5	0,59 0,01 0,8	1,68 0,02 1,7

### 7.3.2.6 Baustoffrecycling- und Sortieranlagen

Die Aufbereitung mineralischer Altbaustoffe wie Hoch- und Tiefbauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle zur Wiederverwendung erfolgt sowohl in stationären als auch in mobilen und semimobilen Recycling- und Sortieranlagen. In ihrer Grundkonzeption entsprechen diese weitgehend den Anlagenarten in der konventionellen Rohstoffgewinnung und -verarbeitung in der Natursteinindustrie. Sie umfassen Einzelkomponenten zur Aussonderung von Störstoffen (z.B. Bauholz, Kunststofffolien, Bewehrungsstahl, Papier), Zerkleinerung und Klassierung. Das aufgehaldete und ggf. vorsortierte Material wird per Radlader oder Bagger in den Aufgabetrichter befördert und gelangt über eine Vorabsiebung zum Brecher. Als Brecher werden vorwiegend Prall- oder Backenbrecher eingesetzt. Das zerkleinerte Material wird schließlich in einer nachgeschalteten Siebanlage klassiert und nach Körnungen getrennt aufgehaldet.

Arbeitsplätze mit einer möglichen Staubexposition befinden sich

- ❑ in der Materialbeschickung (Vorsortierung an Lesebändern von Hand, Radlader bzw. Baggerfahrer),
- ❑ im gesamten Umfeld der Anlage während der Anlagenbedienung und Überwachung (Kontrollgänge),
- ❑ insbesondere am Brechereinlauf bei mobilen Anlagen während der Überwachung der Materialzuführung und der manuellen Aussortierung von Störstoffen (siehe Abbildung 25 auf Seite 113); in der Regel befindet sich hier allerdings kein ständiger Arbeitsplatz,
- ❑ bei der Aus- und Umlagerung des Recyclingmaterials sowie Verladung von Halde auf Lkw mit Radladern.

Ortsfeste Anlagen werden in der Regel aus einer Kabine bedient und überwacht.

Die Messwerte in Tabelle 34 (siehe Seite 112) lassen erkennen, dass während der Aufbereitung des Materials beim Brechen und Klassieren die höchsten Staubbelastungen auftreten. Die Staubentwicklung bei Prallbrechern ist erheblich höher als bei Backenbrechern. Deutlich geringere Werte wurden in den Arbeitsbereichen Sortieren, Transport und Verladung ermittelt. Die eingesetzten Bagger und Radlader sind mit geschlossenen Fahrerkabine ausgestattet, die vor einer Staubexposition schützen (siehe Abbildung 26 auf Seite 114). Die Staubexposition konnte im Bereich Brechen und Klassieren in den letzten Jahren durch staubmindernde Maßnahmen um ein Drittel gesenkt werden, obgleich die Durchsatzmenge gesteigert wurde.

Während umfangreiche Entstaubungseinrichtungen bei stationären Recycling- und Sortier-

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 34:  
Expositionsdaten in Baustoffrecycling- und Sortieranlagen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Baustoffrecycling- und Sortieranlagen (gesamt)</b>						
1985 bis 1994	148/56	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,99	0,17	0,65	2,27
	148/56	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,24
	145/55	Quarzgehalt in %	7,32	1,3	5,2	14,2
1995 bis 2004	266/105	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,73	0,13	0,49	1,49
	266/105	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,004	0,02	0,13
	232/103	Quarzgehalt in %	6,02	0,6	3,9	14,4
<b>Fördern, Transportieren, Lagern, Verladen</b>						
1985 bis 1994	31/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,17	0,52	1,84
	31/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,08
	31/14	Quarzgehalt in %	5,25	1,0	4,4	11,9
1995 bis 2004	60/36	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,69	0,13	0,43	1,47
	60/36	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,09
	45/31	Quarzgehalt in %	3,71	0,8	1,9	8,2
<b>Sortieren</b>						
1995 bis 2004	78/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,19	0,49	1,41
	78/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,09
	75/38	Quarzgehalt in %	5,48	1,0	3,6	12,6
<b>Brecher, Mühle, Klassierung, Sieben</b>						
1985 bis 1994	80/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,17	0,72	2,94
	80/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,05	0,25
	79/39	Quarzgehalt in %	8,0	2,0	5,8	15,2
1995 bis 2004	84/46	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,77	0,14	0,56	1,53
	84/46	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,004	0,04	0,17
	73/42	Quarzgehalt in %	8,55	1,2	7,4	17,2



Abbildung 25:  
Manuelle Aussortierung beim Baustoffrecycling



anlagen Stand der Technik sind, trifft dies für mobile Anlagen nicht zu, da hier die Entstaubungsmöglichkeiten wegen der kompakten Bauweise begrenzt sind. Staubmindernde Maßnahmen sind die

- ❑ Wasserberieselung zur Vermeidung der Staubabwehung an Materialhalden,
- ❑ Wasserbedüsung zum Staubniederschlag am Brecher und an Übergaben von Fördereinrichtungen,
- ❑ Anpassung der Fallhöhe an den Schüttkegel von Halden,
- ❑ regelmäßige Befeuchtung und Reinigung der Verkehrsflächen.

Abbildung 26:  
Brecherbeschickung beim Baustoffrecycling



### 7.3.2.7 Betonindustrie (stationärer Betrieb)

Beton wird unter Verwendung von Kies, Sand, Zement, Wasser, bestimmten Zusätzen zur Beeinflussung des Fließ- und Erstarungsverhaltens sowie ggf. Farbstoffen in Mischanlagen hergestellt. Je nach Art der Weiterverarbeitung ist seine Konsistenz erdfeucht bis flüssig. Die Formgebung des

Betons zum Endprodukt erfolgt in Betonsteinfertignern oder auf Rütteltischen zu Betonwaren, z.B. Pflastersteinen, Bordsteinen, Platten, Rohren, Schachtringen, Spaltenböden, oder in Schalformen aus Holz oder Stahl zu großformatigen Betonelementen, z.B. Stützen, Binder, Wandelemente und Filigrandecken. Der Beton wird durch Rütteln, Pressen oder Stampfen verdichtet. Zur

Erhöhung der Zugfestigkeit und Stabilität bestimmter Betonzeugnisse werden diese mit Stahlarmierungen versehen, die vor dem Betonieren in die Schalform eingelegt werden.

Insbesondere beim Rütteln und Stampfen der erdfeuchten Betonmischung kann durch Zerkleinerung der quarzhaltigen Mineralstoffe Quarz-A-Staub freigesetzt werden. Eine Exposition gegenüber Quarz-A-Staub besteht weiterhin bei der Nachbearbeitung der ausgehärteten Betonzeugnisse, wenn Grate oder Fehlstellen trocken ab- bzw. ausgeschliffen, Oberflächen geglättet oder Ausparungen durch Bohren, Sägen, Fräsen oder Meißeln hergestellt werden. Die Staubbelastung in einem Betonwerk hängt maßgeblich von der regelmäßigen Reinigung der Fertigungsbereiche, d.h. der Beseitigung von Streuresten und Staubablagerungen ab. Werden diese nicht beseitigt, kommt es wieder zu Staubaufwirbelungen.

Messungen in Transportbetonanlagen wurden nur vereinzelt durchgeführt; hierfür gelten die Aussagen für Mischanlagen in Betonwerken entsprechend, da dort dieselbe Technologie zum Einsatz kommt. Arbeitsvorgänge beim Reinigen des Mixers, z.B. das Entfernen von Beton- oder Zementablagerungen oder das Ausstemmen von abgebundenen Betonresten mit dem Druckluft- oder Elektrohammer, wurden ebenfalls nur in weni-

gen Fällen gemessen, da es sich in der Regel um gelegentliche, nur kurze Zeit dauernde Tätigkeiten handelt. Hierbei können hohe Staubkonzentrationen auftreten, die das Tragen von Atemschutz erforderlich machen.

Tabelle 35 (siehe Seite 116) enthält eine Zusammenfassung der Messdatenkollektive der gesamten Betonindustrie für den stationären Bereich ohne Differenzierung nach Tätigkeiten oder Arbeitsbereichen.

Eine weitergehende Differenzierung der in der Gesamtauswertung enthaltenen Ergebnisse nach einzelnen Tätigkeiten und Arbeitsbereichen wird in den Tabellen 36 bis 42 (siehe Seite 117 ff.) vorgenommen.

### *Mischen von Beton*

Die Datenkollektive beinhalten Messergebnisse von handbeschickten, teilautomatisierten bis vollautomatisch betriebenen Mixern. Gemessen wurden sowohl nicht entstaubte als auch entstaubte Mischer während der Handbeschickung und bei Tätigkeiten, die mit der Herstellung der Betonmischung zusammenhängen, z.B. Handzugabe von Betonzusätzen, sowie bei Kontrollgängen in Mischanlagen.

Stationäre Mischmaschinen sind heute in der Regel in geschlossener Bauweise aus-

Tabelle 35:  
Expositionsdaten in der Betonindustrie (stationärer Betrieb, gesamt)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	538/83	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,55	0,44	1,2	5,38
	538/83	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,17	0,01	0,03	0,2
	532/83	Quarzgehalt in %	4,96	0,5	3,0	12,0
1985 bis 1994	417/121	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,1	0,18	0,65	2,05
	417/121	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,06	0,003	0,02	0,18
	398/121	Quarzgehalt in %	6,15	0,9	3,0	15,0
1995 bis 2004	572/164	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,79	0,11	0,55	1,44
	572/164	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,09	0,003	0,02	0,12
	513/153	Quarzgehalt in %	5,46	0,8	3,1	12,4

geführt und werden automatisch gesteuert, sodass sich im Aufstellraum kein ständiger Arbeitsplatz befindet. Sie sind abgesaugt oder zur Entlüftung der beim Befüllvorgang auftretenden Verdrängungsluft an ein Staubfilter angeschlossen.

Die Perzentilwerte der Messdaten in Tabelle 36 aus den drei betrachteten Zeiträumen dokumentieren die erzielten Verbesserungen aufgrund der Automatisierung des Mischvorgangs und der getroffenen Entstaubungsmaßnahmen.

### *Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen*

Die gemessene Quarzstaubkonzentration ist umso höher, je intensiver die Zerkleinerung der Kies- und Sandkörnung bei der Betonverdichtung erfolgt (z.B. von überschüssigem Beton, Restbeton). Kornzerkleinerung mit Entstehung von Quarz-A-Staub tritt z.B. bei der Herstellung von Platten auf Drehtischpressen mit Stampfwerk und von Betonwaren auf Rütteltischen mit lose aufliegender Form auf.

Absaugungen sind an Plattenpressen mit Stampfwerk Stand der Technik, jedoch nicht an den anderen Maschinenarten. Brettfertiger sind aus Gründen des Lärmschutzes in der überwiegenden Zahl eingehaust, was gleichzeitig der Staubausbreitung entgegenwirkt.

Die Fertigungseinrichtung „Rütteltisch“ führt zur Kornzerkleinerung mit Quarzstaubentwicklung. Eine Entstaubung durch Absaugen ist kaum möglich. Die Fertigung – Einbringen und/oder Verteilen der Betonmischung in die Formen – erfolgt im Wesentlichen manuell. Obgleich sich die Fertigungstechnologien im

zeitlichen Verlauf nicht wesentlich geändert haben, die Leistungsfähigkeit der Anlagen jedoch gesteigert wurde, ist beim 90%-Wert ein Rückgang von 0,26 auf 0,17 mg/m<sup>3</sup> zu verzeichnen (siehe Tabelle 37 auf Seite 118). Dies bestätigt die Wirksamkeit sowohl einer ganzen Reihe allgemeiner Staubschutzmaßnahmen in den Betrieben als auch der Automatisierung der Fertigungsabläufe.

#### *Herstellung von Betonwaren*

Die Ergebnisse von Messungen der Quarz-A-Staub-Konzentration im Zeitraum von 1997 bis 2001 zeigen für diesen Teilbereich

Tabelle 36:  
Expositionsdaten beim Mischen von Beton

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	116/30	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,04	0,44	1,05	3,09
	116/30	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,13
	115/30	Quarzgehalt in %	5,79	1,0	4,0	11,1
1985 bis 1994	56/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,02	0,18	0,63	2,04
	56/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,06
	53/26	Quarzgehalt in %	4,06	0,5	1,8	8,7
1995 bis 2004	44/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,73	0,18	0,37	1,64
	44/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,05
	33/26	Quarzgehalt in %	3,01	0,7	1,9	6,3

Tabelle 37:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Betonwaren und Betonfertigteilen (gesamt)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	209/27	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,53	0,32	0,8	3,37
	209/27	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,08	0,005	0,03	0,16
	204/27	Quarzgehalt in %	4,45	1,0	3,0	8,6
1985 bis 1994	152/50	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,92	0,2	0,63	1,75
	152/50	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,06	0,004	0,02	0,15
	151/50	Quarzgehalt in %	6,39	1,0	3,0	17,9
1995 bis 2004	205/76	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,77	0,09	0,55	1,56
	205/76	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,05	0,003	0,02	0,13
	187/72	Quarzgehalt in %	5,93	1,1	3,1	15,5

gegliedert nach Herstellungsverfahren folgende Tendenzen:

Mit einer Überschreitung der Quarz-A-Staub-Konzentration von  $0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$  ist zu rechnen bei der Herstellung von

- Betonplatten mit einer älteren Drehtischpresse mit Stampfwerk. Das Stampfwerk ist heute i.d.R. gekapselt und abgesaugt, sodass deutlich geringere Konzentrationen auftreten.
- Betonwaren auf Rütteltischen oder Rüttelböcken, auf denen die Form lose aufliegt.

Quarz-A-Staub-Konzentrationen zum Teil deutlich unter  $0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$  (siehe Tabelle 38) wurden ermittelt für die Herstellung von

- Schächten und Ringen,
- Rohren mit Rohrfertigern (siehe Abbildung 27),
- Betonwaren mit Schiebetischfertigern,
- Betonwaren mit Brettfertigern ( $< 0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ),
- Betonwaren mit Bodenfertigern ( $< 0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ ).

Abbildung 27:  
Rohfertigung in der Betonindustrie



Tabelle 38:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Betonwaren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 2004	183/63	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,2	0,31	0,92	5,47
	183/63	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,14	0,01	0,05	0,3
	181/62	Quarzgehalt in %	7,32	1,0	4,3	19,3

### *Herstellung großformatiger Betonfertigteile*

Bei der Herstellung von Betonfertigteilen wie z.B. Decken- und Wandelemente, Stützen und Binder erfahren die im Beton enthaltenen Mineralstoffe während des Verdichtungsvorganges keine Kornzerkleinerung. Ermittelte Quarz-A-Staubkonzentrationen liegen um  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (siehe Tabelle 39).

### *Herstellung von Dachsteinen*

Betondachsteine werden in Ringanlagen auf Stützformen, sogenannten Pallets, gefertigt. Die Betonmischung wird in herkömmlichen Betonmischanlagen hergestellt. Zu einer Freisetzung von Quarz-A-Staub kann es kommen

- im Bereich der Mischanlage
- beim Entschalen der erhärteten Dachsteine,
- beim Reinigen der Stützformen (Palletreiniger),
- bei der Oberflächenversiegelung der Dachsteine durch Aufsprühen einer flüssigen Beschichtung mit in der Regel quarzhaltigen Bestandteilen (z.B. Farbdispersion).

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1972 bis 1984 und von 1995 bis 2004 ist in Tabelle 40 dargestellt und zeigt eine beträchtliche Abnahme der Staubbelastung an den betreffenden Arbeitsplätzen. Gründe hierfür sind der Fortfall der Besandung von Dachsteinen etwa Mitte der 1980er-Jahre und die immer weiter verbesserten Entstaubungsmaßnahmen, die heute Stand der Technik sind, wie z.B. Absaugung am Betonmischer, verstärkter Einsatz von Absaugungen an Staubeinstehungsstellen und druckluftloses Aufbringen des Oberflächenbeschichtungsmittels.

### *Be- und Nachbearbeitung*

Mit hohen Quarz-A-Staubkonzentrationen ist beim Bohren, Sägen, Fräsen, Schneiden und Schleifen, insbesondere im Trockenschnitt zu rechnen. Diese treten z.B. bei der Be- und Nachbearbeitung von Betonoberflächen, der nachträglichen Herstellung von Anschlüssen in Betonschächten, Betonrohren und Aussparungen in anderen Betonfertigteilen auf. Insbesondere ist das Trockenschleifen mit Winkelschleifern und Topfschleifmaschinen im Bereich der „Betonkosmetik“ zur Reparatur schadhafter Ecken und Kanten, zum Glätten von Betonoberflächen sowie zum Entfernen von Graten mit hoher Staubentwicklung verbunden.



Tabelle 39:  
Expositionsdaten bei der Herstellung großformatiger Betonfertigteile

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 2004	77/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,66	0,14	0,51	1,38
	77/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,1
	72/29	Quarzgehalt in %	3,5	1,0	2,6	7,4

Tabelle 40:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Dachsteinen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	121/2	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,54	0,46	0,83	3,09
	121/2	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,11
	121/2	Quarzgehalt in %	3,89	1,0	3,0	8,0
1985 bis 1994	35/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,2	0,55	1,75
	35/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,01	0,07
	35/3	Quarzgehalt in %	3,69	1,0	2,0	7,0
1995 bis 2004	31/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,35	0,13	0,32	0,66
	31/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,01	0,01
	23/7	Quarzgehalt in %	2,39	1,3	2,2	4,1

Durch Arbeiten mit Wasserbenetzung kann das Freiwerden von Staub nur zum Teil unterdrückt werden. Die Höhe der Staubkonzentration (siehe Tabelle 41) beim Nasssägen wird maßgeblich von der Aero-

solbildung und der Wasserbeschaffenheit (Umlaufwasser/Frischwasser) beeinflusst. Es gelten die Ausführungen im Abschnitt 7.3.2.1 (Naturwerksteinindustrie).

## 7 Expositionsdaten

Beim Strahlen von Betonoberflächen handelt es sich um die Oberflächenbearbeitung von Betonzeugnissen, z.B. Platten und Pflastersteinen, in geschlossenen Anlagen mit Staubabsaugung und Aufbereitung des im Kreislauf verwendeten nicht silikogenen Strahlmittels.

Wegen der Mobilität der Arbeitsplätze sind Absaugungen an Handmaschinen häufig

schwierig zu handhaben, sodass vorwiegend Atemschutz zum Einsatz kommt.

Die Ergebnisse von Messungen im Datenzeitraum von 1997 bis 2001 zeigen für die einzelnen Bearbeitungsverfahren folgende Tendenzen:

Mit einer Überschreitung der Quarz-A-Staub-Konzentration von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  ist zu rechnen beim

Tabelle 41:  
Expositionsdaten bei der Be- und Nachbearbeitung von Betonprodukten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	186/39	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	4,12	0,65	1,9	9,73
	186/39	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,32	0,01	0,03	0,31
	186/39	Quarzgehalt in %	4,68	0,5	1,0	18,8
1985 bis 1994	167/67	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	1,34	0,12	0,77	2,07
	167/67	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,07	0,003	0,02	0,2
	155/67	Quarzgehalt in %	6,45	0,9	2,9	14,2
1995 bis 2004	232/86	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	0,9	0,21	0,61	1,44
	232/86	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,17	0,004	0,02	0,12
	215/83	Quarzgehalt in %	6,33	0,8	4,4	12,3

- ❑ Sägen – sowohl trocken als auch nass; beim Trockensägen mit Absaugung waren die Quarz-A-Staub-Konzentrationen um mehr als 50 % geringer als beim Nasssägen,
- ❑ Ausmauern von Schächten, insbesondere beim Zuschnitt der Hartbrandklinker.

Quarz-A-Staub-Konzentrationen, zum Teil deutlich  $< 0,15 \text{ mg/m}^3$ , wurden ermittelt für das

- ❑ Nassschleifen,
- ❑ Trockenschleifen mit Absaugung, um  $0,05 \text{ mg/m}^3$ ,
- ❑ Strahlen von Betonoberflächen in abgesaugten Strahlanlagen mit Aufbereitung des Strahlmittels ( $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ ),

- ❑ Stocken von Betonoberflächen in abgesaugten Stockanlagen ( $< 0,1 \text{ mg/m}^3$ ).

#### Verpackung, Transport, Verladung

Messungen wurden hier im Wesentlichen bei der Bündelung und Verpackung von Betonpflastersteinen, beim Auslagern der Produkte aus den Fertigungshallen und Einlagern im Außenlager sowie bei der Verladung auf Lkw zum Abtransport durchgeführt. Die Arbeitsplätze und Verpackungsanlagen befinden sich häufig in der Nähe oder innerhalb staubemittlerender Produktionsbereiche, sodass von dort her Staub übertragen wird. Erhöhte Expositionen gegenüber Quarz-A-Staub sind bei regelmäßiger Reinigung der Lager- bzw. Umschlagplätze vermeidbar (siehe Tabelle 42).

Tabelle 42:  
Expositionsdaten bei der Verpackung, dem Transport und der Verladung von Betonprodukten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1994	28/13	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	2,46	0,15	0,52	3,23
	28/13	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,17	0,01	0,03	0,17
	28/13	Quarzgehalt in %	7,14	1,0	7,0	16,0
1995 bis 2004	57/33	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	0,47	0,09	0,33	1,08
	57/33	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,02	0,003	0,01	0,03
	45/30	Quarzgehalt in %	2,6	0,9	2,1	4,6

### 7.3.2.8 Asphaltmischanlagen

Asphalt wird durch Mischen von vorgetrocknetem Mineralstoffgemisch mit Bitumen als Bindemittel und weiteren Zusatzstoffen in einer Mischmaschine hergestellt (siehe Abbildung 28). Die Zugabe der Mischungs-

komponenten und der Mischvorgang finden in einem weitgehend geschlossenen System statt und sind automatisiert. Der Mischvorgang wird aus einem in räumlicher Entfernung zur Anlage angeordneten Leitstand gesteuert. Während des Herstellungsprozesses ist der Einsatz von Personal in der Anlage nicht notwendig. Ausgenommen hiervon sind

Abbildung 28:  
Trockentrommel einer Asphaltmischanlage



- ❑ die manuelle Zugabe von Zusatzstoffen,
- ❑ Kontrollgänge und
- ❑ die Beseitigung plötzlich auftretender Betriebsstörungen.

Der Aufenthalt innerhalb des geschlossenen Mischturms während der Produktion ist mit hoher Staubexposition verbunden. Staubquellen sind u.a. Siebmaschinen und die Übergaben der Mineralstoffdosierung. Die Aufenthaltsdauer beträgt für Kontrollgänge in der Regel weniger als eine Stunde pro Arbeitsschicht, sodass sich die Exposition damit auf ein Achtel der ausgewiesenen Werte relativiert. Demgegenüber finden Transporte und Materialbeschickung der Doseure mit dem Radlader auf dem Betriebsgelände während der gesamten Arbeitsschicht statt. Die Mineralstoffe werden mit Ausnahme der feinkörnigen Füllstoffe auf Halde auf dem Betriebsgelände gelagert. Der Radladerfahrer befindet sich während der Transporte und Beschickungsvorgänge in der geschlossenen Kabine des Radladers.

Mit der Einhausung der Mischanlagen wurde als unmittelbare Auswirkung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in der zweiten Hälfte der 1970er-Jahre begonnen. Messdaten aus dem Zeitraum von 1972 bis 1984 (siehe Tabelle 43 auf Seite 126) spiegeln noch den Zustand offener Anlagen wider,

bei denen der Staub durch Verwehung weiträumig über das Werksgelände verteilt wurde. Heute sind eingehauste Mischanlagen mit vollständig geschlossenem Mischurm und zentraler Staubabsaugung zur Beseitigung von Staubablagerungen Stand der Technik.

Branchenregelungen hierzu enthalten die BG/BGIA-Empfehlungen [55] „Herstellung und Transport von Asphalt“.

#### 7.3.2.9 Herstellung von Trockenbaustoffen (Trockenmörtel, Edelputz)

Trockenmörtel und Edelputze, z.B. Vergussmörtel, Betonspachtel und Innen- und Außenputze, werden auf der Basis von Zement, Kalk, Gips, Sand und Zusätzen wie organische Polymere, Quellstoffe und Fasern, die bestimmte Produkteigenschaften erzielen, hergestellt. Aufgrund des Quarzgehalts der verwendeten Mineralstoffe kommt es bei der Sandtrocknung sowie bei Trockenmischvorgängen, insbesondere beim Befüllen und Entleeren der Mischer, und bei der Handzugabe von Mischungskomponenten zur Bildung quarzhaltiger Stäube. Staubexpositionen treten außerdem an Arbeitsplätzen auf, an denen Fertigprodukte in Säcke oder andere Verpackungen abgefüllt werden, sowie bei Reinigungsarbeiten.

Tabelle 43:  
Expositionsdaten in Asphaltmischanlagen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Asphaltmischanlagen (gesamt)</b>						
1972 bis 1984	138/36 138/36 138/36	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	6,88 0,4 6,14	0,3 0,01 1,0	1,29 0,05 5,0	10,62 0,81 11,0
1985 bis 1994	96/25 96/25 96/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,32 0,09 6,94	0,24 0,01 2,0	0,75 0,03 5,0	2,96 0,22 15,9
1995 bis 2004	56/27 56/27 42/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	0,7 0,03 5,22	0,1 0,003 1,1	0,42 0,02 3,4	1,57 0,08 13,5
<b>Innerhalb der Mischanlage</b>						
1972 bis 1984	91/29 91/29 91/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	3,71 0,27 6,33	0,36 0,01 1,0	1,0 0,06 5,0	9,51 0,59 11,0
1985 bis 1994	53/21 53/21 53/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,27 0,09 6,41	0,24 0,01 2,0	0,78 0,04 5,0	2,99 0,24 12,3
1995 bis 2004	20/9 20/9 18/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,08 0,03 3,42	0,17 0,004 1,1	0,83 0,03 3,4	2,16 0,07 4,9
<b>Transport, außerhalb</b>						
1972 bis 2004	39/26 39/26 29/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	0,68 0,04 7,13	0,16 0,004 0,9	0,44 0,02 2,6	1,32 0,1 19,0

Das Abfüllen und Verpacken der Fertigprodukte erfolgt mit Rotorpackmaschinen und handbedienten Absackmaschinen (siehe Abbildung 29, siehe Seite 129). Im Bereich Verladung und Transport wurde überwiegend bei Mischttätigkeiten aus kombinierter Absackung und Palettierung sowie Staplerttransporte in den Lagerbereichen gemessen, da diese Produktionsbereiche eng miteinander verknüpft sind. Die Loseverladung in Silozüge wurde außer Betracht gelassen, da

hierbei – außer im Störfall – kein Staub freigesetzt wird.

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1985 bis 1994 und von 1995 bis 2004 in Tabelle 44 lässt erkennen, dass durch Anwendung und Verbesserung der Entstaubungsmaßnahmen in den Werken ein deutlicher Rückgang der Staubbelastung erzielt wurde.

Tabelle 44:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Trockenbaustoffen (Trockenmörtel, Edelputz)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Herstellung von Trockenbaustoffen (Trockenmörtel, Edelputz) (gesamt)</b>						
1972 bis 1984	252/46	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,97	0,7	2,02	5,65
	252/46	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,005	0,03	0,13
	251/45	Quarzgehalt in %	2,21	0,5	1,0	4,0
1985 bis 1994	219/62	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,49	0,4	1,25	3,07
	219/62	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,02	0,13
	217/62	Quarzgehalt in %	4,71	0,5	2,2	9,4
1995 bis 2004	192/76	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,39	0,22	0,88	3,03
	192/76	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,01	0,08
	182/75	Quarzgehalt in %	3,23	0,5	1,6	6,7
<b>Mischen</b>						
1972 bis 1984	71/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,4	0,49	1,4	4,73
	71/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,02	0,1
	71/28	Quarzgehalt in %	1,98	0,4	1,0	4,0

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 44:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Mischen (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	61/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,39	0,36	1,2	2,49
	61/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,12
	61/24	Quarzgehalt in %	4,01	0,5	2,3	8,5
1995 bis 2004	34/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,54	0,24	1,37	3,34
	34/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,02	0,08
	33/19	Quarzgehalt in %	2,0	0,7	1,5	4,2
<b>Trocknen und Dosieren</b>						
1972 bis 1984	17/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,11	0,6	1,4	10,71
	17/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,37	0,004	0,07	1,1
	17/10	Quarzgehalt in %	5,33	0,3	4,0	14,0
1985 bis 2004	17/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,16	0,44	0,91	1,68
	17/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,02	0,17
	17/13	Quarzgehalt in %	4,31	0,7	3,0	9,4
<b>Abfüllen und Verpacken</b>						
1972 bis 1984	148/43	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,07	0,86	2,15	5,53
	148/43	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,11
	147/42	Quarzgehalt in %	2,02	0,5	1,0	3,3
1985 bis 1994	123/48	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,57	0,41	1,29	3,23
	123/48	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,02	0,12
	121/48	Quarzgehalt in %	5,15	0,5	2,0	11,6
1995 bis 2004	92/57	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,4	0,24	0,84	2,99
	92/57	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,02	0,09
	91/57	Quarzgehalt in %	3,01	0,6	1,7	7,0
<b>Verladung und Transport</b>						
1972 bis 1994	10/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,09	0,7	1,4	4,65
	10/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,08
	10/9	Quarzgehalt in %	2,13	0,8	1,0	5,0
1995 bis 2004	37/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,98	0,16	0,3	2,34
	37/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,01	0,06
	31/16	Quarzgehalt in %	4,35	0,5	1,7	10,0



Abbildung 29:  
Absackung von Edelputz



Die Produktionsanlagen sind nach dem Stand der Technik über zentrale Absauganlagen entstaubt. Durch häufigen Produktwechsel mit entsprechendem Reinigungsbedarf und die Handzugabe bestimmter

Zusätze mit Eingriff in den Materialfluss kann Staub freigesetzt werden, der dann zu erhöhten Konzentrationen führt. Zur lokalen Arbeitsplatz- und Anlagenreinigung stehen deshalb Industriestaubsauger zur Verfügung.

### 7.3.2.10 Mineralmahlwerke (Farberden)

Natürliche Minerale wie z.B. Bauxite, Chromerze, Eisenerze, Magnesite und Feldspäte werden in Brecher-, Sieb-, Trocknungs- und Mahlanlagen zu Produkten mit einer Korngröße von  $< 10 \mu\text{m}$  aufgearbeitet. Sie werden u.a. zur Herstellung feuerfester Materialien, in der Eisen- und Stahlindustrie, Gießereien, der Glasindustrie und der chemischen Industrie eingesetzt. Beim Vorhandensein quarzhaltiger Anteile im Rohmaterial kann insbesondere an Brecher- und Mahlanlagen sowie bei der Absackung Quarz-A-Staub auftreten.

Bei der Aufbereitung dieser mineralischen Rohstoffe kommen Arbeitsverfahren mit Einzeltätigkeiten zum Einsatz, wie sie im Abschnitt 7.3.2.2 (Gewinnung und Aufbereitung von Naturstein) beschrieben sind. Die dort getroffenen Aussagen gelten hier entsprechend. Die Arbeitsbereiche Mischen, Abfüllen und Verpacken sind hinsichtlich der Anlagentechnik und Arbeitsabläufe vergleichbar mit denen in der Zement- und Kalkindustrie.

Der zeitliche Verlauf der Messwerte für die Zeiträume von 1972 bis 1984 und von 1995 bis 2004 (siehe Tabelle 45) zeigt einen erheblichen Rückgang der Staubbelastung für die gesamte Branche, der durch Anwendung und Verbesserung der

Entstaubungsmaßnahmen erzielt werden konnte.

### 7.3.3 Keramische und Glasindustrie

#### 7.3.3.1 Ton, Kaolin, Gewinnung

Tone und Kaoline werden überwiegend im Tagebau selektiv mit Baggern gewonnen. Der Rohstoff wird über Bandstraßen, Lkws oder Dumper in Zwischenlager transportiert, gegebenenfalls in Brechern zerkleinert und grob vorgemischt. Da Kaolin meist mit Quarz, Glimmer (nicht zersetzter Feldspat) und Feldspat verunreinigt ist, muss der Kaolin durch Trennverfahren separiert werden. Feinkaoilin ist ein wichtiger Rohstoff für die Porzellan- und Papierindustrie. Sande und Feldspate werden klassiert und teilweise gemahlen. Zwar konnte die Situation im Laufe der Zeit durch technische Maßnahmen kontinuierlich verbessert werden, trotzdem werden Quarz-A-Staub-Konzentrationen in der Luft von  $0,15 \text{ mg}/\text{m}^3$  auch heute teilweise überschritten (Tabelle 46, siehe Seite 132).

#### 7.3.3.2 Ziegeleierzeugnisse, Herstellung

Die gebräuchlichsten Vertreter in der Gruppe der Ziegel sind Hintermauerziegel, Klinker und Dachziegel. Die tonigen Rohstoffe wer-

Tabelle 45:  
Expositionsdaten in Mineralmahlwerken (Farberden)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	126/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,74	0,48	2,0	14,16
	126/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,01	0,05	0,53
	125/28	Quarzgehalt in %	4,97	0,5	3,0	12,8
1985 bis 1994	107/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,66	0,32	1,19	3,26
	107/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,01	0,09
	106/19	Quarzgehalt in %	3,22	0,5	1,2	10,2
1995 bis 2004	35/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,54	0,18	0,97	3,27
	35/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	34/10	Quarzgehalt in %	2,11	0,7	0,7	3,6

den in Kastenbeschickern dosiert, in Brechern und im Koller zerkleinert und gemischt. Letztes Aufbereitungselement sind Feinwalzwerke, die seit den 1980er-Jahren mit immer kleineren Spaltweiten von < 1 mm arbeiten. Für eine gute Homogenisierung wird die Masse im Sumpfhaus gemaukt. Zur Masse der Hintermauerziegel werden Porosierungsmittel beigemischt. Die mit Wasser oder Dampf plastifizierte Masse wird in Vakuumstrangpressen zu Steinen gezogen bzw. Dachziegel auf Revolverpressen gepresst. Anschließend wird die Ware getrocknet. Dachziegel werden engobiert oder glasiert. Seit den 1990er-Jahren werden Hintermauerziegel nach dem Brand vermehrt plangeschliffen. In Tabelle 47 (siehe Seite 133 ff.) spiegelt sich ein Abwärtstrend der Werte

wider, der durch eine verbesserte Entstaubung erreicht wurde. Insgesamt ist zu bemerken, dass die Quarzgehalte in den Tonen je nach Lagerstätte stark schwanken und dadurch auch die Quarz-A-Staubkonzentrationen in der Luft beeinflusst werden.

### 7.3.3.3 Großsteinzeug und Spaltplatten, Herstellung

Kanalisationsrohre, Tröge, säurefeste Elemente sowie Platten, meist für den Fußbodenbereich, gehören zur Steinzeuggruppe der Grobkeramik. Die tonigen Rohstoffe werden zerkleinert und dosiert. Die gebrochene, gemahlene und klassierte Schamotte – ge-

brannter Ton oder Recyclingware – wird dem Ton zugesetzt und mit Wasser zu einer plastischen Masse gemischt. Formgebungsaggregat ist die Vakuumstrangpresse. Meist nach dem Trocknen wird die „weiße“ Ware glasiert und anschließend gebrannt. Um bei Steinzeugrohren eine dichte Verbindung zu

erhalten, werden die Muffen mit Hartpolyurethan oder mit Quarzmehl gemagertem Polyester (bis Ende der 1990er-Jahre) kreisrund ausgegossen. Seit Ende der 1990er-Jahre wird die Steckverbindung auch ausgeschliffen. Die Messdaten führt Tabelle 48 (siehe Seite 138 ff.) auf.

Tabelle 46:  
Expositionsdaten bei der Gewinnung von Ton und Kaolin

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gewinnung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	16/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,0	0,14	0,39	2,54
	16/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,01	0,06	0,47
	16/5	Quarzgehalt in %	14,59	4,2	10,0	29,1
<b>Nassaufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	14/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,9	0,23	0,96	2,84
	14/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,06	0,18
	14/4	Quarzgehalt in %	5,66	1,9	5,5	8,0
<b>Trockenaufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	42/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,82	0,45	1,4	3,36
	42/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,02	0,14	0,7
	42/5	Quarzgehalt in %	17,56	3,0	11,4	40,0
1985 bis 1994	19/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,92	0,31	0,81	1,73
	19/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,03	0,14	0,47
	19/6	Quarzgehalt in %	27,22	6,7	14,6	60,0
1995 bis 2004	19/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,18	0,57	1,42
	19/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,005	0,04	0,15
	19/6	Quarzgehalt in %	11,79	0,8	8,9	25,9

Tabelle 47:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Ziegeleierzeugnissen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	79/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,47	0,6	2,13	12,14
	79/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,05	0,16	0,93
	79/22	Quarzgehalt in %	10,53	4,9	8,0	13,6
1985 bis 1994	201/79	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,97	0,14	0,64	2,02
	201/79	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,06	0,2
	198/79	Quarzgehalt in %	9,4	2,5	8,7	16,4
1995 bis 2004	339/132	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,65	0,09	0,56	1,27
	339/132	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,15
	329/130	Quarzgehalt in %	9,06	2,4	7,7	16,5
<b>Aufbereitung, grob</b>						
1972 bis 1984	24/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	6,51	0,92	1,7	12,82
	24/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,08	0,13	1,64
	24/12	Quarzgehalt in %	10,4	4,8	11,0	13,8
1985 bis 1994	47/30	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,93	0,18	0,52	2,04
	47/30	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,052	0,18
	47/30	Quarzgehalt in %	9,42	2,0	9,1	14,7
1995 bis 2004	53/36	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,17	0,54	1,07
	53/36	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,09
	53/36	Quarzgehalt in %	9,66	3,9	8,3	14,7
<b>Aufbereitung, fein und Glasur</b>						
1972 bis 1984	16/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	6,26	0,55	2,57	14,92
	16/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,54	0,05	0,17	1,38
	16/7	Quarzgehalt in %	8,19	3,9	7,0	12,8

Tabelle 47:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, fein und Glasur (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	21/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,92	0,17	0,54	1,99
	21/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,05	0,2
	21/14	Quarzgehalt in %	9,53	1,8	9,4	18,1
1995 bis 2004	50/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,09	0,6	1,25
	50/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,03	0,09
	49/31	Quarzgehalt in %	6,87	1,1	6,4	11,2
<b>Formerei, allgemein</b>						
1972 bis 1984	22/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,17	0,48	1,85	3,29
	22/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,04	0,14	0,23
	22/13	Quarzgehalt in %	7,21	5,0	7,1	9,7
1985 bis 1994	217/98	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,15	0,44	1,25
	217/98	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,11
	215/98	Quarzgehalt in %	8,27	2,4	6,6	14,3
1995 bis 2004	392/171	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,12	0,24	0,8
	392/171	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,06
	376/170	Quarzgehalt in %	5,94	1,7	5,0	10,3
<b>Formerei, Pressen</b>						
1972 bis 1984	21/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,25	0,7	1,88	3,34
	21/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,04	0,14	0,23
	21/12	Quarzgehalt in %	7,09	5,0	7,1	9,3
1985 bis 1994	205/96	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,15	0,45	1,25
	205/96	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,11
	203/96	Quarzgehalt in %	8,34	3,0	6,5	14,1
1995 bis 2004	379/170	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,12	0,23	0,77
	379/170	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,06
	364/169	Quarzgehalt in %	5,93	1,7	5,0	10,5

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Trocknen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	-/-	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	-/-	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	-/-	Quarzgehalt in %	-	-	-	-
1985 bis 1994	15/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,14	0,31	1,43
	15/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,005	0,02	0,15
	12/9	Quarzgehalt in %	8,08	1,8	6,0	16,9
1995 bis 2004	32/23	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,18	0,33	0,87
	32/23	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,07
	31/23	Quarzgehalt in %	7,22	1,8	5,0	13,4
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein, Glasieren</b>						
1972 bis 1984	14/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,17	0,19	1,0	2,38
	14/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,14
	14/6	Quarzgehalt in %	5,96	2,5	5,4	8,0
1985 bis 1994	30/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,13	0,31	1,59
	30/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,03	0,07
	30/18	Quarzgehalt in %	7,13	1,7	6,2	14,2
1995 bis 2004	80/49	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,15	0,2	0,64
	80/49	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	78/49	Quarzgehalt in %	5,83	2,1	4,6	11,1
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	20/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,11	0,23	1,2	11,2
	20/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,002	0,08	0,24
	20/10	Quarzgehalt in %	4,35	1,0	3,0	7,7
1985 bis 1994	126/69	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,39	0,1	0,25	0,86
	126/69	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,002	0,02	0,08
	123/69	Quarzgehalt in %	6,96	1,2	5,7	12,8

Tabelle 47:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ofen, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	304/143	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,09	0,09	0,73
	304/143	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,08
	300/143	Quarzgehalt in %	7,48	1,7	6,0	15,6
<b>Ofen, Herd-, Tunnelofen beladen</b>						
1972 bis 1984	4/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	4/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	4/3	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1985 bis 1994	66/49	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,14	0,26	0,89
	66/49	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,02	0,09
	66/49	Quarzgehalt in %	6,88	1,4	5,5	11,4
1995 bis 2004	183/122	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,14	0,18	0,75
	183/122	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,08
	181/122	Quarzgehalt in %	7,3	1,7	6,2	13,9
<b>Ofen, Herd-, Tunnelofen entladen</b>						
1972 bis 1984	2/2	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	2/2	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	2/2	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1985 bis 1994	31/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,16	0,22	0,48
	31/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,03
	30/25	Quarzgehalt in %	5,89	1,0	4,6	12,4
1995 bis 2004	103/75	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,14	0,14	0,7
	103/75	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,07
	103/75	Quarzgehalt in %	8,32	1,7	6,2	16,9



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	34/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,18	0,41	1,0	2,02
	34/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,02	0,06	0,24
	34/12	Quarzgehalt in %	7,16	2,9	7,1	11,6
1985 bis 1994	95/57	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,09	0,31	1,16
	95/57	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,02	0,15
	93/57	Quarzgehalt in %	9,55	2,8	8,3	14,9
1995 bis 2004	254/109	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,12	0,12	0,62
	254/109	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	237/107	Quarzgehalt in %	6,46	1,1	4,5	13,3
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Sägen</b>						
1972 bis 1984	12/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,20	0,28	1,05	2,06
	12/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,02	0,06	0,29
	12/4	Quarzgehalt in %	8,64	3,0	7,5	13,8
1985 bis 1994	9/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	9/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	9/6	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	55/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,12	0,18	0,53
	55/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	54/32	Quarzgehalt in %	5,51	1,5	4,4	10,1
<b>Nachbearbeitung, Sortieren, Lager</b>						
1972 bis 1984	11/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,01	0,22	1,0	1,57
	11/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,02	0,06	0,13
	11/5	Quarzgehalt in %	7,52	3,1	7,1	11,4

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 47:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Sortieren, Lager (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	67/47	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,09	0,26	0,76
	67/47	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,08
	65/47	Quarzgehalt in %	8,47	2,9	7,8	14,2
1995 bis 2004	188/85	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,13	0,13	0,53
	188/85	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	174/84	Quarzgehalt in %	6,51	1,1	4,5	13,3

Tabelle 48:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Großsteinzeug und Spaltplatten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	24/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,14	0,38	0,9	6,68
	24/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,02	0,08	0,84
	24/5	Quarzgehalt in %	13,97	2,4	8,0	14,0
1985 bis 1994	46/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,35	0,36	1,22	2,21
	46/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,02	0,12	0,25
	45/7	Quarzgehalt in %	9,35	4,5	9,5	12,8
1995 bis 2004	16/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,81	0,37	0,62	1,04
	16/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,07	0,11
	16/4	Quarzgehalt in %	8,26	2,7	8,3	11,8

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	19/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,42	0,44	0,83	7,94
	19/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,02	0,07	0,72
	19/6	Quarzgehalt in %	7,16	2,8	6,4	13,9
1985 bis 1994	32/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,15	0,41	1,23
	32/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,09
	32/6	Quarzgehalt in %	7,59	5,1	7,5	8,8
1995 bis 2004	29/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,64	0,25	0,58	1,09
	29/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,04	0,1
	29/6	Quarzgehalt in %	7,9	5,8	7,4	10,4
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	12/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,38	0,51	1,2	9,27
	12/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,03	0,08	1,0
	12/5	Quarzgehalt in %	8,49	3,4	7,0	14,0
1985 bis 1994	28/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,64	0,15	0,44	1,24
	28/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,1
	28/6	Quarzgehalt in %	7,48	5,4	7,4	8,8
1995 bis 2004	25/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,3	0,6	1,1
	25/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,05	0,1
	25/6	Quarzgehalt in %	8,02	5,2	7,5	10,9
<b>Trocknung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	13/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,18	0,23	1,32
	13/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,005	0,01	0,12
	13/4	Quarzgehalt in %	5,95	2,5	5,5	8,8
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 2004	38/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,88	0,21	0,67	1,82
	38/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,03	0,18
	38/14	Quarzgehalt in %	6,73	2,9	5,7	11,2

Tabelle 48:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	23/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,0	0,4	0,73	2,19
	23/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,04	0,1
	23/6	Quarzgehalt in %	5,1	1,8	5,3	7,2
1985 bis 1994	33/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,39	0,15	0,23	0,96
	33/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,09
	33/6	Quarzgehalt in %	7,22	3,9	6,8	11,7
1995 bis 2004	22/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,16	0,41	1,21
	22/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,14
	22/5	Quarzgehalt in %	9,66	3,3	8,4	16,6
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	42/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,45	0,4	0,8	1,99
	42/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,05	0,12
	42/8	Quarzgehalt in %	6,1	1,0	6,0	10,9
1985 bis 1994	12/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,18	0,32	1,04
	12/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,06
	12/6	Quarzgehalt in %	6,89	4,3	6,9	8,3
1995 bis 2004	19/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,19	0,42	1,07
	19/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,04	0,09
	19/5	Quarzgehalt in %	9,8	4,1	8,4	16,0

### 7.3.3.4 Feuerfeste Waren, Herstellung

Einsatzgebiet von feuerfesten Materialien (siehe Abbildung 30) ist in erster Linie

die Metall-, die keramische und die Glasindustrie. In der Aufbereitung werden die Rohstoffe klassiert, dosiert und gemischt. Je nach Anforderung werden die Erzeug-

nisse durch (halb-)plastische Formgebung, Trockenpressen oder durch Stampfen aus pulverförmigen Massen hergestellt. Der anschließende Brand gibt den feuerfesten

Materialien die unterschiedlichen physikalischen, chemischen und thermischen Eigenschaften. Tabelle 49 (siehe Seite 142 ff.) zeigt die Expositionsdaten.

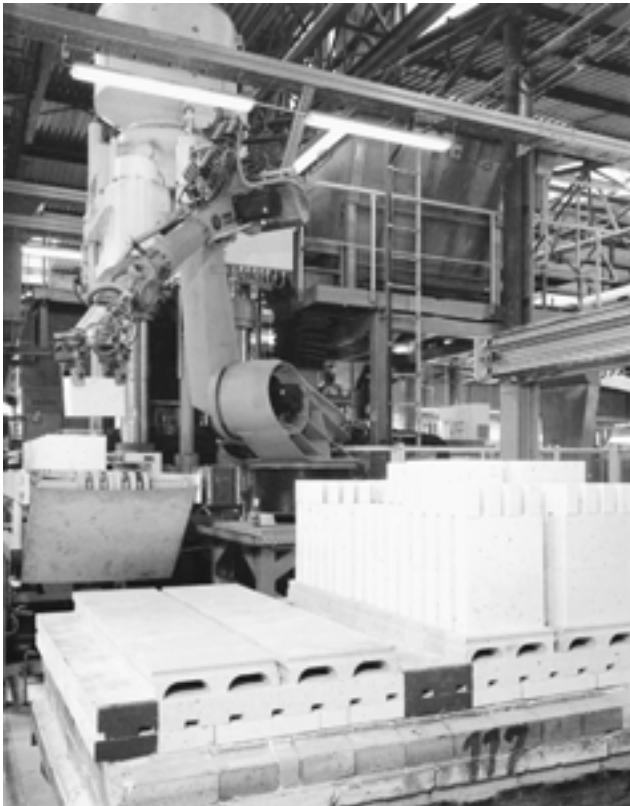


Abbildung 30:  
Setzen von feuerfester Ware  
auf Ofenwagen

Tabelle 49:  
Expositionsdaten bei der Herstellung feuerfester Waren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972bis 1979	105/21	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	5,26	0,65	2,45	11,0
	105/21	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,52	0,02	0,1	0,55
	104/21	Quarzgehalt in %	8,96	0,8	5,2	11,0
1980bis 1984	173/34	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,55	0,5	1,38	4,15
	173/34	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,13	0,01	0,06	0,24
	172/34	Quarzgehalt in %	6,43	1,0	4,6	12,0
1985bis 1994	86/23	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,2	0,2	1,09	2,34
	86/23	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,08	0,004	0,03	0,17
	82/23	Quarzgehalt in %	7,93	0,8	4,2	14,3
1995bis 2004	208/44	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,25	0,23	0,88	2,1
	208/44	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,08	0,005	0,03	0,15
	197/44	Quarzgehalt in %	8,66	0,5	3,1	22,8
<b>Aufbereitung, grob</b>						
1972bis 1979	22/10	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	3,14	0,36	1,45	10,17
	22/10	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,26	0,02	0,1	0,36
	22/10	Quarzgehalt in %	17,41	2,1	7,6	53,4
1980bis 1984	26/12	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	4,79	0,5	1,1	6,91
	26/12	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,29	0,03	0,11	0,52
	26/12	Quarzgehalt in %	10,26	2,6	6,5	24,8
1985bis 2004	21/10	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,48	0,25	1,4	2,34
	21/10	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,08	0,01	0,07	0,15
	21/10	Quarzgehalt in %	6,04	1,4	5,7	11,0
<b>Aufbereitung, fein und Glasur</b>						
1972bis 1979	15/10	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	5,36	0,57	2,08	13,75
	15/10	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,28	0,01	0,07	0,42
	15/10	Quarzgehalt in %	4,92	0,8	5,0	9,5

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, fein und Glasur (Fortsetzung)</b>						
1980bis 1984	14/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,37	0,36	1,25	3,04
	14/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,003	0,05	0,15
	14/8	Quarzgehalt in %	5,11	0,5	5,1	8,2
1985bis 2004	25/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,98	0,41	1,96	3,7
	25/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,03	0,17
	24/12	Quarzgehalt in %	3,48	0,9	2,2	7,0
<b>Aufbereitung, übrige Arbeitsbereiche</b>						
1972bis 1979	68/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	5,93	0,7	2,9	10,14
	68/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,02	0,14	0,62
	67/18	Quarzgehalt in %	7,09	0,9	4,4	10,6
1980bis 1984	133/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,03	0,5	1,48	3,56
	133/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,06	0,2
	132/29	Quarzgehalt in %	5,81	1,0	4,0	12,0
1985bis 1994	69/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,1	0,16	0,91	2,14
	69/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,004	0,03	0,17
	65/21	Quarzgehalt in %	8,93	0,58	4,5	21,7
1995bis 2004	186/43	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,22	0,23	0,88	2,07
	186/43	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,005	0,02	0,15
	176/43	Quarzgehalt in %	9,07	0,5	3,0	25,4
<b>Formerei, allgemein</b>						
1972bis 1984	151/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,17	0,35	0,72	2,05
	151/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,04	0,12
	150/31	Quarzgehalt in %	5,66	1,0	5,0	10,0
1985bis 1994	83/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,13	0,37	1,38
	83/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,02	0,08
	80/24	Quarzgehalt in %	6,03	1,1	4,1	10,0

Tabelle 49:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formerei, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	222/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,39	0,14	0,28	0,82
	222/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	210/34	Quarzgehalt in %	5,81	0,6	2,8	15,3
<b>Formerei, Pressen</b>						
1972 bis 1984	97/27	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,97	0,35	0,74	2,0
	97/27	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,13
	97/27	Quarzgehalt in %	6,79	2,0	5,5	15,6
1985 bis 1994	59/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,17	0,35	1,03
	59/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,01	0,1
	56/19	Quarzgehalt in %	6,94	1,0	4,3	14,5
1995 bis 2004	191/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,37	0,14	0,25	0,77
	191/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	179/31	Quarzgehalt in %	6,32	0,6	2,9	16,6
<b>Trocknen, allgemein</b>						
1972 bis 2004	17/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,91	0,17	0,42	2,53
	17/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,001	0,01	0,15
	17/8	Quarzgehalt in %	2,99	0,6	2,1	6,1
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 1984	37/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,46	0,4	1,13	2,11
	37/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,06	0,16
	37/11	Quarzgehalt in %	5,65	1,2	5,5	10,2
1985 bis 1994	11/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,17	0,6	1,44
	11/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,001	0,01	0,05
	10/6	Quarzgehalt in %	5,28	0,5	3,1	7,8



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	33/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,58	0,16	0,52	1,06
	33/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	33/9	Quarzgehalt in %	3,11	0,5	1,9	6,9
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	83/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,29	0,61	1,6
	83/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,03	0,14
	83/22	Quarzgehalt in %	7,32	0,8	4,4	8,7
1985 bis 1994	35/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,35	0,16	0,26	0,74
	35/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,03
	32/14	Quarzgehalt in %	5,51	1,5	4,2	9,7
1995 bis 2004	96/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,12	0,2	0,67
	96/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,05
	92/24	Quarzgehalt in %	6,71	1,1	4,2	13,3
<b>Ofen, Herd-/Tunnelofen beladen</b>						
1972 bis 1984	20/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,97	0,23	0,6	1,6
	20/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,03	0,12
	20/9	Quarzgehalt in %	5,4	2,6	4,6	8,5
1985 bis 1994	15/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,17	0,3	0,7
	15/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,02	0,04
	14/9	Quarzgehalt in %	6,57	2,5	4,2	15,0
1995 bis 2004	37/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,17	0,29	1,09
	37/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,02	0,08
	36/16	Quarzgehalt in %	7,88	1,0	5,8	15,3

Tabelle 49:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ofen, Herd-/Tunnelofen entladen</b>						
1972bis 1984	30/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,72	0,3	0,6	1,3
	30/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,02	0,08
	30/11	Quarzgehalt in %	4,47	0,8	3,1	7,8
1985bis 1994	16/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,16	0,24	0,44
	16/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,03
	15/7	Quarzgehalt in %	5,27	1,2	5,0	9,1
1995bis 2004	46/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,12	0,12	0,45
	46/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,03
	43/14	Quarzgehalt in %	6,71	1,2	5,2	13,3
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972bis 1984	97/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,64	0,45	0,78	3,18
	97/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,03	0,18
	96/28	Quarzgehalt in %	8,31	1,0	4,2	25,8
1985bis 1994	41/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,16	0,4	1,39
	41/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,05
	40/17	Quarzgehalt in %	4,95	1,0	2,6	10,0
1995bis 2004	95/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,13	0,3	0,89
	95/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,007	0,03
	92/29	Quarzgehalt in %	4,06	0,6	2,5	8,2
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Sägen</b>						
1972bis 1984	47/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,67	0,45	0,78	2,58
	47/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,08
	47/12	Quarzgehalt in %	4,87	0,8	3,9	8,0

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Sägen (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	21/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,16	0,43	0,73
	21/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,005	0,01	0,03
	21/8	Quarzgehalt in %	4,52	1,2	3,1	9,9
1995 bis 2004	44/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,18	0,32	0,9
	44/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,01	0,02
	43/13	Quarzgehalt in %	2,27	0,6	2,2	3,9
<b>Nachbearbeitung, Sortieren, Lager</b>						
1972 bis 1984	44/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,75	0,42	0,8	3,36
	44/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,01	0,04	0,34
	44/18	Quarzgehalt in %	11,67	1,0	4,4	27,6
1985 bis 1994	13/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,16	0,25	1,76
	13/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,09
	12/7	Quarzgehalt in %	7,54	1,34	2,6	16,9
1995 bis 2004	27/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,54	0,13	0,31	1,54
	27/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,06
	26/14	Quarzgehalt in %	7,17	0,6	3,8	12,6

### 7.3.3.5 Schleifkörper, Herstellung

Schleif-, Trennscheiben, Sensensteine und sonstige Schleifkörper werden zur spanabhebenden Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe eingesetzt. Sie bestehen aus

einem Schleifmittel wie Korund, Siliciumcarbid oder Diamant und einer entweder keramischen oder organischen Bindung, z.B. Kunstharz oder Bakelit. Korn und Bindung werden gemischt und meist hydraulisch verpresst. Schleifkörper mit keramischer

## 7 Expositionsdaten

Bindung werden gebrannt und mit organischer Bindung gehärtet. Die Expositionsdaten sind in Tabelle 50 zusammengestellt. Auf-

fällig sind die hohen Werte in der Aufbereitung, sowohl für Quarz als auch für den Quarzgehalt.

Tabelle 50:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Schleifkörpern

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972bis 1984	96/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,15	0,29	0,71	2,63
	96/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,02	0,18
	95/12	Quarzgehalt in %	3,89	1,0	3,0	6,2
1985bis 1994	19/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,0	0,18	0,73	1,41
	19/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,03	0,24
	18/8	Quarzgehalt in %	12,7	0,6	4,3	35,4
1995bis 2004	94/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,33	0,18	0,47	2,23
	94/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,002	0,02	0,26
	89/18	Quarzgehalt in %	8,86	0,6	4,7	19,3
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972bis 1984	47/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,69	0,25	0,55	1,13
	47/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,005	0,01	0,04
	47/9	Quarzgehalt in %	2,96	1,2	2,5	5,9
1985bis 1994	6/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	5/5	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995bis 2004	43/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,16	0,16	0,42
	43/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,004	0,02
	37/15	Quarzgehalt in %	3,04	0,5	2,3	6,2

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	19/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,22	0,4	0,83
	19/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,004	0,01	0,02
	19/6	Quarzgehalt in %	2,5	1,0	1,6	4,0
1985 bis 1994	4/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	4/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	3/3	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	33/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,16	0,16	0,39
	33/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,005	0,02
	27/12	Quarzgehalt in %	3,32	0,5	3,4	6,2
<b>Formgebung, Drehen, Stanzen, Gießen</b>						
1972 bis 2004	35/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,21	0,54	1,15
	35/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,05
	35/11	Quarzgehalt in %	3,83	1,1	2,2	6,1
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 2004	14/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,15	0,22	0,98
	14/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,07
	14/6	Quarzgehalt in %	4,32	1,5	2,5	9,6
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	17/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,15	0,4	1,89
	17/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,01	0,1
	17/6	Quarzgehalt in %	3,29	1,0	3,0	5,1
1985 bis 1994	6/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/4	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	27/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,16	0,17	0,38
	27/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	24/10	Quarzgehalt in %	8,09	2,3	6,1	14,7

Tabelle 50:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	10/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,25	0,45	0,8
	10/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,01	0,03
	10/4	Quarzgehalt in %	3,34	1,0	1,1	3,7
1985 bis 1994	10/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,18	0,27	1,46
	10/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,004	0,04
	10/4	Quarzgehalt in %	3,0	0,6	1,1	6,7
1995 bis 2004	54/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,15	0,2	0,71
	54/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,02
	49/14	Quarzgehalt in %	4,35	1,0	2,3	9,1
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Drehen</b>						
1972 bis 1984	7/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/3	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1985 bis 1994	8/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	8/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	8/4	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	50/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,15	0,19	0,64
	50/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	45/13	Quarzgehalt in %	3,31	0,7	2,2	8,8

### 7.3.3.6 Porzellan und feinkeramische Massen, Herstellung

Als Einheitsversatz für Porzellan kann die Zusammenstellung von 50 % Kaolin, 25 %

Quarz und 25 % Feldspat angesehen werden. Die Hartstoffe Quarz und Feldspat werden in Trommelmühlen feinst gemahlen und der Kaolinschlämme beigemischt. Der Kaolin wird in Bottichen mithilfe von Quirlen

gelöst. Der Schlicker wird entweder direkt verarbeitet oder in Filterpressen entwässert. Ein drittes Verfahren ist die Herstellung von Granulat durch Eindüsen des Schlickers in einen Sprühturm. Seit Mitte der 1970er-Jahre sind die Porzellanfabriken immer mehr dazu übergegangen, fertige Masse von Rohstoffherstellern zu beziehen, statt sie selbst aufzubereiten. Rotationssymmetrische Formen werden auf Maschinen (ein-)gedreht oder überrollert. Beim Gießen wird Schlicker in Gipsformen gefüllt, wobei an der Grenzschicht durch die Wasser saugende Eigenschaft des Gipses ein Scherben entsteht. Der überschüssige Schlicker wird ausgegossen und der Rohling enformt. Seit Ende der

1980er-Jahre werden Großserien durch isostatisches Verpressen von Sprühkorn hergestellt. Nähte und Grate von den getrockneten Rohlingen werden gekratzt (siehe Abbildung 31 auf Seite 159), geputzt und geschwämmt. Der Biskuitbrand verleiht dem Rohling die nötige Festigkeit, um ihn anschließend glasieren zu können. Danach findet der Glattbrand und eventuell noch ein Dekorbrand statt. Um eine gute Stapelfähigkeit zu bekommen, werden die Füße geschliffen.

In allen Teilbereichen der Porzellanindustrie wurde die Quarzstaubsituation im Laufe der Zeit verbessert. Tabelle 51 zeigt die Expositionsdaten.

Tabelle 51:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Porzellan und feinkeramischen Massen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	135/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,88	0,4	1,0	3,18
	135/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,01	0,12	0,76
	135/34	Quarzgehalt in %	14,17	2,5	9,2	36,0
1985 bis 1994	59/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,73	0,22	0,62	1,33
	59/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,01	0,04	0,33
	59/20	Quarzgehalt in %	13,22	2,0	9,7	32,5

Tabelle 51:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	92/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,1	0,34	0,94
	92/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,07
	88/27	Quarzgehalt in %	6,58	1,0	5,0	15,3
<b>Aufbereitung, trocken</b>						
1972 bis 1984	43/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,03	0,27	0,9	3,89
	43/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,01	0,11	0,71
	43/16	Quarzgehalt in %	14,65	3,3	10,3	38,9
1985 bis 1994	14/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,18	0,47	1,62
	14/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,005	0,03	0,26
	14/9	Quarzgehalt in %	12,06	1,2	8,2	29,8
1995 bis 2004	12/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,18	0,62	1,1
	12/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,01	0,06
	12/5	Quarzgehalt in %	5,81	1,1	4,0	8,6
<b>Aufbereitung, nass</b>						
1972 bis 1984	37/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,72	0,39	1,23	3,22
	37/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,01	0,14	0,93
	37/19	Quarzgehalt in %	15,03	1,8	8,0	40,4
1985 bis 1994	17/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,17	0,43	0,99
	17/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,01	0,03	0,39
	17/9	Quarzgehalt in %	15,18	2,0	7,9	38,6
1995 bis 2004	39/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,14	0,28	0,77
	39/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,06
	38/19	Quarzgehalt in %	6,82	1,1	5,6	15,5



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	205/41	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,69	0,3	0,6	1,18
	205/41	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,07
	203/41	Quarzgehalt in %	5,36	2,0	5,0	8,9
1985 bis 1994	154/44	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,13	0,25	0,81
	154/44	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,05
	151/44	Quarzgehalt in %	6,57	2,5	5,8	10,5
1995 bis 2004	363/65	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,1	0,17	0,5
	363/65	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,03
	331/63	Quarzgehalt in %	5,1	1,3	4,7	8,9
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	24/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,98	0,47	0,85	1,58
	24/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,05	0,1
	24/17	Quarzgehalt in %	5,76	1,3	4,8	9,6
1985 bis 1994	27/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,13	0,28	0,96
	27/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,06
	27/11	Quarzgehalt in %	7,58	3,3	5,9	10,5
1995 bis 2004	32/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,16	0,2	0,52
	32/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,03
	30/14	Quarzgehalt in %	5,87	1,1	5,3	11,1
<b>Formgebung, Drehen, Rollern</b>						
1972 bis 1984	91/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,3	0,55	1,0
	91/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,06
	91/29	Quarzgehalt in %	4,77	2,0	4,7	7,4

Tabelle 51:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, Drehen, Rollern (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	37/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,39	0,14	0,34	0,78
	37/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,05
	36/12	Quarzgehalt in %	7,26	3,1	6,1	11,9
1995 bis 2004	66/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,17	0,17	0,37
	66/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	60/31	Quarzgehalt in %	4,76	1,5	3,9	8,5
<b>Formgebung, Gießen</b>						
1972 bis 1984	82/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,68	0,25	0,6	1,15
	82/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,08
	80/28	Quarzgehalt in %	5,88	2,5	5,7	9,0
1985 bis 1994	66/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,15	0,2	0,77
	66/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,06
	64/25	Quarzgehalt in %	6,65	2,7	6,3	9,8
1995 bis 2004	117/45	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,1	0,13	0,5
	117/45	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	109/44	Quarzgehalt in %	4,37	1,34	4,2	7,6
<b>Formgebung, isostatisches Pressen</b>						
1972 bis 1984	-	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	-	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	-	Quarzgehalt in %	-	-	-	-
1985 bis 1994	4/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	4/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	4/3	Quarzgehalt in %	-	-	-	-

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, isostatisches Pressen (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	100/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,13	0,19	0,52
	100/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	92/22	Quarzgehalt in %	6,14	1,3	6,3	9,9
<b>Tocknung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	25/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,40	0,14	0,24	0,91
	25/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,05
	24/17	Quarzgehalt in %	5,39	1,3	5,2	7,9
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 1984	210/40	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,75	0,25	0,6	1,4
	210/40	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,1
	208/40	Quarzgehalt in %	5,75	2,0	5,0	9,2
1985 bis 1994	209/52	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,14	0,2	0,62
	209/52	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,06
	202/51	Quarzgehalt in %	7,2	2,8	5,9	12,3
1995 bis 2004	410/68	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,11	0,11	0,38
	410/68	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,03
	363/67	Quarzgehalt in %	4,79	1,1	3,9	9,0
<b>Fertigmachen zum Brand, Putzen, Garnieren</b>						
1972 bis 1984	137/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,29	0,65	1,53
	137/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,11
	136/35	Quarzgehalt in %	5,9	2,7	5,8	9,2

Tabelle 51:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, Putzen, Garnieren (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	135/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,15	0,22	0,73
	135/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,06
	131/38	Quarzgehalt in %	7,42	3,2	5,9	12,0
1995 bis 2004	233/54	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,20	0,12	0,12	0,42
	233/54	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	214/52	Quarzgehalt in %	4,66	1,1	3,9	7,7
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren)</b>						
1972 bis 1984	43/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,15	0,43	0,8
	43/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,02	0,05
	42/19	Quarzgehalt in %	4,38	1,0	4,2	8,0
1985 bis 1994	35/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,15	0,17	0,38
	35/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,01	0,06
	34/17	Quarzgehalt in %	8,26	2,4	6,1	17,7
1995 bis 2004	110/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,11	0,11	0,26
	110/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,005	0,02
	94/35	Quarzgehalt in %	4,74	1,1	2,9	10,4
<b>Fertigmachen zum Brand, Spritzglasieren</b>						
1972 bis 1984	19/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,35	0,63	1,33
	19/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,11
	19/10	Quarzgehalt in %	8,61	3,2	5,2	9,4
1985 bis 1994	28/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,18	0,23	0,59
	28/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,005	0,02	0,03
	28/15	Quarzgehalt in %	5,4	2,0	4,4	9,5

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, Spritzglasieren (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	45/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,14	0,14	0,5
	45/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,08
	34/20	Quarzgehalt in %	6,72	0,6	3,9	15,2
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	60/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,25	0,45	0,9
	60/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,04
	60/28	Quarzgehalt in %	4,02	1,8	3,6	6,0
1985 bis 1994	38/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,12	0,12	0,32
	38/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,03
	37/21	Quarzgehalt in %	4,70	1,3	3,4	9,1
1995 bis 2004	66/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,09	0,09	0,19
	66/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,005	0,01
	55/24	Quarzgehalt in %	3,83	0,8	2,8	7,8
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	91/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,71	0,17	0,4	0,95
	91/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,001	0,04
	90/31	Quarzgehalt in %	3,49	0,5	2,0	8,0
1985 bis 1994	36/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,15	0,15	0,25
	36/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,008	0,001	0,01	0,02
	35/19	Quarzgehalt in %	3,17	0,6	2,8	6,3
1995 bis 2004	153/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,11	0,11	0,35
	153/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,004	0,02
	133/31	Quarzgehalt in %	3,21	0,6	2,2	6,2

Tabelle 51:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren</b>						
1972bis 1984	61/24 61/24 60/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,78	0,15	0,4	1,23
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
		Quarzgehalt in %	3,06	0,5	2,0	6,7
1985bis 1994	17/13 17/13 16/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,17	0,17	0,25
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,005	0,01
		Quarzgehalt in %	2,81	0,9	2,8	4,6
1995- 2004	95/28 95/28 82/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,11	0,11	0,36
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,005	0,02
		Quarzgehalt in %	3,55	0,6	2,7	7,7
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972bis 1984	23/16 23/16 23/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,59	0,2	0,4	0,9
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,002	0,01	0,04
		Quarzgehalt in %	3,41	1,0	2,0	6,9
1985bis 1994	10/6 10/6 10/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,10	0,15	0,15	0,15
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
		Quarzgehalt in %	3,75	0,5	2,8	8,3
1995bis 2004	53/20 53/20 46/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,14	0,14	0,23
		Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,01
		Quarzgehalt in %	2,62	0,7	1,7	5,8

7.3.3.7 Gebrauchssteingut und Feinsteinzeug, Herstellung, sowie Ton- und Töpferwaren, Herstellung

Rohstoffe für Geschirr- und Zierwaren sind Tone, teilweise auch Schamotten (gebrannter

Ton) mit Korngrößen < 0,1 bis 0,2 mm. Aufbereitung, Formgebung und Trocknung sind dem Herstellungsverfahren von Porzellan ähnlich. Nach der Trocknung werden die Rohlinge mit Glasur bemalt, getaucht, über-gossen oder gespritzt und anschließend



Abbildung 31:  
Weißfertigung  
in der Porzellanindustrie

## 7 Expositionsdaten

gebrannt. Expositionsdaten sind in Tabelle 52 zusammengestellt, Abbildung 32

zeigt einen typischen Arbeitsplatz in einer Töpferei.



Abbildung 32:  
Manuelle Arbeit  
an der Töpferscheibe



Tabelle 52:

Expositionsdaten bei der Herstellung von Gebrauchssteingut und Feinsteinzeug sowie Ton- und Töpferwaren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	93/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,61	0,35	0,9	3,09
	93/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,02	0,07	0,29
	93/22	Quarzgehalt in %	8,98	3,6	8,3	12,5
1985 bis 1994	7/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/5	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	25/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,18	0,38	0,87
	25/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,02	0,05
	25/9	Quarzgehalt in %	5,17	1,1	5,3	8,6
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	156/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,93	0,4	0,7	1,61
	156/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,04	0,1
	156/33	Quarzgehalt in %	6,2	3,3	5,7	9,1
1985 bis 1994	57/27	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,52	0,13	0,44	0,94
	57/27	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02	0,09
	57/27	Quarzgehalt in %	7,01	2,7	6,9	11,4
1995 bis 2004	107/45	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,14	0,26	0,63
	107/45	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,02	0,06
	101/45	Quarzgehalt in %	8,3	1,7	8,0	14,5
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	44/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,5	0,9	1,91
	44/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,02	0,06	0,13
	44/9	Quarzgehalt in %	6,38	4,0	5,7	9,3
1985 bis 1994	12/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,18	0,35	1,07
	12/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,04	0,1
	12/8	Quarzgehalt in %	7,33	1,1	6,5	12,6

Tabelle 52:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, Pressen (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	31/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,14	0,14	0,57
	31/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,03
	27/12	Quarzgehalt in %	4,64	1,3	3,3	8,5
<b>Formgebung, Drehen, Formen</b>						
1972 bis 1984	58/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,05	0,34	0,71	1,8
	58/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,04	0,1
	58/19	Quarzgehalt in %	6,32	3,1	5,7	9,1
1985 bis 1994	17/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,58	0,18	0,43	1,03
	17/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,09
	17/11	Quarzgehalt in %	7,68	2,7	7,7	11,5
1995 bis 2004	52/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,37	0,18	0,3	0,65
	52/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,07
	51/26	Quarzgehalt in %	9,89	4,8	9,2	16,2
<b>Formgebung, Gießen</b>						
1972 bis 1984	50/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,4	0,6	0,85
	50/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,02	0,03	0,06
	50/21	Quarzgehalt in %	5,86	3,1	5,5	8,0
1985 bis 1994	13/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,17	0,45	0,98
	13/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,1
	13/8	Quarzgehalt in %	6,94	2,6	6,9	10,9
1995 bis 2004	22/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,18	0,22	0,53
	22/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,005	0,02	0,06
	21/13	Quarzgehalt in %	9,12	1,8	9,3	14,0

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 1984	170/43	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,3	0,18	0,7	1,85
	170/43	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,15
	168/43	Quarzgehalt in %	6,47	2,9	5,9	10,0
1985 bis 1994	81/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,14	0,4	0,89
	81/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,07
	81/35	Quarzgehalt in %	7,6	2,3	7,4	13,7
1995 bis 2004	82/38	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,12	0,24	0,64
	82/38	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,02	0,05
	77/37	Quarzgehalt in %	7,39	1,1	7,8	13,8
<b>Fertigmachen zum Brand, Putzen, Garnieren</b>						
1972 bis 1984	94/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,74	0,42	0,8	2,49
	94/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,02	0,05	0,25
	94/28	Quarzgehalt in %	7,15	3,3	7,0	10,4
1985 bis 1994	25/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,12	0,41	1,16
	25/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,1
	25/13	Quarzgehalt in %	9,16	2,6	8,7	14,1
1995 bis 2004	33/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,17	0,25	0,64
	33/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,06
	33/19	Quarzgehalt in %	9,92	1,6	10,3	14,9
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren)</b>						
1972 bis 1984	22/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,89	0,17	0,35	1,39
	22/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,01	0,06
	22/16	Quarzgehalt in %	4,75	2,0	3,3	9,4

Tabelle 52:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren) (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	16/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,21	0,36	0,99
	16/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,09
	16/11	Quarzgehalt in %	9,03	5,0	8,7	13,4
1995 bis 2004	29/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12	0,22	0,63
	29/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,01	0,04
	29/20	Quarzgehalt in %	5,88	1,1	5,7	10,1
<b>Fertigmachen zum Brand, Spritzglasieren</b>						
1972 bis 1984	42/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,18	0,5	0,98
	42/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,03	0,06
	40/17	Quarzgehalt in %	5,24	2,6	5,4	7,8
1985 bis 1994	31/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,14	0,39	0,89
	31/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,04
	31/17	Quarzgehalt in %	5,4	1,1	4,8	9,9
1995 bis 2004	18/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,18	0,18	0,76
	18/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	14/11	Quarzgehalt in %	4,7	0,9	5,0	7,6
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	47/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,24	0,53	0,92
	47/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,05
	47/19	Quarzgehalt in %	4,22	1,7	4,2	6,3
1985 bis 1994	13/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,12	0,21	1,19
	13/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,01	0,09
	13/9	Quarzgehalt in %	6,12	1,9	4,7	8,1

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ofen, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	22/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,12	0,12	0,33
	22/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,03
	22/13	Quarzgehalt in %	4,64	0,7	3,3	10,0
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	43/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,86	0,22	0,55	11,0
	43/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,84	0,01	0,03	0,83
	43/13	Quarzgehalt in %	8,6	1,9	5,2	11,6
1985 bis 1994	6/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/4	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	10/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,14	0,14	0,23
	10/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,003	0,01
	10/8	Quarzgehalt in %	2,98	1,1	1,6	7,0
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren</b>						
1972 bis 2004	22/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	6,97	0,21	1,55	18,21
	22/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	1,62	0,02	0,08	2,6
	22/9	Quarzgehalt in %	13,85	3,9	10,9	16,3
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972 bis 2004	34/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,42	0,14	0,25	0,78
	34/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	34/18	Quarzgehalt in %	4,16	1,1	3,6	8,2

## 7 Expositionsdaten

### 7.3.3.8 Wand- und Bodenfliesen, Ofenkacheln und Baukeramik, Herstellung

Die Masse für Fliesen besteht aus Ton, Kaolin und mineralischen Zuschlagstoffen wie Feldspat, Dolomit und Schamotte. Die Rohstoffe werden feinkeramisch in Trommelmühlen

gemahlen. Der Schlicker wird in einen Sprühturm eingedüst. Unter hohem Druck wird das Sprühgranulat, teilweise auch Trockenpressmasse, auf hydraulischen Pressen zu Fliesen geformt. Fliesen werden entweder im Einbrandverfahren gebrannt (siehe Abbildung 33) oder die Glasur wird in einem Zweitbrand aufgeschmolzen.

Abbildung 33:  
Fliesenproduktion im Schnellbrandofen



Ofenkacheln werden aus plastischer Masse gepresst, komplizierte Formen auch gegossen. Der Glasurauftrag geschieht

durch Tauchen, Übergießen, Spritzen oder Malen. Expositionsdaten zeigt Tabelle 53.

Tabelle 53:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Wand- und Bodenfliesen, Ofenkacheln und Baukeramik

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	154/31	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,00	0,44	1,65	7,76
	154/31	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,03	0,18	0,91
	154/31	Quarzgehalt in %	10,99	5,0	10,0	17,9
1985 bis 1994	90/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,85	0,16	0,55	1,9
	90/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,05	0,15
	90/28	Quarzgehalt in %	8,84	2,8	8,4	14,6
1995 bis 2004	141/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,18	0,63	1,35
	141/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,005	0,04	0,17
	134/28	Quarzgehalt in %	7,98	1,6	8,0	14,8
<b>Aufbereitung, trocken</b>						
1972 bis 1984	25/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,82	0,5	1,83	6,43
	25/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,04	0,18	0,94
	24/11	Quarzgehalt in %	11,38	4,0	9,6	18,2
1985 bis 1994	29/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,18	0,39	1,91
	29/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,2
	29/5	Quarzgehalt in %	10,19	4,15	9,05	16,2
1995 bis 2004	20/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,05	0,29	0,74	1,33
	20/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,01	0,06	0,17
	20/7	Quarzgehalt in %	8,69	1,2	8,3	16,8

Tabelle 53:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, nass</b>						
1972bis 1984	24/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,31	0,46	1,0	3,35
	24/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,02	0,08	0,31
	24/10	Quarzgehalt in %	8,74	3,4	8,4	13,0
1985bis 2004	32/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,1	0,28	1,01	1,95
	32/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,01	0,07	0,2
	32/17	Quarzgehalt in %	8,86	2,24	8,5	15,0
<b>Aufbereitung, Glasur</b>						
1972bis 1994	38/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,41	0,27	0,72	3,23
	38/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,05	0,24
	38/16	Quarzgehalt in %	8,59	2,2	7,9	14,7
1995bis 2004	31/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,18	0,43	1,32
	31/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,005	0,02	0,17
	30/10	Quarzgehalt in %	6,72	1,0	4,7	11,9
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972bis 1984	194/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,63	0,4	1,0	3,67
	194/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,03	0,07	0,35
	194/34	Quarzgehalt in %	8,07	4,9	7,9	10,9
1985bis 1994	122/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,76	0,21	0,64	1,44
	122/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,02	0,05	0,16
	122/32	Quarzgehalt in %	10,27	4,7	9,7	16,5
1995bis 2004	124/40	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,58	0,16	0,48	1,09
	124/40	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,04	0,09
	120/40	Quarzgehalt in %	8,29	3,2	8,3	12,6



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	152/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,85	0,44	1,15	4,17
	152/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,03	0,09	0,44
	152/29	Quarzgehalt in %	8,54	5,2	8,0	11,5
1985 bis 1994	82/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,23	0,69	1,48
	82/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,10	0,02	0,07	0,21
	82/17	Quarzgehalt in %	10,77	5,0	10,1	16,5
1995 bis 2004	94/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,16	0,59	1,11
	94/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,05	0,1
	90/29	Quarzgehalt in %	8,29	2,2	8,3	13,2
<b>Formgebung, Drehen, Formen</b>						
1972 bis 2004	30/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,66	0,2	0,57	1,14
	30/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,04	0,08
	30/14	Quarzgehalt in %	7,95	3,2	7,6	10,5
<b>Formgebung, Gießen</b>						
1972 bis 1984	24/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,88	0,44	0,8	1,35
	24/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,02	0,04	0,11
	24/11	Quarzgehalt in %	6,17	3,1	6,0	8,3
1985 bis 1994	18/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,17	0,43	0,86
	18/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,07
	18/10	Quarzgehalt in %	9,37	3,6	8,8	15,4
1995 bis 2004	11/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,17	0,45	0,73
	11/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,08
	11/9	Quarzgehalt in %	7,77	3,9	7,3	9,8

Tabelle 53:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Trocknung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	39/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,98	0,18	0,73	2,07
	39/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,004	0,06	0,22
	39/21	Quarzgehalt in %	9,55	2,2	8,6	14,6
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 1984	78/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,02	0,39	0,75	1,66
	78/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,14
	77/25	Quarzgehalt in %	5,82	1,9	5,6	9,1
1985 bis 1994	159/30	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,18	0,66	1,65
	159/30	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,12
	159/30	Quarzgehalt in %	6,13	1,7	5,3	10,9
1995 bis 2004	140/37	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,34	0,13	0,26	0,74
	140/37	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,05
	134/36	Quarzgehalt in %	5,34	1,1	4,8	10,0
<b>Fertigmachen zum Brand, Putzen, Garnieren</b>						
1972 bis 1984	22/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,16	0,47	0,9	2,03
	22/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,16
	22/9	Quarzgehalt in %	5,36	2,3	4,2	8,1
1985 bis 1994	36/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,18	0,39	1,36
	36/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,11
	36/12	Quarzgehalt in %	7,96	1,2	7,5	11,3
1995 bis 2004	19/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,18	0,41	0,74
	19/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,02	0,06
	17/8	Quarzgehalt in %	6,68	1,6	6,7	8,9

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren)</b>						
1972 bis 1984	35/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,08	0,36	0,82	1,66
	35/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,14
	35/15	Quarzgehalt in %	6,0	1,9	5,6	10,9
1985 bis 1994	79/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,18	0,57	1,65
	79/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,12
	79/18	Quarzgehalt in %	5,26	1,9	4,4	10,2
1995 bis 2004	90/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,13	0,28	0,75
	90/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	87/20	Quarzgehalt in %	5,22	1,1	4,2	10,6
<b>Fertigmachen zum Brand, Spritzglasieren</b>						
1972 bis 1984	21/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,77	0,3	0,6	1,27
	21/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,11
	20/7	Quarzgehalt in %	6,02	1,5	5,3	9,1
1985 bis 1994	41/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,06	0,44	0,81	1,91
	41/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,05	0,16
	41/13	Quarzgehalt in %	5,78	1,6	4,7	9,9
1995 bis 2004	23/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,13	0,22	0,4
	23/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,01	0,02
	23/13	Quarzgehalt in %	5,08	1,1	5,0	8,6
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	64/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,01	0,27	0,65	1,89
	64/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,16
	64/24	Quarzgehalt in %	7,15	1,7	6,0	13,5

Tabelle 53:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ofen, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	40/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,16	0,26	0,53
	40/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,03
	40/16	Quarzgehalt in %	6,19	2,2	6,1	10,0
1995 bis 2004	63/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,14	0,19	0,64
	63/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	61/25	Quarzgehalt in %	4,97	1,1	4,6	9,0
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	89/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,15	0,39	0,8	1,82
	89/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,13
	88/26	Quarzgehalt in %	6,34	2,9	5,7	11,2
1985 bis 1994	75/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,14	0,48	1,37
	75/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,14
	75/19	Quarzgehalt in %	7,91	3,3	7,1	13,3
1995 bis 2004	96/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,16	0,23	0,62
	96/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,01	0,05
	93/32	Quarzgehalt in %	6,49	1,6	5,5	12,3
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren</b>						
1972 bis 1984	28/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,53	0,4	0,76	2,08
	28/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,02	0,04	0,21
	28/12	Quarzgehalt in %	6,69	2,5	6,6	9,7
1985 bis 1994	31/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,92	0,2	0,79	1,66
	31/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,06	0,18
	31/13	Quarzgehalt in %	8,11	3,4	7,8	2,3

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	33/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,17	0,33	1,13
	33/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,005	0,03	0,1
	32/15	Quarzgehalt in %	8,94	1,6	7,8	13,2
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972 bis 1984	58/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,99	0,34	0,85	1,55
	58/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,1
	57/19	Quarzgehalt in %	6,21	2,9	5,6	11,3
1985 bis 1994	43/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,54	0,14	0,28	0,99
	43/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02	0,12
	43/9	Quarzgehalt in %	7,68	3,2	6,5	13,7
1995 bis 2004	58/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,16	0,2	0,46
	58/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,004	0,01	0,03
	56/18	Quarzgehalt in %	5,48	2,0	4,4	10,3

### 7.3.3.9 Sanitär-, technische und chemisch-technische Elektrokeramik, Herstellung

Unter Sanitärkeramik versteht man die Herstellung von Waschbecken, -tischen, Klosetts und Urinalen. Die Rohstoffe werden in Trommelmühlen gemahlen. Der entstehende Schlicker wird in Gipsformen gegossen, wobei an der Grenzschicht

durch die Wasser saugende Eigenschaft des Gipses ein Scherben entsteht. Der überschüssige Schlicker wird ausgegossen und der Rohling enformt. Nach dem Trocknen wird eine Glasurschicht meist aufgespritzt. Anschließend wird der Formling gebrannt. Hochwertige Sanitärkeramik wird seit Mitte der 1980er-Jahre durch Schleifen oder auf Maßsägen veredelt.

Elektrokeramik ist eine Sammelbezeichnung für Elektroporzellan zur Herstellung von Isolatoren, Cordierit für Elektrowärme-geräte und Steatit für Hochfrequenzisolierteile oder Kondensatorwerkstoffe. Daneben werden Spezialoxide für Piezowerkstoffe, Magnetika, Heiß- und Kaltleiter sowie Widerstände eingesetzt. Aufbereitung,

Formgebung und Brand sind jeweils auf den Rohstoff abgestimmt. In Tabelle 54 sind die Expositionsdaten zusammengestellt. Durch immer aufwändigere Bearbeitungsschritte nach dem Trocknen findet man im letzten Zeitraum von 1995 bis 2004 90%-Werte für Quarz nahe  $0,15 \text{ mg/m}^3$ .

Tabelle 54:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Sanitärkeramik sowie technischer und chemisch-technischer Elektrokeramik

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung</b>						
1972bis 1984	69/16	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	1,41	0,35	1,15	2,54
	69/16	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,13	0,01	0,07	0,24
	69/16	Quarzgehalt in %	8,58	1,1	7,0	11,2
1985bis 1994	49/16	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	0,93	0,14	0,49	2,34
	49/16	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,13	0,002	0,02	0,15
	47/16	Quarzgehalt in %	7,78	0,9	3,4	14,6
1995bis 2004	91/21	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	0,45	0,11	0,34	0,75
	91/21	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,04	0,002	0,01	0,07
	84/21	Quarzgehalt in %	6,69	1,0	4,2	17,4
<b>Aufbereitung, trocken</b>						
1972bis 1984	19/7	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	1,74	0,64	1,55	2,8
	19/7	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,14	0,02	0,08	0,37
	19/7	Quarzgehalt in %	8,25	1,1	7,6	11,2

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, trocken (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	7/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	7/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
	7/4	Quarzgehalt in %	-	-	-	-
1995 bis 2004	12/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,15	0,37	2,29
	12/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,001	0,01	0,29
	12/4	Quarzgehalt in %	9,13	0,5	4,4	22,1
<b>Aufbereitung, nass</b>						
1972 bis 2004	30/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,99	0,14	0,4	2,32
	30/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,002	0,02	0,07
	28/16	Quarzgehalt in %	7,44	0,8	2,2	17,9
<b>Formgebung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	161/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,96	0,31	0,75	1,69
	161/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,03	0,09
	160/19	Quarzgehalt in %	4,53	1,5	3,7	8,0
1985 bis 1994	61/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,14	0,39	1,07
	61/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,002	0,02	0,09
	60/21	Quarzgehalt in %	5,6	1,2	4,6	9,9
1995 bis 2004	240/30	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,52	0,15	0,3	0,95
	240/30	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,002	0,01	0,05
	227/29	Quarzgehalt in %	4,76	0,8	4,0	9,5
<b>Formgebung, Pressen</b>						
1972 bis 1984	48/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,32	0,7	1,41
	48/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,04
	47/8	Quarzgehalt in %	2,58	1,2	2,2	3,3

Tabelle 54:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Formgebung, Pressen (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	22/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,33	0,14	0,22	0,64
	22/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	21/9	Quarzgehalt in %	4,32	1,2	3,9	7,5
1995 bis 2004	94/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,15	0,18	0,49
	94/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	91/26	Quarzgehalt in %	3,91	0,6	3,0	10,0
<b>Formgebung, Drehen, Stanzen</b>						
1972 bis 2004	46/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,65	0,18	0,6	1,17
	46/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,06
	45/15	Quarzgehalt in %	4,31	1,0	3,8	7,9
<b>Formgebung, Gießen</b>						
1972 bis 1984	73/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,96	0,34	0,8	1,59
	73/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,04	0,11
	73/13	Quarzgehalt in %	6,11	2,9	6,7	8,4
1985 bis 1994	27/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,2	0,55	1,28
	27/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,16
	27/10	Quarzgehalt in %	8,35	3,8	7,9	11,9
1995 bis 2004	119/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,78	0,15	0,49	1,33
	119/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,005	0,02	0,07
	115/8	Quarzgehalt in %	5,65	1,1	5,4	9,3
<b>Trocknung, allgemein</b>						
1972 bis 2004	18/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,47	0,18	0,44	0,74
	18/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,01	0,04
	16/3	Quarzgehalt in %	4,55	2,2	2,9	8,8



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, allgemein</b>						
1972 bis 1984	101/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,36	0,87	1,94
	101/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,02	0,07	0,18
	101/14	Quarzgehalt in %	8,03	3,0	8,0	11,9
1985 bis 1994	52/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,16	0,29	1,03
	52/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,02	0,08
	51/14	Quarzgehalt in %	6,86	1,7	7,2	11,1
1995 bis 2004	164/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,12	0,24	1,46
	164/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,003	0,02	0,16
	157/25	Quarzgehalt in %	6,83	1,2	6,8	11,5
<b>Fertigmachen zum Brand, Putzen, Garnieren</b>						
1972 bis 1984	44/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,39	0,35	1,0	2,88
	44/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,08	0,23
	44/13	Quarzgehalt in %	7,21	1,9	7,8	10,0
1985 bis 1994	17/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,6	0,16	0,38	1,6
	17/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,003	0,02	0,18
	16/7	Quarzgehalt in %	7,65	1,0	8,1	13,4
1995 bis 2004	76/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,91	0,16	0,28	1,96
	76/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,003	0,02	0,18
	71/18	Quarzgehalt in %	6,27	1,1	6,8	11,0
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren)</b>						
1972 bis 1984	16/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,38	0,8	1,09
	16/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,02	0,07	0,11
	16/9	Quarzgehalt in %	9,08	3,2	7,4	14,8
1985 bis 1994	8/1	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	8/1	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	8/1	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 54:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Fertigmachen zum Brand, Glasieren (ohne Spritzglasieren) (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	28/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,14	0,2	0,96
	28/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,13
	26/9	Quarzgehalt in %	8,69	2,0	7,8	16,5
<b>Fertigmachen zum Brand, Spritzglasieren</b>						
1972 bis 1984	25/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,35	0,68	1,45
	25/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,02	0,06	0,14
	25/8	Quarzgehalt in %	9,16	3,0	8,4	17,1
1985 bis 1994	16/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,49	0,18	0,31	0,7
	16/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,004	0,02	0,07
	16/7	Quarzgehalt in %	7,48	2,0	8,5	10,5
1995 bis 2004	51/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,12	0,23	1,32
	51/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,02	0,13
	51/13	Quarzgehalt in %	6,62	1,1	6,6	10,6
<b>Ofen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	51/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,2	0,58	1,05
	51/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,03	0,1
	51/13	Quarzgehalt in %	6,23	2,3	5,0	10,0
1985 bis 1994	7/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/4	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	32/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,18	0,18	0,39
	32/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,03
	29/12	Quarzgehalt in %	3,9	1,1	2,8	6,9

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	58/14	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,91	0,3	0,5	1,06
	58/14	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,06
	58/14	Quarzgehalt in %	6,05	1,1	4,4	9,1
1985 bis 1994	29/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,18	0,33	1,07
	29/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	28/10	Quarzgehalt in %	2,49	0,5	1,7	5,7
1995 bis 2004	125/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,13	0,25	0,79
	125/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,03
	118/26	Quarzgehalt in %	3,92	0,6	2,5	8,7
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren</b>						
1972 bis 1984	39/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,3	0,5	0,86
	39/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,01	0,02	0,06
	39/12	Quarzgehalt in %	6,62	1,3	4,7	9,1
1985 bis 1994	18/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,18	0,37	0,77
	18/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	17/7	Quarzgehalt in %	2,53	0,5	1,4	4,6
1995 bis 2004	83/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,13	0,34	1,01
	83/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	80/24	Quarzgehalt in %	3,59	0,6	2,1	8,4
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972 bis 1984	13/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,97	0,35	0,73	5,66
	13/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,07
	13/4	Quarzgehalt in %	4,58	1,0	3,6	8,0

Tabelle 54:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Lager (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	5/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	5/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	5/3	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1995 bis 2004	28/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,15	0,15	0,26
	28/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	24/9	Quarzgehalt in %	4,4	0,8	3,3	9,2

### 7.3.3.10 Hohlglas, Herstellung und Verarbeitung

Wichtige Vertreter von Hohlglas sind Wirtschaftsgläser wie Trinkgläser, Schalen etc. und Behältergläser, z.B. Flaschen und Einmachgläser. Aber auch Spezialprodukte wie Glasbausteine, Fernsehschirme, Weihnachtsgugeln und Rohrglas für Ampullen werden zu dieser Gruppe gezählt. Die Rohstoffe, in der Hauptsache Quarz, Soda und Alkalicarbonate sowie Erdalkalioxide, werden nach Rezeptur dosiert und in

Mischern homogenisiert. Das Einlegen in Hafenoöfen geschieht bis in die heutige Zeit manuell. Die Rohstoffe der kontinuierlich arbeitenden Wann (siehe Abbildung 34) werden durch Einlegemaschinen zugeführt. Das geschmolzene Glas wird tropfenweise bzw. in Form von Köbeln weiterverarbeitet. Die Formgebung geschieht durch Pressen oder Blasen. Durch technische Lüftung kann der 90%-Wert für Quarz heute in allen Bereichen auf nahezu ein Zehntel von 0,15 mg/m<sup>3</sup> gesenkt werden (siehe Tabelle 55).

Abbildung 34:  
Einlegen des Gemenges in die Wanne

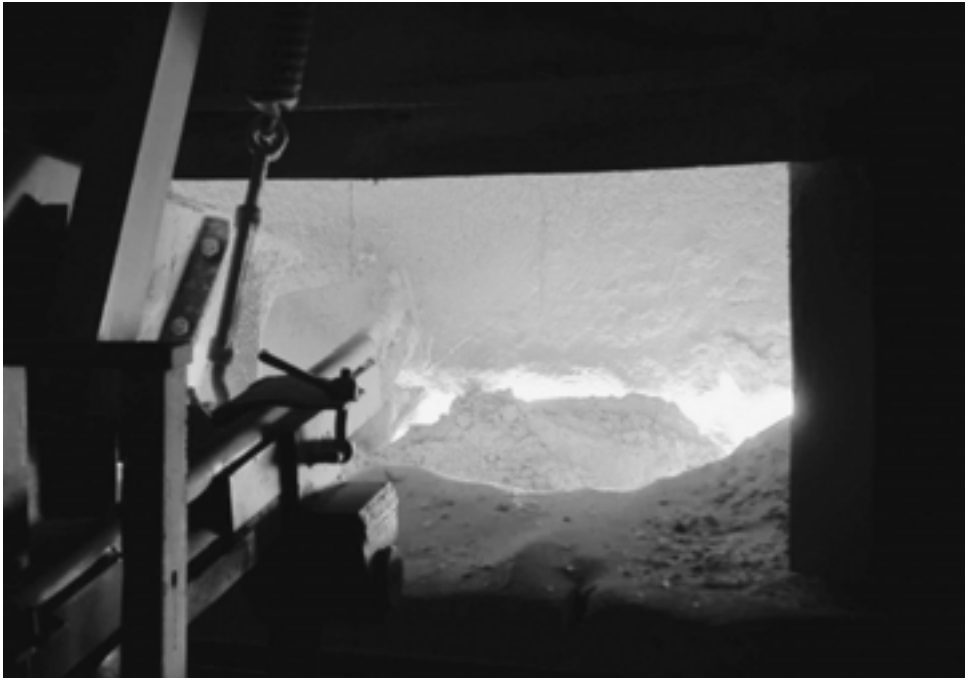


Tabelle 55:  
Expositionsdaten bei der Herstellung und Verarbeitung von Hohlglas

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, Einlegen, allgemein</b>						
1972 bis 1984	76/26	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,92	0,11	0,5	1,97
	76/26	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,07	0,001	0,01	0,14
	70/23	Quarzgehalt in %	11,83	0,7	2,2	40,0

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 55:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, Einlegen, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	60/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,54	0,11	0,37	1,35
	60/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,001	0,01	0,13
	55/26	Quarzgehalt in %	9,26	0,4	2,2	28,0
1995 bis 2004	163/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,13	0,22	1,06
	163/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,02
	120/34	Quarzgehalt in %	3,17	0,5	1,1	5,0
<b>Wanne, allgemein</b>						
1972 bis 1984	21/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,06	0,28	1,03
	21/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,005	0,05
	20/5	Quarzgehalt in %	4,42	0,8	3,1	10,0
1985 bis 1994	17/9	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,06	0,14	0,54
	17/9	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,04
	16/8	Quarzgehalt in %	4,84	0,7	5,8	9,3
1995 bis 2004	43/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,12	0,12	0,47
	43/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,004	0,001	0,002	0,01
	26/14	Quarzgehalt in %	1,54	0,4	0,9	2,7
<b>Formgebung und Vergütung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	36/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,44	0,17	0,37	0,81
	36/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	29/7	Quarzgehalt in %	1,83	1,0	1,0	4,3
1985 bis 1994	31/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,12	0,12	0,48
	31/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,002	0,01
	23/14	Quarzgehalt in %	4,12	0,6	1,4	4,1
1995 bis 2004	73/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,19	0,1	0,1	0,29
	73/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,002	0,001	0,001	0,004
	50/25	Quarzgehalt in %	1,15	0,4	0,8	1,8

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	72/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,23	0,51	1,68
	72/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,06
	71/18	Quarzgehalt in %	6,17	0,5	2,1	13,3
1985 bis 1994	49/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,35	0,14	0,25	0,63
	49/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,02
	43/18	Quarzgehalt in %	6,36	0,4	1,1	7,5
1995 bis 2004	96/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,48	0,09	0,21	1,09
	96/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,02
	79/30	Quarzgehalt in %	3,7	0,4	1,1	10,7
<b>Nachbearbeitung, Schleifen, Polieren</b>						
1972 bis 1984	63/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,84	0,23	0,5	1,6
	63/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,06
	62/17	Quarzgehalt in %	5,61	0,5	2,1	11,1
1985 bis 1994	36/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,38	0,17	0,28	0,61
	36/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,02
	31/14	Quarzgehalt in %	1,42	0,4	0,9	2,2
1995 bis 2004	78/30	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,50	0,09	0,23	1,0
	78/30	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,003	0,03
	64/26	Quarzgehalt in %	3,31	0,4	1,1	5,7
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972 bis 2004	38/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,41	0,14	0,19	1,16
	38/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,01	0,06
	34/14	Quarzgehalt in %	11,76	0,5	2,0	35,7

### 7.3.3.11 Kalksandsteine, Herstellung

Sand und Kalk werden gemischt. Im Reaktor löscht der Branntkalk zu Kalkhydrat ab. Durch Zusatz von Wasser wird die optimale Pressfeuchte erreicht. Mit hydraulischen Pressen werden die Steine geformt. In Steinhärtekesseln bekommt der Steinrohling durch Eingehen einer silikatischen Verbindung,

die von Hitze und Dampfdruck abhängig ist, seine Festigkeit. Hinter dem Reaktor gestalten sich Entstaubungsmaßnahmen schwierig, weil sich Leitungen schnell zusetzen. Dadurch erhält man relativ hohe Werte für die A-Staub-Fraktion, die hohe Quarz-werte zur Folge haben. In Tabelle 56 sind entsprechende Expositionsdaten aufgeführt.

Tabelle 56:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Kalksandsteinen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Aufbereitung, allgemein</b>						
1972bis 1984	29/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,66	0,51	2,43	6,72
	29/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,02	0,29
	29/15	Quarzgehalt in %	2,48	0,7	1,1	6,2
1985bis 1994	16/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,79	0,31	1,38	3,18
	16/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,05
	14/11	Quarzgehalt in %	1,99	0,3	1,1	3,8
1995bis 2004	14/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,64	0,16	0,44	0,138
	14/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,01	0,04
	13/10	Quarzgehalt in %	7,05	1,0	2,0	20,4
<b>Pressen, allgemein</b>						
1972bis 1984	42/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,98	0,45	1,2	3,72
	42/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,02	0,12
	42/18	Quarzgehalt in %	2,95	0,9	1,1	8,2



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Pressen, allgemein (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1994	65/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,28	0,83	2,18
	65/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,02	0,05
	63/23	Quarzgehalt in %	2,45	0,69	1,9	4,2
1995 bis 2004	142/56	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,67	0,15	0,54	1,42
	142/56	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,03
	135/56	Quarzgehalt in %	2,13	0,6	1,7	4,3
<b>Autoklav, allgemein</b>						
1972 bis 2004	10/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,27	0,18	0,24	3,35
	10/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,001	0,02	0,13
	8/5	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
<b>Nachbearbeitung, allgemein</b>						
1972 bis 1984	33/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,35	0,19	0,95	3,25
	33/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,05	0,09
	33/11	Quarzgehalt in %	5,03	1,0	3,7	12,1
1985 bis 1994	13/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,31	0,69	1,43
	13/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,03	0,11
	13/8	Quarzgehalt in %	5,22	1,0	2,2	15,2
1995 bis 2004	58/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,11	0,26	0,92
	58/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,08
	52/25	Quarzgehalt in %	6,27	1,1	5,0	13,4
<b>Nachbearbeitung, Sägen, Fräsen</b>						
1972 bis 1984	27/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,44	0,19	1,03	3,42
	27/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,04	0,09
	27/10	Quarzgehalt in %	4,42	1,0	2,0	8,0
1985 bis 1994	6/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	6/5	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 56:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Nachbearbeitung, Sägen, Fräsen (Fortsetzung)</b>						
1995 bis 2004	36/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,46	0,15	0,26	0,96
	36/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,11
	32/15	Quarzgehalt in %	7,71	1,34	6,7	15,4
<b>Nachbearbeitung, Lager</b>						
1972 bis 2004	21/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,42	0,11	0,15	0,93
	21/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,01	0,05
	19/16	Quarzgehalt in %	3,69	1,1	2,1	6,1

### 7.3.4 Gießereien

Gießereien sind Industriebetriebe, die sich mit der Formgebung durch Gießen befassen (siehe Abbildung 35). Beim Gießen wird flüssiger Werkstoff, die Schmelze, in Formen gegossen und erstarrt dort zu einem meist metallischen Gussstück. Gießen ist im Sinne der Fertigungstechnik Urformen. Man unterscheidet je nach Gießverfahren zwischen Sand-, Masken-, Kokillen-, Druck-, Schleuder-Stranggießerei und Kunstgießerei. Eine weitere Unterscheidungsform ist je nach Gießwerkstoffgruppe die Eisen-Temper-Stahl- und Nichteisen-(NE)-Metallgießerei. Gießereien ermöglichen für eine große Produktpalette den kürzesten und direkten Weg der Formgebung metallischer Erzeugnisse. Die zeitliche Entwicklung der Exposition zeigen Tabelle 57 und Abbildung 36 (siehe Seite 188 f.).

reien ermöglichen für eine große Produktpalette den kürzesten und direkten Weg der Formgebung metallischer Erzeugnisse. Die zeitliche Entwicklung der Exposition zeigen Tabelle 57 und Abbildung 36 (siehe Seite 188 f.).

#### *Sandaufbereitung*

Die Sandaufbereitung ist die Herstellung eines formgerechten Fertigsandes für die Sand- oder Maskenformerei bzw. Kernmacherei. Im Bereich der Sandgießerei dient im Allgemeinen der beim Ausleeren der

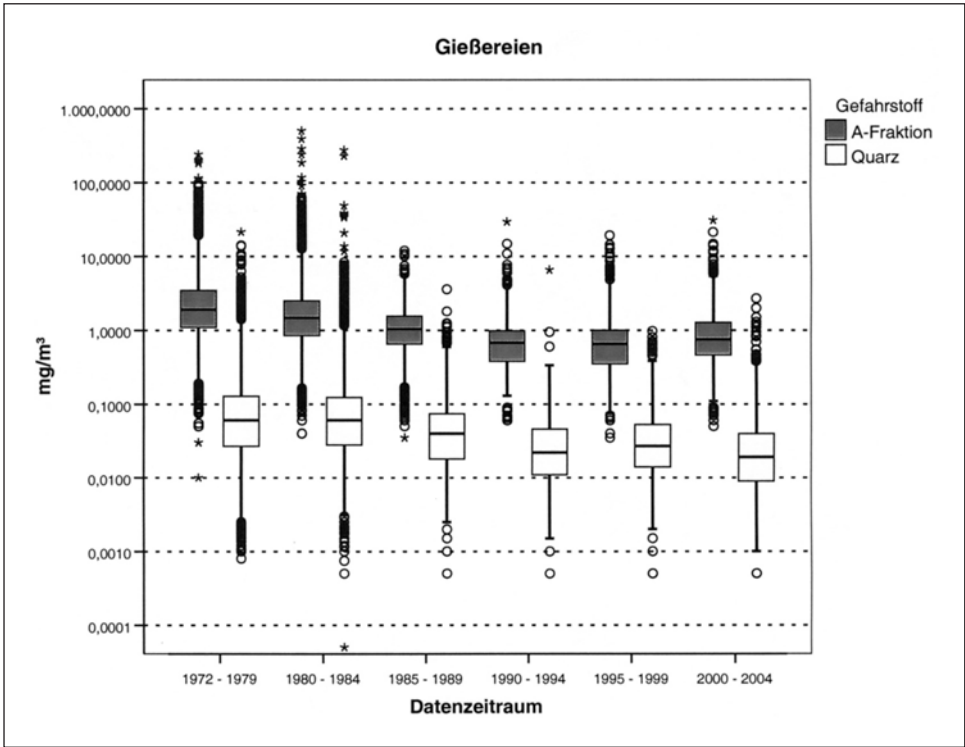
Gussstücke anfallende Altsand als Basis- sand für den Fertigsand, d.h., der Altsand wird wiederverwertet und entsprechend aufbereitet. Der Altsandanteil, der an Sieb- und Absaugeinrichtungen ausgeschieden oder mit Gussstücken ausgetragen wird, muss durch entsprechenden Neusandzusatz

ergänzt werden. Die Sandaufbereitung umfasst folgende Schritte: Sammeln des Altsandes, Beseitigung von Sandknollen und metallischen Verunreinigungen, Kühlung des Altsandes, Mischen mit ergänzenden Zusätzen von Bindern, Wasser, Neusand und sonstigen qualitätsverbessernden Stoffen.

Abbildung 35:  
Abgießvorgang in einer Gießhalle



Abbildung 36:  
Zeitliche Entwicklung der Schichtmittelwerte für die Konzentration der A-Staub-Fraktion  
und die Quarzkonzentration in Gießereien



Im Zeitraum von 1972 bis 1989 ist ein ständiges Absinken der A-Staub-Fraktion zu erkennen (siehe Tabelle 58). Im Rahmen von technischen Veränderungen wurden die Mischer gekapselt bzw. mit Direktabsaugung

ausgestattet. Im Zeitraum von 1990 bis 2004 scheint der Stand der Technik erreicht und dementsprechend sind weitere Absenkungen der A-Staub-Fraktion nicht zu erreichen.

Tabelle 57:  
Expositionsdaten in Gießereien (alle Arbeitsbereiche)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	10 546/569	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,29	0,62	1,91	6,46
	10 546/569	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,2	0,01	0,06	0,28
	10 538/568	Quarzgehalt in %	4,79	1,0	3,0	10,0
1980 bis 1984	14 342/529	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,38	0,48	1,47	4,37
	14 342/529	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,01	0,06	0,25
	14 278/525	Quarzgehalt in %	6,18	1,0	4,4	12,2
1985 bis 1989	4 198/348	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,18	0,38	1,04	2,14
	4 198/348	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,008	0,04	0,13
	4 186/348	Quarzgehalt in %	5,53	1,1	4,1	10,9
1990 bis 1994	1 905/298	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,22	0,68	1,35
	1 905/298	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,006	0,02	0,08
	1 872/296	Quarzgehalt in %	5,26	1,0	3,8	10,7
1995 bis 1999	1 397/249	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,89	0,21	0,65	1,54
	1 397/249	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,006	0,03	0,1
	1 330/244	Quarzgehalt in %	5,94	1,3	4,4	12,2
2000 bis 2004	1 236/230	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,17	0,27	0,75	2,39
	1 236/230	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,005	0,02	0,09
	1 119/221	Quarzgehalt in %	4,37	0,6	2,5	9,2

Tabelle 58:  
Expositionsdaten bei der Sandaufbereitung

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	782/250	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,78	0,82	2,51	8,12
	782/250	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,02	0,08	0,4
	782/250	Quarzgehalt in %	4,84	1,0	3,0	10,0

Tabelle 58:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1980bis 1984	1 042/235	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,5	0,62	1,79	4,81
	1 042/235	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,02	0,07	0,23
	1 041/234	Quarzgehalt in %	5,76	1,5	3,8	10,5
1985bis 1989	241/84	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,29	0,38	1,2	2,24
	241/84	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,04	0,13
	240/84	Quarzgehalt in %	6,22	1,3	3,5	11,5
1990bis 1994	75/47	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,17	0,69	1,35
	75/47	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,006	0,02	0,08
	73/46	Quarzgehalt in %	5,7	1,1	3,1	11,8
1995bis 1999	39/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,83	0,26	0,67	1,59
	39/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,007	0,03	0,08
	35/24	Quarzgehalt in %	4,94	1,3	4,1	8,5
2000bis 2004	37/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,96	0,3	0,78	1,71
	37/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,01	0,02	0,07
	33/20	Quarzgehalt in %	3,96	1,0	3,7	5,8

### Kernmacherei

Um Aussparungen oder verwickelte Hohlräume im Gussstück herzustellen, werden sogenannte Kerne benötigt. Man unterscheidet zerstörbare Kerne wie z.B. Sandkerne, die nur für einen einzigen Abguss dienen und beim Ausleeren des Gussstückes aus der Form oder beim Putzen zerstört werden, und sogenannte Dauerkerne aus metallischen Werkstoffen, die wiederholt

verwendbar sind. Abbildung 37 zeigt einen typischen Arbeitsplatz in der Kernmacherei. Im Zeitraum von 1972 bis 1989 ist ein ständiges Absinken der A-Staubfraktion zu erkennen (siehe Tabelle 59 auf Seite 192). Seit 1990 sind die meisten Kernmaschinen eingehaust bzw. abgesaugt. Die angeschlossenen Sandmischer wurden ebenfalls gekapselt. Die Sandzuführung, früher offene Trichter mit großer Fallhöhe, wurden bis 1990 konti-

Abbildung 37:  
Tauchen der fertigen Kerne in Schlichtelösung



nüerlich in geschlossene Systeme umgewandelt.

#### *Formerei*

Bei der Herstellung von Gießformen (siehe Abbildung 38 auf Seite 193), speziell Sand-

formen, unterscheidet man zwischen Handformen und Maschinenformen. Zum Handformen zählt die Herstellung von Sandformen für kleinere Gussstücke auf der Formbank oder dem Formtisch bzw. das Bodenformen in der Formgrube. Beim Maschinenformen werden Formmaschinen mit Modellplatten verwendet.

Tabelle 59:  
Expositionsdaten in der Kernmacherei

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%-Wert	50%-Wert	90%-Wert
1972 bis 1979	960/285	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,31	0,35	0,91	2,57
	960/285	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,04	0,18
	960/285	Quarzgehalt in %	7,35	1,0	4,5	15,8
1980 bis 1984	1 569/293	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,18	0,81	2,22
	1 569/293	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05	0,18
	1 562/291	Quarzgehalt in %	8,57	1,6	5,5	17,6
1985 bis 1989	472/147	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,18	0,73	1,64
	472/147	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,008	0,04	0,15
	470/147	Quarzgehalt in %	8,00	1,5	5,2	17,0
1990 bis 1994	353/147	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,09	0,45	0,96
	353/147	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,005	0,02	0,09
	345/145	Quarzgehalt in %	7,65	1,7	5,0	18,5
1995 bis 1999	213/105	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,53	0,09	0,43	0,92
	213/105	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,08
	208/105	Quarzgehalt in %	8,08	1,5	5,0	16,7
2000 bis 2004	213/97	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,56	0,1	0,47	1,08
	213/97	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,005	0,01	0,05
	192/89	Quarzgehalt in %	5,4	0,8	2,9	12,1

Im Zeitraum von 1972 bis 1989 wurden die verwendeten Formhälften in großen Stückzahlen bevorratet bzw. zwischengelagert und vor der Verwendung zum Reinigen abgeblasen. Das Abblasen

der Formanlagen wurde beibehalten, jedoch befindet sich heute im dahinter liegenden Bereich eine Absaugung. Expositionsdaten zeigt Tabelle 60 (siehe Seite 194).



Abbildung 38:  
Ausleeren der Formkästen nach dem Abgießen



### *Schmelzerei*

Zur Formgebung durch Gießen müssen die Werkstoffe, insbesondere Metalle und ihre Legierungen, durch Schmelzen in den flüssigen Zustand gebracht werden (siehe Abbildung 39 auf Seite 195). Das Schmelzen der

festen Metalle und Legierungen erfolgt unter Wärmezufuhr im Schmelzofen. Unterschiedliche gütetechnische Anforderungen werden durch die geeignete Art der Flammenführung bzw. durch Behandlung mit chemisch oder physikalisch wirkenden Mitteln erreicht.

Tabelle 60:  
Expositionsdaten in der Formerei

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	2 213/430	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,26	0,68	1,7	4,27
	2 213/430	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05	0,18
	2 213/430	Quarzgehalt in %	4,29	1,0	3,0	8,9
1980 bis 1984	3 051/372	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,73	0,51	1,33	3,16
	3 051/372	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05	0,2
	3 041/371	Quarzgehalt in %	5,66	1,0	4,2	11,5
1985 bis 1989	1 016/224	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,19	0,46	1,04	2,02
	1 016/224	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,009	0,04	0,11
	1 016/224	Quarzgehalt in %	4,71	1,0	3,7	9,0
1990 bis 1994	509/164	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,32	0,79	1,4
	509/164	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,007	0,02	0,07
	506/164	Quarzgehalt in %	4,47	0,9	3,5	9,0
1995 bis 1999	403/139	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,85	0,3	0,72	1,44
	403/139	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,03	0,11
	386/135	Quarzgehalt in %	6,35	1,6	4,6	13,2
2000 bis 2004	286/115	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,38	0,84	2,14
	286/115	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,005	0,02	0,08
	261/114	Quarzgehalt in %	3,82	0,6	2,3	8,2

In der Schmelzerei wird kein Quarzsand verwendet, d.h. dort vorhandene Quarzstäube werden aus angrenzenden Bereichen der Gießerei und Formerei luftgetragen verbreitet. Das sogenannte Kreislaufmaterial wurde

in früheren Zeiten quarzsandbehaftet bzw. ungestrahlt angeliefert. Zunehmend wird gestrahltes Kreislaufmaterial verwendet. Expositionsdaten zeigt Tabelle 61 (siehe Seite 196).

Abbildung 39:  
Flüssiges Metall wird in die Gießpfanne überführt



### *Gießbetrieb*

Gießen ist das Einbringen eines flüssigen Werkstoffes in eine Form, in der er unter dem Einfluss der Schwerkraft, der Fliehkraft oder unter Druck in eine dem gewünschten Fertig-

erzeugnis entsprechende Form gefüllt wird, um darin zu erstarren. Erst ab 1990 wurden Kehrsaugmaschinen für die Hallenreinigung eingesetzt, daher war die Staubbelastung vor 1990 größer (siehe Tabelle 62 auf Seite 197 f.).

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 61:  
Expositionsdaten in der Schmelzerei

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972bis 1979	739/265	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,13	0,65	2,0	5,89
	739/265	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,16	0,01	0,03	0,13
	738/265	Quarzgehalt in %	3,42	1,0	1,0	5,9
1980bis 1984	1 225/254	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,43	0,56	1,59	4,97
	1 225/254	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,007	0,03	0,15
	1 218/250	Quarzgehalt in %	3,28	0,5	2,0	7,4
1985bis 1989	320/101	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,31	0,53	1,21	2,31
	320/101	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,006	0,02	0,08
	318/101	Quarzgehalt in %	3,18	0,5	2,2	6,4
1990bis 1994	133/62	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,77	0,3	0,7	1,30
	133/62	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,005	0,02	0,05
	129/60	Quarzgehalt in %	2,72	0,6	2,0	5,4
1995bis 1999	79/46	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,2	0,69	1,39
	79/46	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,015	0,04
	74/46	Quarzgehalt in %	2,53	0,5	2,1	5,1
2000bis 2004	110/61	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,38	0,28	0,78	3,27
	110/61	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,005	0,02	0,04
	101/57	Quarzgehalt in %	2,50	0,7	1,9	5,0

Tabelle 62:  
Expositionsdaten im Gießbetrieb

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gießbetrieb</b>						
1972bis 1979	502/212	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,16	0,62	1,51	4,17
	502/212	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,04	0,14
	501/211	Quarzgehalt in %	3,75	1,0	2,0	7,2
1980bis 1984	864/184	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,95	0,6	1,51	3,36
	864/184	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,01	0,05	0,15
	861/183	Quarzgehalt in %	4,64	0,6	3,2	8,8
1985bis 1989	249/77	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,13	0,45	0,98	2,03
	249/77	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,09
	249/77	Quarzgehalt in %	3,43	0,5	2,4	7,4
1990bis 1994	129/57	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,78	0,26	0,71	1,31
	129/57	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,02	0,06
	126/56	Quarzgehalt in %	3,49	0,5	3,0	6,8
1995bis 1999	101/56	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,84	0,21	0,66	1,29
	101/56	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,02	0,05
	95/52	Quarzgehalt in %	3,32	0,6	2,6	7,2
2000bis 2004	87/49	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,92	0,37	0,66	1,92
	87/49	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,005	0,01	0,06
	78/44	Quarzgehalt in %	3,08	0,6	1,7	5,2
<b>Gießhalle, allgemeiner Betrieb</b>						
1972bis 1979	1 176/320	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,36	0,82	2,4	7,08
	1 176/320	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,02	0,09	0,37
	1 176/320	Quarzgehalt in %	5,31	1,0	4,0	10,0
1980bis 1984	1 590/275	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,23	0,58	1,6	4,34
	1 590/275	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,03	0,09	0,3
	1 589/275	Quarzgehalt in %	7,08	2,0	5,7	13,8

Tabelle 62:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gießhalle, allgemeiner Betrieb (Fortsetzung)</b>						
1985 bis 1989	483/149	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,27	0,45	1,13	2,11
	483/149	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,05	0,15
	482/149	Quarzgehalt in %	5,9	1,5	5,0	10,9
1990 bis 1994	149/81	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,32	0,8	1,66
	149/81	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,008	0,03	0,1
	147/81	Quarzgehalt in %	5,59	0,9	4,5	12,6
1995 bis 1999	165/61	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,22	0,67	1,39
	165/61	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,009	0,04	0,12
	155/58	Quarzgehalt in %	6,78	1,7	5,4	13,1
2000 bis 2004	136/71	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,09	0,33	0,86	2,31
	136/71	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,005	0,02	0,11
	123/66	Quarzgehalt in %	4,45	0,8	3,3	8,8

### Putzen und Strahlen

Putzen ist der Oberbegriff für alle Arbeiten am rohen Gussstück (siehe Abbildung 40), das nach dem Abkühlen aus der Gießform kommt. Man unterscheidet das „Rohputzen“ und das „Feinputzen“. Zum Feinputzen gehört das abschließende Strahlen mit Strahlmitteln aus Metall, Nichteisenmetall, z.B. Gesteine, früher auch Quarz-

sand, Korund oder Kunststoffe, die auf die Guss- oder Werkstücke geblasen oder geschleudert werden. Bis 1990 haben sich geschlossene Putzkabinen durchgesetzt. Jedoch war deren Dichtigkeit teilweise unzureichend und bei den Strahlanlagen gab es Defizite in der Absaugleistung. Nach 1990 war der Stand der Technik erreicht (siehe Tabelle 63 auf Seite 200 f.).

Abbildung 40:  
Das erkaltete Gusstück wird mit einem Winkelschleifer geputzt, z.B. um Lunkereinschlüsse zu entfernen



### *Ausbrechen*

Beim sogenannten Ausbrechen wird die feuerfeste Auskleidung aus den Schmelzöfen entfernt, manuell mit geeignetem Werkzeug wie Hammer und Meißel oder mit einem entsprechenden Drucklufthammer. Eine wei-

tere Variante des Ausbrechens der verbrauchten Feuerfestmaterialien ist das Herausdrücken mit hydraulischen Stempeln.

Bis zum Jahr 1985 wurde die feuerfeste Auskleidung mit geeignetem Werkzeug manuell ausgebrochen, was zu einer hohen Staub-

belastung führte. In den folgenden Zeiträumen wurden die Innenwände des Schmelzofens vor dem Ausbrechen mit geeigneten Lösungen getränkt und somit die Staubbelastung gesenkt. Heute werden Kupolöfen von innen im Bereich der

stärksten Auswaschungen geschält und anschließend aufgefüttert. Staubintensive Arbeiten werden heute bevorzugt in die Nachtschicht verlegt. Expositionsdaten sind in Tabelle 66 (siehe Seite 204) aufgeführt.

Tabelle 63:  
Expositionsdaten beim Putzen und Strahlen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Putzen und Strahlen</b>						
1972bis 1979	461/183	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,68	0,68	1,82	5,24
	461/183	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,02	0,08	0,34
	461/183	Quarzgehalt in %	6,38	1,0	4,9	12,9
1980bis 1984	930/214	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,74	0,46	1,4	3,37
	930/214	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,02	0,08	0,29
	927/214	Quarzgehalt in %	8,19	2,3	6,9	15,3
1985bis 1989	271/89	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,12	0,42	1,0	1,98
	271/89	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,01	0,05	0,18
	270/89	Quarzgehalt in %	7,21	2,2	5,4	15,7
1990bis 1994	76/40	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,23	0,67	1,36
	76/40	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,007	0,04	0,12
	76/40	Quarzgehalt in %	7,03	1,3	5,5	12,5
1995bis 1999	59/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,29	0,21	0,58	2,96
	59/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,04	0,15
	53/36	Quarzgehalt in %	6,18	2,4	5,4	10,2



Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Putzen und Strahlen (Fortsetzung)</b>						
2000bis 2004	57/33	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,16	0,32	0,64	2,23
	57/33	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,003	0,02	0,1
	46/29	Quarzgehalt in %	3,44	0,5	1,8	8,0
<b>Putzen</b>						
1972bis 1979	2 649/447	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,59	0,76	2,51	8,71
	2 649/447	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,4	0,02	0,08	0,37
	2 647/447	Quarzgehalt in %	4,66	1,0	3,0	10,0
1980bis 1984	3 271/393	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,3	0,53	1,87	5,94
	3 271/393	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,17	0,01	0,08	0,35
	3 245/389	Quarzgehalt in %	5,97	1,0	4,5	12,0
1985bis 1989	963/196	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,29	0,40	1,18	2,32
	963/196	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01	0,05	0,16
	960/196	Quarzgehalt in %	5,65	1,5	4,5	10,9
1990bis 1994	403/148	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,21	0,67	1,45
	403/148	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,007	0,02	0,08
	393/148	Quarzgehalt in %	5,31	1,4	4,2	9,3
1995bis 1999	284/120	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,22	0,21	0,67	2,17
	284/120	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,008	0,03	0,11
	273/118	Quarzgehalt in %	5,56	1,5	4,6	11,0
2000bis 2004	260/115	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,72	0,29	0,85	4,03
	260/115	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,005	0,02	0,18
	241/109	Quarzgehalt in %	4,83	0,7	2,8	10,0

Tabelle 64:  
Expositionsdaten beim Ausbrechen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972bis 1979	76/28 76/28 76/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	8,09 0,67 8,44	0,89 0,01 1,0	4,27 0,18 4,1	21,58 1,91 17,4
1980bis 1984	105/40 105/40 105/40	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	6,0 0,9 10,41	1,18 0,03 1,0	3,36 0,15 5,7	11,71 1,83 25,9
1985bis 1989	18/6 18/6 18/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,6 0,17 9,78	0,6 0,01 1,2	1,45 0,04 2,5	2,73 0,43 32,6
1990bis 2004	16/7 16/7 16/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,31 0,2 10,64	0,46 0,01 0,8	0,98 0,04 4,0	2,27 0,54 26,2

### *Sonstige Gießereiarbeitsbereiche*

Zu den weiteren Arbeitsbereichen in der Gießerei gehören sämtliche Wartungs- und Reinigungsarbeiten in der Gießhalle, d.h. diverse Reinigungsarbeiten mit Industriestaubsaugern, Kehrmaschine, Besen, Schaufeln und anderen Hilfsmitteln, die Revision, Wartung und Reinigung von unterschiedlichen Entstaubungsanlagen und das Zustellen von

Öfen und Gießpfannen, -kesseln und -rinnen. Des Weiteren zählen der Modell- und Kokillenbau zum Gießereibereich. Tabelle 65 zeigt Expositionsdaten.

### **7.3.5 Metallerzeugung**

Das Eisenerz wird aufbereitet und im Hochofen zu Roheisen umgewandelt. Dieses Roh-

Tabelle 65:  
Expositionsdaten in sonstigen Gießereiarbeitsbereichen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	988/241	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,14	0,44	1,7	8,17
	988/241	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,009	0,04	0,19
	984/240	Quarzgehalt in %	3,62	1,0	2,0	7,8
1980 bis 1984	695/160	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,66	0,37	1,44	7,14
	695/160	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	1,27	0,007	0,04	0,25
	989/158	Quarzgehalt in %	6,29	0,5	3,2	11,6
1985 bis 1989	165/71	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,18	0,7	1,95
	165/71	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,1
	163/70	Quarzgehalt in %	5,25	0,6	3,0	11,6
1990 bis 1994	74/32	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,2	0,58	2,07
	74/32	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,02	0,06
	73/32	Quarzgehalt in %	3,72	0,6	2,9	8,7
1995 bis 1999	52/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,91	0,15	0,44	1,46
	52/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,003	0,02	0,05
	49/20	Quarzgehalt in %	3,84	1,0	2,8	6,2
2000 bis 2004	40/24	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,64	0,23	0,84	2,67
	40/24	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,005	0,02	0,16
	34/22	Quarzgehalt in %	6,38	0,7	1,8	18,3

eisen wird in Stahlwerken, z.B. Siemens-Martin-Stahlwerk oder Elektro-Stahlwerk, in geeigneten Schmelzöfen mit Zusatz von Schrott geschmolzen und zu Stahl verarbeitet.

Mit Expositionen gegenüber quarzhaltigem Staub im Hochofen-Stahl- und Walzwerksbereich ist in der Ofen- und der Gießhalle, an den Kokillen und in der Putzerei zu rech-

## 7 Expositionsdaten

nen. Weitere Quarzexpositionen treten beim Umgang mit Schlacken auf, bei Instandhaltungsarbeiten an Tiegeln und Öfen sowie beim Ausbrechen und Ausmauern mit feuerfesten Materialien.

Nach 1990 wurden Hallen verstärkt mit Kehrsaugmaschinen gereinigt, dadurch

konnte eine Senkung der Staubbelastung erreicht werden (siehe Tabelle 66). Der Arbeitsschutz hat in diesem Bereich von den immer strenger werdenden Umweltschutzauflagen profitiert, d.h., wirksame Entstaubungsanlagen haben automatisch die Staubbelastung in den Ofenhallen gesenkt.

Tabelle 66:  
Expositionsdaten in der Metallerzeugung (alle Arbeitsbereiche)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1976 bis 1984	505/39	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,31	0,38	1,87	8,35
	505/39	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,003	0,01	0,09
	484/39	Quarzgehalt in %	2,76	0,2	0,5	4,8
1985 bis 1989	193/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,11	0,26	1,09	3,56
	193/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,008	0,04
	189/28	Quarzgehalt in %	1,71	0,3	0,7	4,0
1990 bis 1994	49/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,89	0,21	0,76	1,46
	49/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,007	0,04
	47/18	Quarzgehalt in %	1,79	0,5	0,9	4,4
1995 bis 1999	66/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,23	0,61	1,52
	66/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,002	0,006	0,03
	60/15	Quarzgehalt in %	4,56	0,6	0,9	4,6
2000 bis 2004	38/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,49	0,23	0,78	2,57
	38/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,02
	37/12	Quarzgehalt in %	0,92	0,7	0,7	1,6

### 7.3.6 Metallbearbeitung, Maschinen- und Fahrzeugbau

Mit zahlreichen Bearbeitungsverfahren werden Metalle umgeformt, getrennt und gefügt oder Stoffeigenschaften geändert und somit Werkstücke hergestellt. Zum Trennen gehört die spanende Bearbeitung mit geometrischen Schneiden, z.B. Drehen, Bohren, Hobeln, Sägen, Fräsen und Feilen, sowie mit geometrisch unbestimmten Schneiden, z.B. Schleifen, Honen, Läppen, Polieren und Strahlen. Zu den Fügetechniken gehören die unterschiedlichen Schweiß- und Lötverfahren.

Die Stoffeigenschaften eines Metalls werden unter anderem durch Härten oder Anlassen verändert. Bei den oben genannten Bearbeitungsverfahren wurden quarzhaltige Einsatzmaterialien verwendet wie z.B. Strahlgut und spezielle Schweißelektroden-Umhüllungen; dementsprechend ist eine Quarzexposition der Beschäftigten nicht auszuschließen.

Bei der Oberflächenbearbeitung in der Metallbearbeitung wurden bis 1989 vielfach quarzhaltige Polierpasten bzw. quarzhaltiges Strahlgut oder entsprechende Schweißelektroden-Umhüllungen verwendet. Die umfangreichen Verbesserungen in den Absaugeinrichtungen, in der Lüftungstechnik und die Modernisierung der Bearbei-

tungsverfahren und -maschinen führten zu einer Verminderung der Staubbelastung (siehe Tabelle 67 und Abbildung 41, siehe Seite 206 f.).

### 7.3.7 Elektrotechnik

Im Bereich der Elektrotechnik werden vielfältige Tätigkeiten ausgeübt, bei denen quarzhaltige Verbindungen eingesetzt bzw. freigesetzt werden. Die Schwerpunkte liegen in den folgenden Arbeitsbereichen:

#### *Abfüllen/Wiegen*

Quarz und quarzhaltige Verbindungen werden in unterschiedlichen Produktionsprozessen eingesetzt, z.B. als Zuschlagstoff bei der Produktion von Gummi, Kunststoffen oder Kabeln, oder von Vergussmassen zum Vergießen von elektronischen Bauteilen. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist das Befüllen von Widerständen und Schmelzsicherungen. Beim Abfüllen und Wiegen der quarzhaltigen Stoffe können Staubexpositionen auftreten. Im zunehmenden Maße wurden ab den 1990er-Jahren technische Maßnahmen (abgesaugter Abwiegeplatz) ergriffen (siehe Tabelle 68 auf Seite 208).

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 67:  
Expositionsdaten in der Metallbearbeitung und im Maschinen-/Fahrzeugbau (alle Arbeitsbereiche)

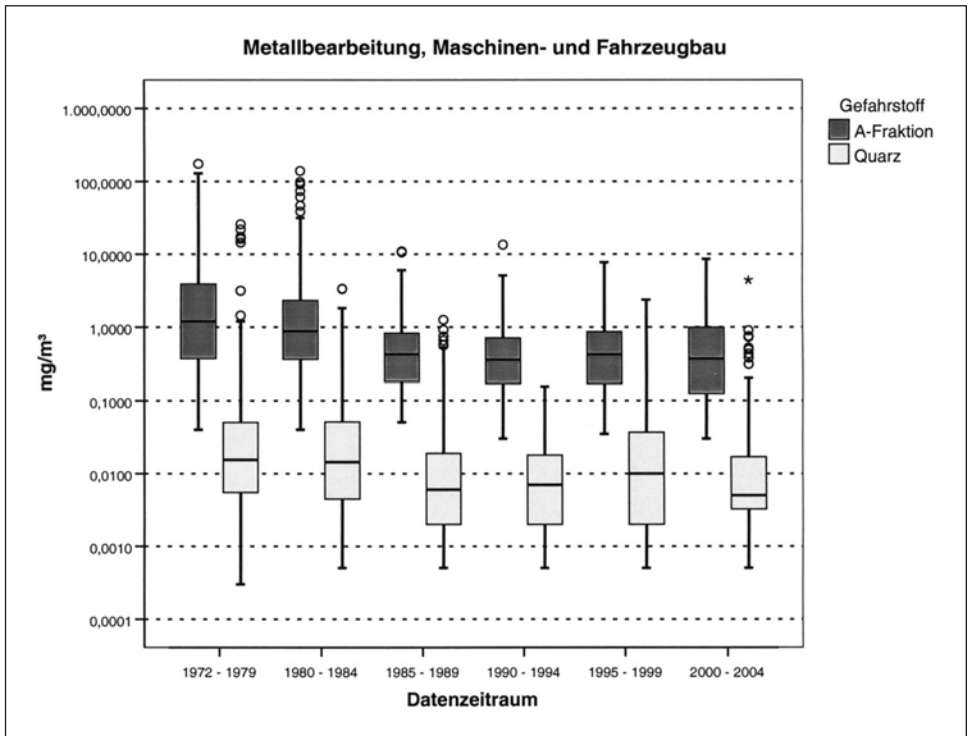
Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	695/148	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,75	0,18	1,2	9,33
	695/148	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,002	0,02	0,15
	684/147	Quarzgehalt in %	3,38	0,5	1,0	9,5
1980 bis 1984	1 090/308	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,09	0,18	0,88	7,9
	1 090/308	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,002	0,01	0,17
	993/285	Quarzgehalt in %	5,0	0,3	1,0	12,6
1985 bis 1989	625/189	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,68	0,09	0,42	1,42
	625/189	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,006	0,07
	577/185	Quarzgehalt in %	4,93	0,4	1,2	12,2
1990 bis 1994	214/92	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,63	0,09	0,36	1,36
	214/92	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,007	0,05
	179/82	Quarzgehalt in %	4,47	0,5	1,1	10,7
1995 bis 1999	274/108	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,08	0,42	1,37
	274/108	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,001	0,01	0,07
	222/96	Quarzgehalt in %	5,50	0,4	2,0	14,4
2000 bis 2004	200/91	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,82	0,09	0,37	1,86
	200/91	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,001	0,01	0,08
	149/70	Quarzgehalt in %	4,23	0,5	1,3	9,9

### Mischen

In einigen Prozessen müssen die quarzhaltigen Stoffe nach dem Abfüllen und Wiegen gemischt werden. Im Wesentlichen findet dies in Anlagen zur Kabelherstellung und beim Ansetzen von Vergussmassen statt.

Auch hier können Expositionen gegenüber Quarzstäuben auftreten. Der deutliche Rückgang von Messungen in den 1990er-Jahren (siehe Tabelle 69 auf Seite 208) ist auf die verstärkte Umsetzung von technischen Schutzmaßnahmen zurückzuführen.

Abbildung 41:  
 Zeitliche Entwicklung der Schichtmittelwerte für die Konzentration der A-Staub-Fraktion und der Quarzkonzentration in der Metallbearbeitung sowie im Maschinen- und Fahrzeugbau



### Kneten und Extrudieren

Zur Modifikation der Eigenschaften von Kunststoffen werden diese beim Kneten und Extrudieren mit Quarz bzw. quarzhaltigen Verbindungen versetzt. Solche

Kunststoffe werden in der Elektrotechnik auf vielfältige Weise eingesetzt wie z.B. in Gehäusen von elektrischen Geräten und Bauteilen. Expositionsdaten sind in Tabelle 70 (siehe Seite 209) zusammengestellt.

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 68:  
Expositionsdaten beim Abfüllen und Wiegen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	83/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,89	0,18	0,47	2,07
	83/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,003	0,03	0,33
	77/19	Quarzgehalt in %	19,61	0,5	6,4	53,0
1985 bis 1994	37/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,18	0,26	1,43
	37/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,002	0,02	0,17
	36/15	Quarzgehalt in %	14,01	0,5	6,7	40,8
1995 bis 2004	19/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,12	0,13	1,36
	19/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,005	0,02
	12/9	Quarzgehalt in %	2,15	0,6	1,2	5,8

Tabelle 69:  
Expositionsdaten beim Mischen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	81/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,38	0,18	0,59	3,4
	81/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,36	0,005	0,08	0,53
	78/25	Quarzgehalt in %	25,61	1,0	11,5	62,8
1985 bis 1989	28/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,52	0,18	1,29	2,7
	28/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,001	0,02	0,08
	26/10	Quarzgehalt in %	5,89	0,3	1,5	6,1
1990 bis 2004	10/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,43	0,18	0,26	0,36
	10/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,09
	10/5	Quarzgehalt in %	10,28	1,1	4,2	33,8



Tabelle 70:  
Expositionsdaten beim Kneten und Extrudieren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	66/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,86	0,18	0,59	2,01
	66/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,003	0,02	0,18
	63/13	Quarzgehalt in %	11,15	0,3	3,1	37,8
1985 bis 1994	41/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,57	0,18	0,44	1,03
	41/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,08	0,002	0,02	0,18
	39/12	Quarzgehalt in %	14,47	0,6	4,0	30,1
1995 bis 2004	15/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,32	0,18	0,19	0,44
	15/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,02	0,04
	10/3	Quarzgehalt in %	8,86	0,6	4,3	22,6

### Schleifen

Quarzmehl dient unter anderem als Zuschlagstoff für Vergussmassen. Bei der Montage von elektrischen Bauteilen (Motoren, Transformatoren) findet in der Regel eine mechanische Nachbearbeitung statt, mit der ausgehärtete überschüssige Vergussmasse durch Schleifen entfernt wird. Daneben können Quarzstäube bei der mechanischen Bearbeitung von keramischen Isolatoren und Kunststoffgehäusen elektrischer Geräte auftreten. Expositionsdaten zeigt Tabelle 71 (siehe Seite 210).

### Elektroinstallation

Auf Baustellen im Elektroinstallationshandwerk entstehen quarzhaltige Gesteinsstäube beim Stemmen, Schlitzen von Stegen für Elektroleitungen sowie beim Setzen von Löchern für Schalter- und Verteilerdosen. Als Baumaterialien kommen rote Ziegel, Hohllochziegel, Kalksandsteine, Beton oder Putz zum Einsatz. Die Messergebnisse (siehe Tabelle 72 auf Seite 210) wurden im Rahmen eines Projektes der Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik in den Jahren von 1996 bis 2004 ermittelt.

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 71:  
Expositionsdaten beim Schleifen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	51/19	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,84	0,17	0,19	1,43
	51/19	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,12	0,002	0,03	0,2
	45/15	Quarzgehalt in %	13,6	0,5	9,8	28,3
1985 bis 1989	11/6	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,36	0,27	0,27	0,64
	11/6	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,03	0,003	0,01	0,08
	10/6	Quarzgehalt in %	9,01	0,8	1,8	23,9
1990 bis 2004	18/10	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,41	0,12	0,18	0,74
	18/10	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,03	0,001	0,005	0,05
	15/10	Quarzgehalt in %	5,79	0,6	1,2	18,5

Tabelle 72:  
Expositionsdaten bei der Elektroinstallation

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1996 bis 2004	47/12	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,68	0,39	1,28	6,05
	47/12	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,4	0,01	0,08	1,08
	44/10	Quarzgehalt in %	11,03	1,0	7,9	27,8

### 7.3.8 Feinmechanik

Unter dem Begriff Feinmechanik wird eine Vielzahl von Branchen zusammengefasst. Hier wurden Messwerte aus folgenden Branchen (siehe Tabelle 73) berücksichtigt:

Feinmechanik, Optik, Herstellung

Dentallabors

Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren

Herstellung von Musikinstrumenten

Herstellung und Verarbeitung von Schmuckwaren

Tabelle 73:  
Expositionsdaten in der Feinmechanik (alle Arbeitsbereiche)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Feinmechanik – alle Arbeitsbereiche</b>						
1972 bis 1979	49/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,59	0,26	1,51	5,19
	49/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,003	0,02	0,16
	46/12	Quarzgehalt in %	4,25	1,0	1,0	9,0
1980 bis 1984	51/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,68	0,1	0,21	1,58
	51/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,001	0,007	0,21
	35/16	Quarzgehalt in %	13,53	0,5	4,3	36,6
1985 bis 1994	123/66	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,62	0,09	0,37	1,39
	123/66	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,008	0,13
	107/58	Quarzgehalt in %	8,89	0,6	1,9	24,3
1995 bis 2004	82/42	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,55	0,08	0,25	1,25
	82/42	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,001	0,005	0,04
	56/29	Quarzgehalt in %	4,26	0,5	1,4	11,9

Im Folgenden sind die Branchen, für die ausreichend Daten zur Verfügung standen, nochmals getrennt dargestellt.

#### 7.3.8.1 Dentallabors

In Dentallabors werden Einbettmassen mit einem Quarz- bzw. Cristobalitanteil von bis zu 50 % verarbeitet. Quarzhaltige Stäube entstehen in der Hauptsache beim Ein- und Ausbetten sowie beim Sandstrahlen. Diese Tätigkeiten werden in der Regel nicht über

einen Zeitraum von acht Stunden pro Schicht ausgeübt. Die geringeren Konzentrationen seit den 1990er-Jahren (siehe Tabelle 74 auf Seite 212) sind auf neue, verbesserte Lüftungstechnische Einrichtungen an den Arbeitsplätzen zurückzuführen.

#### 7.3.8.2 Musikinstrumenten-, Blech- und Metallwarenherstellung

Eisen-, Blech- und Metallwaren (EBM) werden aus Metallrohlingen, die in ihrer

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 74:  
Expositionsdaten in Dentallabors (Modellguss, Einbetten, Ausbetten, Sandstrahlen)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1985 bis 1994	65/37	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,59	0,15	0,62	3,32
	65/37	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,31	0,006	0,09	0,59
	62/37	Quarzgehalt in %	13,92	1,5	9,8	25,4
1995 bis 2004	21/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,14	0,34	0,94
	21/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,01	0,03
	14/10	Quarzgehalt in %	4,06	1,7	1,7	11,7

Form und Oberfläche durch spanende Bearbeitung wie z.B. Schleifen oder Polieren bearbeitet werden, hergestellt.

Die weitgehenden Verbesserungen in den Absaugeinrichtungen, in der Lüftungstechnik und die Modernisierung der Bearbeitungsverfahren und -maschinen führten zu einer Verminderung der Staubbelastung (siehe Tabelle 75).

### 7.3.8.3 Schmuckwaren, Herstellung und Verarbeitung

Bei der mechanischen Bearbeitung von Schmuck- und Halbedelsteinen z.B. durch Trennen, Sägen, Schneiden, Schleifen und Polieren kann es zur Freisetzung von quarz-

haltigen Stäuben kommen, Expositionsdaten zeigt Tabelle 76.

### 7.3.9 Chemische Industrie

In der chemischen Industrie werden quarzhaltige Stoffe einer Vielzahl von Produkten zur Verbesserung ihrer Eigenschaften zugesetzt. Insbesondere dienen sie als Füllstoffe und Verdickungsmittel, aber auch zur Erzielung bestimmter abrasiver Eigenschaften. Durch chemische Prozesse können aus Quarz als Rohstoff höherwertige Verbindungen wie Reinsilicium, Siliciumcarbid oder Silicohalogene gewonnen werden. In vielen Fällen führen Verunreinigungen, z.B. in Talkum, zu einer Exposition von Beschäftigten gegenüber Quarzstäuben.

Tabelle 75:

Expositionsdaten bei der Musikinstrumente-, Blech- und Metallwarenherstellung (Schleifen/Polieranlagen)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1975 bis 2004	83/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,56	0,09	0,53	4,88
	83/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,03
	67/16	Quarzgehalt in %	2,59	0,5	0,7	5,9

Tabelle 76:

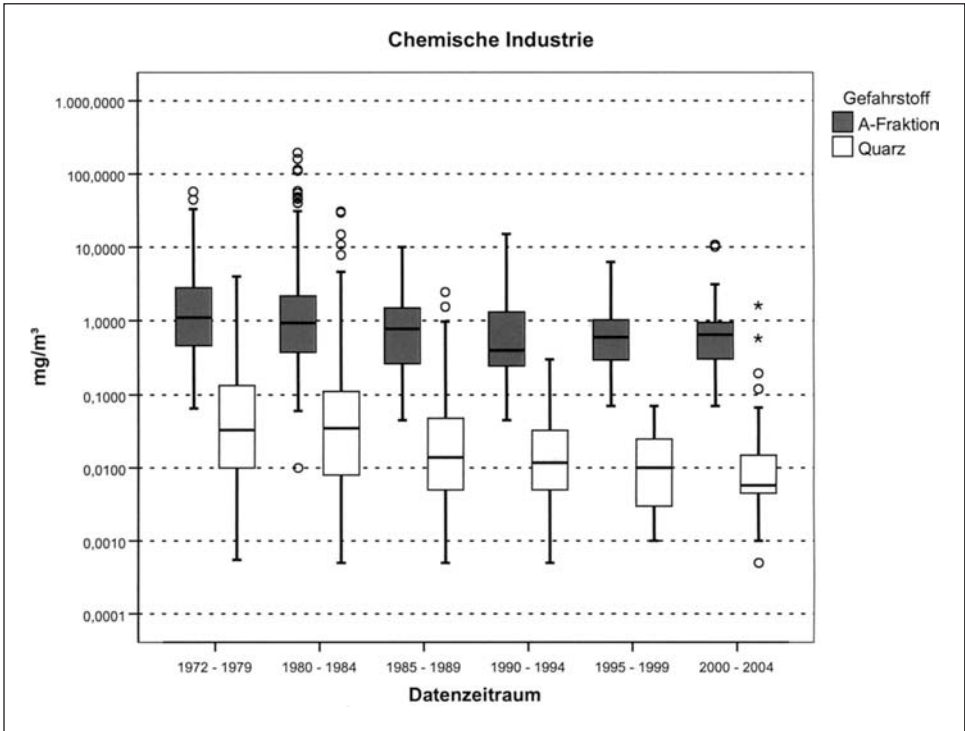
Expositionsdaten bei der Herstellung und Verarbeitung von Schmuckwaren  
(Trennen, Sägen, Schneiden, Schleifen, Polieren)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1986 bis 1989	18/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,78	0,23	0,56	6,4
	18/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,03	0,07	0,2
	18/6	Quarzgehalt in %	15,64	2,0	10,5	36,1
1990 bis 2004	87/38	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,68	0,12	0,42	1,32
	87/38	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,004	0,01	0,12
	61/25	Quarzgehalt in %	11,64	0,6	1,4	46,6

Die Schwerpunkte der Messungen lagen auf Mischvorgängen und beim Abfüllen bzw. Abwiegen von Produkten. Deutlich wird sichtbar, dass im Laufe der letzten 30 Jahre sowohl die Quarz- als auch die Staubkonzentrationen an den Arbeitsplätzen der chemischen Industrie zurückgegangen sind (siehe Abbildung 42 auf Seite 214). Dies ist auf die Substitution quarzhaltiger Produkte wie

z.B. von Quarzmehl durch amorphe Kieselsäure und sicher auch auf bessere Absauganlagen zurückzuführen. Die Messergebnisse (siehe Tabelle 77 auf Seite 215) zeigen, dass in der überwiegenden Zahl der untersuchten Anlagen der chemischen Industrie heute eine Konzentration von 0,15 mg/m<sup>3</sup> deutlich unterschritten wird.

Abbildung 42:  
Zeitliche Entwicklung der Schichtmittelwerte der Konzentration der A-Staub-Fraktion  
und der Quarzkonzentration in der chemischen Industrie



### 7.3.9.1 Beschichtungs- und Klebstoffe, Fugen- und Spachtelmassen, Herstellung

Silikate wie Kieselsäure, Glimmer oder Kaolin werden bei der Herstellung von Beschichtungsstoffen wie Farben, Lacke oder

Klebstoffe, z.B. als Füllstoff oder Verdickungsmittel, zugesetzt. Eine Gefährdung durch quarzhaltige Stäube kann beim Einwiegen und bei Mischvorgängen sowie beim Abfüllen fester Produkte gegeben sein.

Tabelle 77:  
Expositionsdaten in der chemischen Industrie

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	372/74	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,11	0,19	1,1	6,58
	372/74	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,18	0,005	0,03	0,44
	365/74	Quarzgehalt in %	9,58	0,5	3,0	27,1
1980 bis 1984	845/135	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,26	0,18	0,93	5,82
	845/135	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,28	0,003	0,03	0,45
	792/130	Quarzgehalt in %	9,98	0,3	3,6	28,2
1985 bis 1989	282/75	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,11	0,09	0,76	2,37
	282/75	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,002	0,01	0,14
	272/70	Quarzgehalt in %	6,7	0,4	1,9	12,7
1990 bis 1994	88/41	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,36	0,09	0,39	3,33
	88/41	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,1
	74/37	Quarzgehalt in %	5,6	0,5	1,5	12,2
1995 bis 1999	69/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,77	0,13	0,58	1,39
	69/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,002	0,01	0,04
	57/31	Quarzgehalt in %	1,89	0,4	1,3	3,9
2000 bis 2004	82/35	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,99	0,14	0,63	1,88
	82/35	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,003	0,01	0,04
	70/32	Quarzgehalt in %	4,19	0,5	1,1	5,9

Der Ersatz quarzhaltiger Rohstoffe durch amorphes Siliciumdioxid und effektivere Absauganlagen beim Ansetzen und Absacken fester Stoffe hat in der Branche zu einer deutlichen Abnahme der Quarzstaubexposition geführt.

### *Einwiegen*

Zuschlagsstoffe für die Zubereitungen werden Säcken, Eimern oder Trommeln mit einer Schaufel entnommen und offen auf einer Waage abgewogen. Oft steht dazu ein

## 7 Expositionsdaten

abgesaugter Abwiegeplatz (Wägeraum) zur Verfügung. Expositionsdaten zeigt Tabelle 78.

### *Ansetzen flüssiger und trockener Mischungen*

Feste Zusätze zur Herstellung von Beschichtungsstoffen oder Klebemitteln werden per Hand aus Säcken, Trommeln oder anderen Gefäßen, aber auch maschinell aus Großbinden oder Silos in die Mischgefäße

gefüllt. Dabei kann Staub entstehen (siehe Tabelle 79).

### *Abfüllen fester Produkte (Spachtelmassen, etc.)*

Nach dem Mischprozess werden feste Produkte aus den Apparaten ausgetragen und in Verkaufspackungen (Säcke, Eimer) gefüllt. Hierbei kann das Bedienungspersonal Staub ausgesetzt sein (siehe Tabelle 80 auf Seite 218).

Tabelle 78:  
Expositionsdaten beim Einwiegen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972bis 1989	25/16	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,46	0,4	0,95	3,06
	25/16	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,01	0,09
	23/14	Quarzgehalt in %	3,98	0,4	1,0	6,9
1990bis 2004	13/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,74	0,36	1,23	2,71
	13/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,02	0,08
	12/9	Quarzgehalt in %	2,04	0,6	0,9	4,6



Tabelle 79:  
Expositionsdaten beim Ansetzen von Mischungen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ansetzen flüssiger Mischungen</b>						
1972bis 1989	74/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,59	0,18	1,25	5,44
	74/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,13	0,01	0,05	0,18
	74/19	Quarzgehalt in %	6,71	0,5	3,0	16,4
1990bis 1999	31/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,55	0,54	1,36	2,68
	31/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,004	0,02	0,08
	28/13	Quarzgehalt in %	2,77	0,6	1,3	6,8
2000bis 2004	3/2	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	3/2	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	3/2	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
<b>Ansetzen trockener Mischungen</b>						
1972bis 1989	94/37	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,04	0,17	1,51	6,85
	94/37	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,006	0,07	0,57
	92/36	Quarzgehalt in %	10,56	0,5	3,9	39,5
1990bis 1999	34/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,09	0,29	1,21	4,13
	34/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,01	0,06	0,12
	29/17	Quarzgehalt in %	6,31	0,6	2,3	13,5
2000bis 2004	10/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,41	0,66	1,1	2,02
	10/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,02
	9/5	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 80:  
Expositionsdaten beim Abfüllen fester Produkte

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1989	114/37	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,47	0,36	1,42	5,21
	114/37	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,1	0,006	0,03	0,15
	114/37	Quarzgehalt in %	5,0	0,5	1,6	13,2
1990 bis 1999	49/25	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,44	0,31	1,31	2,73
	49/25	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,02	0,08
	44/24	Quarzgehalt in %	2,64	0,6	1,4	6,2
2000 bis 2004	11/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,8	0,18	0,38	1,71
	11/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,001	0,01	0,14
	7/4	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

### 7.3.9.2 Dachpappen- und Bitumenbahnen, Herstellung

Während in der Vergangenheit zur Dachabdichtung mit Bitumen – bis ca. 1979 auch mit Teer – beschichtete Filzpappe (Dachpappe) verwendet wurde, kommen heute Bitumenbahnen mit Einlagen aus Glas, Polyester oder Jute zum Einsatz. Für bestimmte Einsatzzwecke werden ihre Oberflächen mit mineralischen Stoffen wie Kies, Quarzsand

oder Schiefersplitter bestreut. Dabei können quarzhaltige Stäube in die Luft am Arbeitsplatz freigesetzt werden, insbesondere an sogenannten Bestreuungsstühlen der heute vollkontinuierlichen Herstellungsanlagen. In diesem Bereich befinden sich üblicherweise keine ständigen Arbeitsplätze. Eine Exposition gegenüber quarzhaltigen Stäuben kann vor allem bei Maschinenführern (Maschinenrundgängern) oder dem Wartungspersonal gegeben sein (siehe Tabelle 81).

Tabelle 81:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Dachpappen- und Bitumenbahnen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1983 bis 1989	226/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,22	0,12	0,68	2,52
	226/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,008	0,04	0,27
	224/22	Quarzgehalt in %	9,33	1,2	6,4	20,4
1990 bis 1999	130/21	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,7	0,15	0,51	1,46
	130/21	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,008	0,04	0,12
	118/21	Quarzgehalt in %	8,03	1,6	6,8	16,1
1995 bis 2004	22/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,2	0,57	1,06
	22/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,005	0,01	0,1
	17/9	Quarzgehalt in %	5,7	1,3	2,3	13,8

### 7.3.9.3 Gießereihilfsmittel, Herstellung

Formsande für die Herstellung von Gießformen werden überwiegend auf der Basis von Quarzsanden hergestellt. Daneben kommen auch weitere natürliche Mineralien wie Alumosilikate, Schamotte oder Magnesit als Grundsubstanz zum Einsatz. Als Binder dienen Tone, Wasserglas oder Zement, aber auch Kunstharze.

Bei der Vorbereitung (Reinigung) der Einsatzstoffe, insbesondere aber bei Misch- und Trockenvorgängen und beim Abfüllen in Säcke kann eine Exposition gegenüber

Quarz-A-Staub gegeben sein (siehe Tabelle 82 auf Seite 220).

### 7.3.9.4 Gummiwaren, Herstellung und Verarbeitung

Gummimischungen wird zur Erhöhung der Festigkeit überwiegend amorphes Siliciumdioxid zugesetzt. Als Verunreinigung in Silikaten, z.B. in Talkum, kann aber auch Quarz am Arbeitsplatz auftreten. Eine Exposition gegenüber quarzhaltigem Staub ist beim Einwiegen der Füllstoffe, dem anschließenden Mischen (Kneten, Walz-

Tabelle 82:  
Herstellung von Gießereihilfsmitteln

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Gießereihilfsmittel, Herstellung (gesamt)</b>						
1972 bis 1984	190/23 190/23 190/23	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	3,1 0,22 8,22	0,35 0,01 0,5	1,7 0,04 2,7	7,15 0,49 23,4
1985 bis 1994	86/22 86/22 84/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,13 0,04 5,76	0,23 0,003 0,5	0,68 0,02 2,1	2,19 0,1 16,0
1995 bis 2004	83/18 83/18 78/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	1,67 0,29 10,85	0,12 0,003 0,7	0,55 0,03 3,9	3,54 0,35 31,5
<b>Vorbereitung</b>						
1972 bis 2004	68/18 68/18 65/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	2,47 0,41 11,38	0,12 0,005 0,5	1,1 0,05 6,4	4,09 0,49 25,4
<b>Mischen und Trocknen</b>						
1972 bis 2004	197/38 197/38 195/38	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	2,9 0,29 9,96	0,23 0,01 0,5	1,2 0,04 2,5	6,45 0,37 31,7
<b>Abfüllen</b>						
1972 bis 2004	212/28 212/28 209/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup> Quarz in mg/m <sup>3</sup> Quarzgehalt in %	3,07 0,16 5,35	0,47 0,01 0,5	1,8 0,04 2,1	7,15 0,29 11,8

werke) und beim Extrudieren der Gummiware zu erwarten.

Tabelle 83 zeigt eine zeitliche Übersicht für alle Tätigkeiten von 1972 bis 2004. Ein deutlicher Rückgang der Quarzbelastung am Arbeitsplatz ist insbesondere in der Mitte der 1990er-Jahre festzustellen.

### Einwiegen

Zuschlagstoffe für die Gummimischungen werden Säcken, Eimern oder Trommeln mit einer Schaufel entnommen und offen auf einer Waage abgewogen. In vielen Fällen steht dazu ein abgesaugter Abwiegeplatz (Wägeraum) zur Verfügung.

Tabelle 83:  
Expositionsdaten bei der Herstellung und Verarbeitung von Gummiwaren

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	465/54	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,86	0,37	1,41	6,76
	465/54	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,006	0,04	0,53
	459/53	Quarzgehalt in %	7,01	1,0	2,1	19,1
1980 bis 1984	402/62	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,67	0,21	1,2	5,13
	402/62	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,25	0,003	0,02	0,22
	378/61	Quarzgehalt in %	5,71	0,3	1,4	17,2
1985 bis 1989	239/48	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,23	0,24	0,9	2,29
	239/48	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,01	0,1
	234/48	Quarzgehalt in %	3,7	0,4	1,2	9,4
1990 bis 1994	109/46	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,94	0,21	0,65	1,83
	109/46	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,003	0,01	0,07
	85/42	Quarzgehalt in %	4,59	0,5	1,4	12,7
1995 bis 1999	69/26	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,08	0,22	0,57	2,65
	69/26	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,07	0,002	0,02	0,11
	52/21	Quarzgehalt in %	6,07	0,7	2,3	14,4

Tabelle 83:  
(Fortsetzung)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
2000bis	33/17	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,70	0,16	0,42	1,89
2004	33/17	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,005	0,01
	22/12	Quarzgehalt in %	1,09	0,9	0,9	2,2

Expositionsdaten sind in Tabelle 84 aufgeführt.

### *Herstellen der Rohgummimischung*

Die Bestandteile der Rohgummizubereitung werden in Innenmischern (Knetern) oder auf Walzwerken gründlich gemischt. Insbesondere beim Einfüllen bzw. Aufgeben quarzhaltiger Zuschlagstoffe kann eine Exposition gegenüber Stäuben auftreten (siehe Tabelle 85).

### *Verarbeiten von Mischungen*

Aus Gummimischungen werden Formkörper (Rohlinge) insbesondere durch Extrudieren oder Spritzen hergestellt, wobei gleichzeitig

eine (Teil-)Vulkanisation erfolgen kann. Um ein Aneinanderkleben der Produkte zu verhindern, wird deren Oberfläche oft mit einem Trennmittel (z.B. Talkum), das Quarz enthalten kann, behandelt. Dadurch ist bei diesen Vorgängen – und weiteren Verarbeitungsschritten – mit einer Exposition gegenüber Quarzstaub zu rechnen (siehe Tabelle 86 auf Seite 224).

### 7.3.9.5 Kunststoffe, Herstellung und Verarbeitung

Bei der Herstellung bzw. Bearbeitung von Kunststoff- und Kunstschäumprodukten werden quarzhaltige Mineralien für sehr unterschiedliche Zwecke eingesetzt. Als Verstärkungsmaterial finden sich entsprechende Stoffe z.B. in Dentalmaterialien oder

Tabelle 84:  
Expositionsdaten beim Einwiegen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1989	169/57	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,56	0,37	1,4	5,65
	169/57	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,22	0,004	0,04	0,33
	168/57	Quarzgehalt in %	7,48	0,4	2,5	19,4
1990 bis 1999	32/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,71	0,21	0,54	1,49
	32/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,007	0,01	0,08
	16/14	Quarzgehalt in %	8,64	0,3	1,8	25,7
2000 bis 2004	12/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,60	0,18	0,58	1,08
	12/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,005	0,001	0,005	0,01
	8/7	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 85:  
Expositionsdaten beim Herstellen der Rohgummimischung

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1989	382/81	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,33	0,29	1,19	4,54
	382/81	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,23	0,004	0,04	0,53
	369/80	Quarzgehalt in %	8,48	0,5	4,1	22,3
1990 bis 1999	58/28	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,15	0,59	1,51
	58/28	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,002	0,01	0,11
	48/25	Quarzgehalt in %	4,8	0,5	1,9	13,4
2000 bis 2004	8/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	8/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/6	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 86:  
Expositionsdaten bei der Verarbeitung von Mischungen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1989 bis 2004	43/15	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	1,46	0,18	0,72	3,2
	43/15	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,05	0,003	0,01	0,09
	40/13	Quarzgehalt in %	4,36	0,7	1,4	4,1

in Mineralguss. Als Beschichtungsmittel werden Quarzsand oder -mehl, z.B. zur Herstellung von Fassadenplatten, Fußböden oder glasfaserverstärkten Kunststoffrohren (GFK-Rohren), verwendet. Talkum dient als Trennmittel. Somit besteht die Gefahr, dass am Arbeitsplatz quarzhaltiger Staub vor allem beim Einwiegen und Zumischen, bei der Extrusion von Formkörpern und der Bearbeitung (Schleifen, Sägen etc.) quarzhaltiger Produkte auftritt.

Messungen wurden in der Vergangenheit besonders an Schleifarbeitsplätzen und bei Mischvorgängen vorgenommen. Höhere Messergebnisse mit Quarzkonzentrationen  $> 0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$  sind in den letzten Jahren nur in Einzelfällen aufgetreten (siehe Tabelle 87).

### 7.3.9.6 Pharmazeutische und kosmetische Produkte, Herstellung

Bei der Herstellung, insbesondere Formulierung und Konfektionierung, von pharma-

zeitischen und kosmetischen Produkten werden Substanzen eingesetzt, die quarzhaltige Verunreinigungen enthalten können. So ist die Pudergrundlage vieler Kosmetika Talkum, Kaolin oder Kieselgur.

Expositionen gegenüber quarzhaltigen Stäuben treten beim offenen Befüllen von Mischern, bei der Herstellung von Presskörpern und beim Abfüllen pulverförmiger Produkte auf (siehe Tabelle 88 auf Seite 226).

### 7.3.9.7 Reinigungs- und Pflegemittel, Herstellung

Reinigungs- und Pflegemittel sind Zubereitungen, die neben waschaktiven Substanzen, Parfümen, Lösungsmitteln, Pflegekomponenten, Farbstoffen und Konservierungsmitteln zum besseren Schmutzabtrag auch quarzhaltige Substanzen enthalten können. Dies traf in der Vergangenheit insbesondere auf



Scheuermittel zu. Eine Exposition gegenüber Quarz-A-Staub ist vor allem beim offenen Befüllen der Mischer und beim Verpacken von pulverförmigen Produkten zu erwarten (siehe Tabelle 89 auf Seite 226).

### 7.3.9.8 Schleif- und Poliermittel, Herstellung

Schleif- und Poliermittel für die Bearbeitung von Oberflächen wie Metall, Holz, Stein und Glas können in der Vergangenheit

Tabelle 87:  
Expositionsdaten bei der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoffen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1979	107/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,97	0,18	1,03	3,88
	107/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,24	0,004	0,03	0,73
	104/28	Quarzgehalt in %	13,57	0,6	3,0	42,7
1980 bis 1984	179/38	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,79	0,22	0,9	3,91
	179/38	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,3	0,002	0,02	0,51
	169/37	Quarzgehalt in %	11,42	0,3	1,5	36,2
1985 bis 1989	111/41	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,11	0,56	1,75
	111/41	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,001	0,01	0,11
	97/39	Quarzgehalt in %	6,51	0,3	1,1	18,3
1990 bis 1994	65/34	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,65	0,14	0,45	1,12
	65/34	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,01	0,07
	53/33	Quarzgehalt in %	5,52	0,5	1,2	15,0
1995 bis 1999	76/29	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,61	0,2	0,48	1,14
	76/29	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,001	0,02	0,11
	63/27	Quarzgehalt in %	7,61	0,4	2,9	19,7
2000 bis 2004	52/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,85	0,1	0,22	0,89
	52/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,004	0,01	0,16
	26/10	Quarzgehalt in %	19,95	0,4	11,1	46,4

## 7 Expositionsdaten

Tabelle 88:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von pharmazeutischen und kosmetischen Produkten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	10/2	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,75	0,08	0,58	3,37
	10/2	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,001	0,01	0,02
	9/2	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
1985 bis 1994	27/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,18	0,35	1,53
	27/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,002	0,01	0,18
	20/10	Quarzgehalt in %	9,14	0,7	5,4	14,1
1995 bis 2004	9/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	9/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	–	–	–	–
	7/3	Quarzgehalt in %	–	–	–	–

Tabelle 89:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Reinigungs- und Pflegemitteln

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1988 bis 2004	17/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,45	0,18	0,98	3,79
	17/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,21	0,003	0,02	0,85
	11/7	Quarzgehalt in %	22,16	0,8	2,1	78,6

Quarz enthalten haben, heute eventuell noch quarzhaltige Verunreinigungen. Bei der Herstellung kann quarzhaltiger Staub vor allem während des Mahlens des Schleif-

korns, bei dessen Einmischung in Pasten oder Emulsionen und beim Auftragen auf Unterlagen, z.B. Papier, auftreten (siehe Tabelle 90).

Tabelle 90:  
Expositionsdaten bei der Herstellung von Schleif- und Poliermitteln

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%-Wert	50%-Wert	90%-Wert
1972 bis 1984	46/15	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,74	0,15	0,36	1,54
	46/15	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,27	0,003	0,04	0,45
	41/14	Quarzgehalt in %	23,06	1,0	10,7	63,0
1985 bis 1994	71/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,53	0,16	0,82	3,7
	71/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,01	0,06
	68/12	Quarzgehalt in %	3,16	0,3	0,6	8,9
1995 bis 2004	45/6	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,37	0,18	0,21	0,89
	45/6	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,005	0,07
	35/5	Quarzgehalt in %	4,9	0,8	2,4	9,2

### 7.3.9.9 Siliciumverbindungen, elektrothermische Herstellung

Durch elektrothermische Umsetzung von Quarzsand werden Verbindungen wie Siliciumcarbid, aber auch Reinsilicium hergestellt. Sowohl bei den vorbereitenden Mahl-, Trocken-, Sieb- und Mischvorgängen als auch bei der thermischen Umsetzung und bei Abfüllvorgängen tritt quarzhaltiger Staub auf (siehe Tabelle 91 auf Seite 228).

### 7.3.10 Bauwirtschaft

In der Bauwirtschaft werden überwiegend mineralische Baustoffe verwendet, die bei

Abfüllvorgängen einen mehr oder minder hohen Quarzanteil enthalten können. Bei der Bearbeitung der Materialien kann quarzhaltiger Staub je nach Bearbeitungsverfahren in unterschiedlich hoher Konzentration freigesetzt werden.

Im Unterschied zu stationären Betrieben ist die Bauwirtschaft geprägt von wechselnden Arbeitsplätzen und Tätigkeiten. Neben der Tätigkeit haben u.a. örtliche Verhältnisse (außen, innen, offen, geschlossen) und Witterungsverhältnisse (trocken, feucht, windig) Einfluss auf die Staubexposition. Auch Häufigkeit und Dauer der Exposition sind stark schwankend und können von wenigen Minu-

Tabelle 91:  
Expositionsdaten bei der elektrothermischen Herstellung von Siliciumverbindungen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1972 bis 1984	113/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,17	0,52	1,9	8,6
	113/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,06	0,004	0,01	0,09
	110/5	Quarzgehalt in %	1,49	0,4	0,5	3,0
1985 bis 1994	36/4	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,05	0,22	0,93	1,58
	36/4	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,002	0,01	0,01
	34/4	Quarzgehalt in %	0,67	0,3	0,5	1,1
1995 bis 2004	18/3	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,46	0,09	0,77	4,13
	18/3	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,04	0,005	0,03	0,06
	15/2	Quarzgehalt in %	4,91	0,4	2,7	6,7

ten über eine Schichtlänge und mehrere Tage betragen. Die Exposition kann weiter von einer Hintergrundbelastung beeinflusst werden wie z.B. durch Staub aus dem Baustellenverkehr auf trockenen und unbefestigten Fahrstraßen oder sonstige Fremdeinflüsse.

Wie in keinem anderen Bereich liegen zur Intensität und Dauer der Exposition wechselnde Einflussparameter vor, weshalb in Abhängigkeit von den Randbedingungen bei gleichartigen oder vergleichbaren Tätigkeiten sehr unterschiedliche Expositionen auftreten können. Die im Folgenden dargestellten Expositionsdaten sind als Schichtwerte zu interpretieren.

### 7.3.10.1 Mauerwerks- und Klinkerbau

Mauern umfasst das Versetzen von groß- und kleinformatischen Mauersteinen, Formelementen, Fertigstürzen und dergleichen unter Verwendung von Frischmörtel, Vermauern von Planelementen im Dünnbettverfahren, Zuschlagen von Mauersteinen von Hand sowie die für Maurerarbeiten typischen Nebenarbeiten wie Abräumen und Umstellen von Arbeitsgerüsten (Bockgerüsten). Staubintensive Tätigkeiten wie Schleif-, Trenn- oder Reinigungsarbeiten sind hier nicht enthalten (siehe dazu Abschnitte 7.3.10.9 und 7.3.10.11).

Im Datenkollektiv „Sägen“ (siehe Tabelle 92) sind sowohl das Nass- als auch das Trockenschneiden enthalten. Steine mit relativ hoher Rohdichte oder auch großformatige Ziegelsteine wurden auf stationären Nassstrennsägen (siehe Abbildung 43 auf Seite 230) geschnitten, bei leicht zu bearbeitenden Steinen wie Porenbetonsteinen wurden Bandsägen und grob gezahnte Handsägen verwendet.

Als sehr quarzhaltige Materialien mit einem Quarzgehalt von 30 bis 60 % gelten z.B. Beton und Kalksandsteine. Bei Porenbetonsteinen kann der Quarzgehalt bis zu 30 % betragen, während er bei den üblichen Mauerziegeln zwischen 5 und 15 % liegt. Beim Nassschneiden ist die Staubbelastung auch bei ungünstigen Bedingungen wesentlich und im Mittel mindestens um das Fünffache geringer.

Werden Steine trocken mit dem Winkelschleifer geschnitten, kann in Abhängigkeit vom Quarzgehalt des Materials die Quarzstaubkonzentration von 0,15 mg/m<sup>3</sup> um das Zehnfache und mehr überschritten werden.

### 7.3.10.2 Trockenbau

Gipskarton- und Gipsfaserplatten werden als Trockenputz mit Gips am Mauerwerk verklebt

Tabelle 92:  
Expositionsdaten im Mauerwerks- und Klinkerbau

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Mauern</b>						
1982 bis 2004	23/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,9	0,12	0,67	1,68
	23/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,004	0,02	0,09
	16/8	Quarzgehalt in %	3,18	1,1	2,0	6,1
<b>Sägen</b>						
1983 bis 2004	27/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,93	0,18	0,6	1,93
	27/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,15
	23/15	Quarzgehalt in %	6,96	1,0	4,8	15,5

Abbildung 43:  
Ungenügend wirksame Nasstrennsäge, da zu wenig Wasser zugeführt wird  
und außerdem das Wasser im Umlauf verwendet wird



oder an einem Ständertragwerk festgeschraubt. Der Zuschnitt der Platten erfolgt zum Teil durch Anritzen und Brechen oder mit Hand- und Stichsägen. Die Fugen werden anschließend mit Gips-pachtel-massen – teilweise unter Verwendung eines Bewehrungsstreifens – verspachtelt und abgeschlif-

fen. Zum Abschleifen der Fugen werden Hand-, Schwing- und Exzentrerschleifer mit integrierter Staubabsaugung, ohne Staubabsaugung und in wenigen Fällen mit einem am Gerät angeschlossenen Entstauber verwendet. Expositionsdaten zeigt Tabelle 93.

Tabelle 93:  
Expositionsdaten im Trockenbau

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Bepanken, Verlegen, Spachteln</b>						
2000 bis 2004	17/7	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,06	0,33	0,73	2,17
	17/7	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,02	0,1
	12/6	Quarzgehalt in %	4,02	1,0	1,9	7,8
<b>Schleifen</b>						
1998 bis 2003	15/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,1	0,26	1,24	9,08
	15/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,01	0,08
	13/10	Quarzgehalt in %	1,67	0,7	0,9	2,5

### 7.3.10.3 Putzarbeiten

Bei Putzarbeiten werden Gips-, Kalk-, Zement- und Kunstharzputze auf Dispersionsbasis als Fertigputze überwiegend maschinell aufgetragen. Die Staubbelastung bei Innenputzarbeiten unterscheidet sich nur unwesentlich von Außenputzarbeiten, weshalb auf eine Differenzierung verzichtet wurde. Das Aufgeben trockener Fertigputzmassen aus Säcken in Mischern ist im Datenkollektiv nicht enthalten.

Das Abschlagen von Putzen im Zuge von Umbau-, Renovierungs- oder Sanierungsmaßnahmen erfolgte mit leichten Druckluft- und Elektrohämmern oder manuell mit einem

Zweischneidhammer. Innenputze wie Kalk-, Gips- und Kalkgipsputze weisen in der Regel eine geringere Festigkeit als Außenputze auf. Die Staubemission (siehe Tabelle 94 auf Seite 232) ist von der Art des Putzes, der Festigkeit und den örtlichen Verhältnissen abhängig, wodurch sich eine große Streubreite der Messwerte ergibt.

### 7.3.10.4 Abbrucharbeiten

Abbrucharbeiten gehören erfahrungsgemäß zu staubintensiven Tätigkeiten. Unterschieden wurde zwischen maschinellem und manuellem Abbruch. In beiden Fällen zeigt sich eine große Streubreite der Messwerte. Sie resul-

Tabelle 94:  
Expositionsdaten bei Putzarbeiten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Verputzen, Glätten</b>						
1994 bis 2004	35/19	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,96	0,19	0,55	2,13
	35/19	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,004	0,01	0,04
	23/15	Quarzgehalt in %	2,32	0,8	1,1	4,7
<b>Putz abschlagen</b>						
1992 bis 2004	24/10	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,97	0,43	2,79	7,5
	24/10	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,14	0,01	0,09	0,32
	23/10	Quarzgehalt in %	3,67	1,0	2,5	6,8

tiert einerseits aus dem unterschiedlichen Quarzgehalt der Abbruchbaustoffe und andererseits aus der Art des Abbruchs. So reicht die breite Palette der Abbruchmethoden beim maschinellen Abbruch von Zangen, Greifern, Schrottzangen, Hydraulikhämmern bis hin zum Eindrücken oder Einreißen. Inbegriffen ist auch das Verladen des Abbruchmaterials.

Die Probenahmen beim maschinellen Abbruch erfolgten überwiegend im Führerhaus der Baumaschine bei offener und geschlossener Fahrertür. Bei den Abbrucharbeiten wurde der Staub z.T. mit Wasser niedergeschlagen. Bei offener Fahrertür lag die Quarzstaubkonzentration in der Kabine

im Mittel doppelt so hoch wie oder höher als bei geschlossener Kabine.

Sehr hohe Quarzkonzentrationen treten beim Abbrechen von Beton- und Stahlbetonbauteilen auf. So wurden z.B. bei Abbrucharbeiten ohne zusätzliche emissionsmindernde Maßnahmen im Arbeitsbereich Quarzkonzentrationen mit einem Vielfachen von 0,15 mg/m<sup>3</sup> bis zur Höhe des 90-Perzentilwertes ermittelt (siehe Tabelle 95).

Die Daten beim manuellen Abbruch beinhalten Ergebnisse von Abbrucharbeiten in und außerhalb von Gebäuden. Eingesetzt wurden druckluft- oder elektrisch betriebene



Tabelle 95:  
Expositionsdaten bei Abbrucharbeiten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Maschinellem Abbruch</b>						
1996 bis 2000	25/12	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	1,15	0,25	0,75	2,67
	25/12	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01	0,06	0,23
	17/11	Quarzgehalt in %	9,4	1,3	5,4	18,1
<b>Manueller Abbruch, Stemmen Meißeln</b>						
1987 bis 2004	56/27	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,04	0,42	1,94	7,21
	56/27	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,26	0,01	0,13	0,67
	51/27	Quarzgehalt in %	9,92	1,2	8,9	23,0

Abbauhämmer, nur in wenigen Fällen wurde mit Hammer und Meißel gestemmt.

#### 7.3.10.5 Erd, Planier-, Verdichtungs- und Pflasterarbeiten

Bei Transportarbeiten wurden Erdreich, Sand und Kies mit dem Radlader aufgenommen, verfahren und abgekippt oder auf Lkw verladen. Die Probenahmen erfolgten bei offenem und geschlossenem Führerhaus. Das Material war z.T. abgetrocknet und z.T. erdfeucht. Der Höchstwert wurde bei offenem Führerhaus gemessen.

Planier-, Verdichtungs- und Pflasterarbeiten umfassen folgende Tätigkeiten und Arbeits-

verfahren: Aufschütten, Planieren, Abziehen von Sand, Splitt oder Kies, Verdichten des Materials mit handgeführten Verdichtungsgeräten oder Verdichtungsgeräten mit Fahrerplatz, Verlegen von Klein- und Großpflaster, Einsanden und Abrütteln. Schneid- und Trennarbeiten sind in den Daten (siehe Tabelle 96 auf Seite 234) nicht enthalten. Die höchsten Quarzkonzentrationen zeigten sich beim Abrütteln.

Werden bei Pflasterarbeiten oder beim Verlegen von Platten Beton- oder Naturwerksteine trocken geschnitten, können in Abhängigkeit vom Quarzgehalt des Materials extrem hohe Quarzstaubbelastungen auftreten. So wurde beim Trockenschneiden von

Tabelle 96:  
Expositionsdaten bei Erd-, Planier-, Verdichtungs- und Pflasterarbeiten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Transportieren</b>						
1998 bis 2003	10/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,54	0,17	0,28	0,72
	10/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	0,01	0,06
	2/2	Quarzgehalt in %	–	–	–	–
<b>Planieren, Verdichten, Rütteln, Verlegen, Einsanden</b>						
1998 bis 2003	30/13	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,51	0,17	0,24	0,78
	30/13	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,01	0,03
	13/7	Quarzgehalt in %	6,36	1,9	4,6	14,9

Bord- und Kantensteinen sowie beim Zuschneiden von Platten ohne Staubabsaugung die Quarzkonzentration von 0,15 mg/m<sup>3</sup> z.T. um das Zehnfache und mehr überschreiten.

Der Quarzgehalt im A-Staub betrug im Mittel mehr als 30 %. Bei Verwendung von Nass-trennsägen lagen die Expositionswerte deutlich niedriger, jedoch bei vier Einzelmessungen im Mittel nicht unter 0,15 mg/m<sup>3</sup>. Der Quarzgehalt im A-Staub lag bei ca. 18 %. Da in beiden Fällen weniger als zehn Datensätze vorliegen, wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet.

### 7.3.10.6 Kachelofen-, Schornstein-, Feuerungs- und Industrieofenbau

Bei Ab- und Ausbrucharbeiten ist zu berücksichtigen, dass z.T. sehr unterschiedliche Materialien vorliegen. So werden z.B. im Feuerfestbau quarzfreie Calciumsilikatplatten und Molersteine mit einem Quarzgehalt von 5 bis 10 % als Hinterisolierung oder hoch quarzhaltige Silika- oder Schamottesteine zum Auskleiden von Öfen und Schmelzwannen verwendet. Entsprechend unterschiedlich sind auch die Quarzgehalte der verwendeten Mörtelmassen, sie reichen von weniger als 10 bis hin zu 80 %. Die

unterschiedlichen Materialien spiegeln sich auch in der Streubreite der Messwerte wider. Besonders hohe Quarzkonzentrationen finden sich erfahrungsgemäß beim Ausbrechen von Öfen aufgrund der engen räumlichen Verhältnisse.

Neben Quarz tritt bei Feuerfestmaterialien in der Regel auch Cristobalit als silikogener Staub auf. Für die gesamte Expositionsbeurteilung müssen also auch die Expositionen gegenüber Cristobalit berücksichtigt werden. Orientierende Messungen haben dabei gezeigt, dass die Cristobalitikonzentration beim Ausbrechen von Feuerfestmaterialien etwa

bei der Hälfte der Quarzkonzentration liegen kann. Im Gegensatz dazu kann beim Schneiden von Feuerfestmaterialien mit hoher Rohdichte (Silika-, Schamottesteine) mehr Cristobalit als Quarzstaub auftreten.

Beim Mischen wurden in Säcken angelieferte fertige Trockenmassen mit einem Rührquirl angerührt oder in einem Mischer aufgegeben und angemischt. Tabelle 97 zeigt entsprechende Expositionsdaten.

Müssen im Feuerfestbau Silika- oder Schamottesteine geschnitten werden, werden dazu stationäre Nasstrennsägen verwendet.

Tabelle 97:  
Expositionsdaten beim Kachelofen-, Schornstein-, Feuerungs- und Industrieofenbau

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Mischen</b>						
1994 bis 2004	12/5	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,6	0,38	0,77	10,24
	12/5	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,66	0,01	0,15	2,16
	12/5	Quarzgehalt in %	25,03	0,6	10,8	57,7
<b>Abbrucharbeiten Stemmen Meißeln</b>						
1984 bis 2002	47/22	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	7,34	1,25	5,23	14,21
	47/22	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	1,16	0,03	0,49	3,01
	44/22	Quarzgehalt in %	14,89	1,2	8,3	43,1

## 7 Expositionsdaten

Aus fünf Einzelmessungen wurde für die Quarzstaubemission ein orientierender Mittelwert von  $0,1 \text{ mg/m}^3$  ermittelt.

Der Zuschnitt von Isoliermaterialien mit geringer Rohdichte wie quarzfreie Calciumsilikatplatten oder Molersteinen (5 bis 10 % Quarz) erfolgt in der Regel trocken auf Bandsägen. Auch hier hat sich bei den wenigen Untersuchungen gezeigt, dass beim Schneiden von Molersteinen mehr Cristobalit als Quarzstaub freigesetzt wird. Die Quarzkonzentration bei nicht abgesaugten Bandsägen lag deutlich über  $0,15 \text{ mg/m}^3$ .

### 7.3.10.7 Dachdeckerarbeiten, Dacheindeckung

Tabelle 98 enthält ausschließlich Daten zum Schneiden von Dachziegeln und Betondachsteinen mit Trennschleifern – trocken und

ohne Absaugung. Bei der Betrachtung des Datenkollektivs ist zu beachten, dass Betondachsteine wesentlich mehr Quarz enthalten als Dachziegel (siehe dazu auch Abschnitt 7.3.10.1).

### 7.3.10.8 Betonbau (instationär)

Bei Einschal- und Betonierarbeiten ist die Quarzstaubexposition nach orientierenden Messungen geringer als beim Ausschalen. Bei der Reinigung der mit Trennmittel behandelten Schalungen wurden die Betonreste nach dem Ausschalen mit Schaber, Hand-, Stahlbesen und groben Bürsten entfernt. Expositionsdaten zeigt Tabelle 99.

### 7.3.10.9 Baustellenreinigung

Auf Baustellen liegen grobe stückige Abfälle, am Boden haftende und verfestigte Mörtel-

Tabelle 98:  
Expositionsdaten beim Trennschleifen von Dachziegeln und Betondachsteinen

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1990bis 1997	42/31	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	3,49	0,94	1,83	8,85
	42/31	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,81	0,13	0,36	1,42
	40/31	Quarzgehalt in %	21,61	11,0	19,7	36,6

Tabelle 99:  
Expositionsdaten im Betonbau (instationär)

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Ausschalen</b>						
1975 bis 2003	40/8	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,45	0,09	0,11	1,02
	40/8	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,001	0,004	0,04
	24/6	Quarzgehalt in %	4,27	0,6	1,7	11,4
<b>Reinigen von Schalung</b>						
1995 bis 2003	26/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,52	0,09	0,35	0,88
	26/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,01	0,003	0,01	0,02
	21/10	Quarzgehalt in %	1,95	1,0	1,5	4,6

streueste und körnige pulvrige Abfälle vor. Zur Reinigung wurden Schaber, Besen und Schaufel verwendet und das Kehrgut wurde teilweise angenässt.

Die Quarzexposition bei Reinigungsarbeiten (siehe Tabelle 100 auf Seite 238) hängt neben den Lüftungsmaßnahmen und der Art der Wasserbenetzung in erster Linie vom Quarzgehalt des staubenden Kehrgutes ab. Die Einflussparameter spiegeln sich in einer großen Streubreite der Expositionsdaten wider.

Werden für Reinigungsarbeiten Kehrmaschinen eingesetzt und wird dabei das Kehrgut

mit Wasser benetzt oder werden Handkehrmaschinen oder Industriestaubsauger verwendet, ist die Staubbelastung deutlich niedriger. Bei der differenzierten Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass die Expositionsdaten beim Einsatz von Kehrmaschinen im Freien ermittelt und Industriestaubsauger nur bei Reinigungsarbeiten im Trockenbau angetroffen wurden.

#### 7.3.10.10 Strahlarbeiten

Werden quarzhaltige Materialien wie Beton mit Quarzsand trocken gestrahlt, resultiert die Quarzstaubbelastung zu mehr als der Hälfte

Tabelle 100:  
Expositionsdaten bei der Baustellenreinigung

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Reinigen, allgemein und mit Besen, Kehren</b>						
1980bis 2003	33/20	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,38	0,16	1,24	5,93
	33/20	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,11	0,005	0,03	0,3
	28/17	Quarzgehalt in %	4,76	0,9	2,4	14,0
<b>Reinigen mit Kehrmaschine, Staubsaugen</b>						
1985bis 2003	19/11	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	0,93	0,25	0,51	1,69
	19/11	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,02	0,006	0,01	0,03
	12/7	Quarzgehalt in %	2,51	1,0	1,7	5,1

aus dem Strahlmittel. Zur Reduzierung der Quarzstaubemission wurden deshalb zum 1. Oktober 1994 quarzhaltige Strahlmittel (u.a. Quarzsand) verboten.

Bei Strahlarbeiten hängt die Staub-/Quarzstaubbelastung u.a. ab

- vom Quarzgehalt und der Beschaffenheit des Untergrundes (z.B. hart, weich),
- vom Strahlverfahren (Trocken-, Feucht-, Schlammstrahlverfahren),
- von den verwendeten Strahlgeräten,
- vom Düsendruck und Düsenabstand.

Um bei harten Untergründen (z.B. Beton) einen abrasiven Abtrag zu erhalten, wird im Powerstrahlbereich mit hohen Drücken bis zu 8 bar gearbeitet, während z.B. zur Oberflächenreinigung von Bauwerken oder Denkmälern im Niederdruckbereich von 2 bis 3 bar, dem Softstrahlbereich, gestrahlt wird.

Im Datenkollektiv der Tabelle 101 sind sowohl Freistrahlarbeiten als auch Strahlarbeiten mit Strahlgeräten und Strahlmaschinen mit Rücksaugung enthalten, z.B. das Blastrac-Kugel-Strahlverfahren oder Saugkopfstrahlgeräte, wie sie beim Schriftenstrahlen verwendet werden. Es wurden

Tabelle 101:  
Expositionsdaten bei Strahlarbeiten

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Strahlen, trocken</b>						
1975 bis 2004	90/45	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	11,7	0,56	1,75	14,03
	90/45	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,79	0,02	0,1	1,39
	86/45	Quarzgehalt in %	9,5	0,9	5,5	21,8
<b>Strahlen, feucht, nass, flüssig</b>						
1981 bis 2001	38/18	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	2,1	0,18	0,7	4,26
	38/18	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,09	0,003	0,04	0,26
	27/14	Quarzgehalt in %	6,94	0,8	4,58	14,5

quarzhaltige und quarzfreie Materialien (z.B. Stahlbauteile) z.T. feucht und z.T. trocken im Nieder- und Hochdruckbereich gestrahlt. Als Strahlmittel diente überwiegend quarzfreies Strahlmittel, aber bei den Probenahmen vor 1994 auch noch Quarzsand.

Bei Saugkopfstrahlgeräten hängt die Staubfreisetzung vornehmlich von der Abdichtung des Strahlkopfs ab. Bei sorgfältiger Abdichtung liegt die Quarzexposition beim Schriftenstrahlen unterhalb von 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Beim Feucht- oder Schlämmstrahlen wird die Staubemission erheblich von der Art und Menge der Wasserzuführung beeinflusst. Die

niedrigste Staubbelastung tritt erfahrungsgemäß beim Schlämmstrahlen auf. Beim Feuchtstrahlen von Beton mit quarzfreiem Strahlmittel (Asilikos) und einem Druck von 7 bis 8 bar wurden unter Zuführung von knapp 10 % Wasser bei Prüfstandsuntersuchungen noch Werte von bis zu 6 mg/m<sup>3</sup> Quarz in der Luft ermittelt. Noch höher ist die Quarzexposition beim Trockenstrahlen.

Zur Reduzierung der Staubbelastung werden z.B. bei Betonsanierungen anstelle von druckluftbetriebenen Strahlgeräten Flüssigkeitsstrahler mit einem Druck von ca. 2 000 bar (Höchstdruck-Flüssigkeitsstrahler) eingesetzt. Bei der Sanierung eines Betonsilos wurde

## 7 Expositionsdaten

dabei eine mittlere Quarzstaubkonzentration von  $0,5 \text{ mg/m}^3$  ermittelt. Auch wenn das Ergebnis von einer einzigen Baustelle nicht als repräsentativ betrachtet werden kann, ist nicht zu erwarten, dass die Quarzkonzentration im Aerosol bei der Bearbeitung quarzhaltiger Baustoffe mit Höchstdruck-Flüssigkeitsstrahlern unterhalb von  $0,15 \text{ mg/m}^3$  liegen wird.

### 7.3.10.11 Straßenbau

Das Abfräsen von Asphaltbelägen erfolgte mit Kaltfräsen bei Wasserberieselung des Fräsrötors. Die Expositionswerte (siehe Tabelle 102) wurden überwiegend an Großfräsen bei Arbeitsbreiten bis zu 2,0 m und nur in geringem Umfang an Kleifräsen mit Arbeitsbreiten bis zu 1,0 m gewonnen. Die

Schwankungsbreite der Expositionsdaten resultiert vornehmlich aus den unterschiedlichen Quarzgehalten der verwendeten Gesteinskörnungen. Daneben wird die Höhe der Exposition u.a. von der Witterung, den Windverhältnissen, der Frästiefe, der Vorschubgeschwindigkeit, Art und Menge der Wasserberieselung und dem technischen Zustand der Fräse beeinflusst.

Die Probenahmen erfolgten im Bedienungsstand, bei Großfräsen zusätzlich am Mitläufer. Bei der überwiegenden Zahl der Messungen wurden nur Fräsarbeiten erfasst, zu einem geringen Teil beinhalten die Ergebnisse neben Fräsarbeiten auch kurzzeitige Unterbrechungen, z.B. für die Geräteeinstellung oder kleinere Wartungsarbeiten wie Betankung und Befüllung des Wassertanks.

Tabelle 102:  
Expositionsdaten beim Fräsen im Straßenbau

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arithmetischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1999 bis 2004	146/23	A-Fraktion in $\text{mg/m}^3$	4,65	0,37	2,03	11,44
	146/23	Quarz in $\text{mg/m}^3$	0,42	0,01	0,04	1,13
	112/21	Quarzgehalt in %	6,72	0,6	3,3	18,6



### 7.3.10.12 Weitere Tätigkeiten in der Bauwirtschaft

#### *Sägen von Beton*

Betonplatten wurden auf stationären Nass-trennsägen geschnitten. Teilweise wurde Frischwasser zugeführt und teilweise Wasser im Umlauf gefahren.

#### *Bohren von Beton*

Überwiegend wurden elektrisch- und druckluftbetriebene Bohrhämmer ohne Absaugung eingesetzt.

#### *Schleifen von Oberflächen*

Die Messwerte wurden überwiegend beim Abschleifen von Betonestrichen und Industriefußböden mit abgesaugten Schleifmaschinen gewonnen. Darüber hinaus beinhaltet das Datenkollektiv auch das Abschleifen von Betonestrichen mit PAK-haltigen Klebstoffresten im Zuge von Sanierungsarbeiten sowie orientierende Messungen beim Anschleifen von Fließestrichen mit und ohne Absaugung.

Fließestriche enthalten als Bindemittel Calciumsulfat und als Zuschlagstoffe im Wesentlichen Naturanhydrit und Kalksteinmehl. Anstelle von Naturanhydrit wird zum

Teil auch Quarzsand verwendet. In diesen Fällen kann beim Anschleifen Quarzstaub freigesetzt werden. In Abhängigkeit von der Restfeuchte und dem Quarzgehalt lag die Quarzkonzentration (siehe Tabelle 103 auf Seite 242) bei nicht abgesaugten Schleifmaschinen z.T. oberhalb von  $0,15 \text{ mg/m}^3$ . Bei abgesaugten Schleifmaschinen mit Staubschutzring und ansonsten gleichen Randbedingungen betrug die Konzentration hingegen weniger als  $0,015 \text{ mg/m}^3$ .

### 7.3.11 Tunnel-, Stollenbau, Durchpressungen

Die Messdaten wurden ausschließlich bei Ausbruchs- und Sicherungsmaßnahmen von Tunnel- und Stollenbauten ermittelt, die nach der sogenannten Spritzbetonbauweise – eine Weiterentwicklung der „Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“ (NÖT) – erstellt wurden. Die Messdaten von Tunnelauffahrungen mit Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) und von Durchpressungen sowie die möglichen Quarzkonzentrationen beim Einbau der Innenschale sind nicht berücksichtigt.

Die Quarzkonzentration in der Atemluft hängt wesentlich vom Quarzgehalt im zu durchörternden Gestein ab. Diese Größe ist in der Regel nicht zu beeinflussen. Von weiterer Bedeutung ist das gewählte Abbauverfahren

Tabelle 103:  
Weitere Expositionsdaten in der Bauwirtschaft

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
<b>Bohren, Betonsanierung</b>						
1989 bis 2004	18/9	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,01	0,57	1,07	3,07
	18/9	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,5	0,02	0,21	1,02
	17/8	Quarzgehalt in %	16,8	3,5	12,7	31,3
<b>Sägen von Beton</b>						
1975 bis 2000	39/11	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	3,92	0,61	2,15	7,18
	39/11	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,07	0,01	0,03	0,2
	30/10	Quarzgehalt in %	4,25	0,5	1,0	10,6
<b>Schleifen von Oberflächen</b>						
1976 bis 2003	41/19	A-Fraktion in $\text{mg}/\text{m}^3$	2,16	0,24	0,99	4,84
	41/19	Quarz in $\text{mg}/\text{m}^3$	0,08	0,01	0,04	0,19
	37/17	Quarzgehalt in %	6,82	0,6	2,9	19,7

wie z.B. Spreng-, Fräs- oder Baggervortrieb. Auch hier sind die technischen und wirtschaftlichen Parameter von großer Bedeutung für die Bestimmung des Verfahrens.

Weitere Einflussgrößen auf die Quarzkonzentration in der Atemluft sind die Wahl des geeigneten Spritzbetonverfahrens (Nass- statt Trockenspritzen), Verwendung quarzärmer Zuschlagstoffe, Effizienz der

Tunnelbelüftung und die Staubbeseitigungsmaßnahmen, z.B. Benässung des Ausbruchs, Staubabsaugung und Filterung an der Emissionsquelle, sowie Fahrbahnpflege.

Die in Tabelle 104 dargestellten Parameter sind Schichtmittelwerte. Die durchschnittliche Arbeitsschicht betrug in den Jahren von 1996 bis 1999 noch 10,5 Stunden/Arbeitstag. Sie sank in den Jahren von 2000 bis 2004

Tabelle 104:

Expositionsdaten im Stollen-, Tunnel-, Schachtbau, Durchpressungen – Spritzbetonbauweise

Zeitraum	Anzahl der Messdaten/ Betriebe	Stoffidentität Dimension	Arith- metischer Mittelwert	10%- Wert	50%- Wert	90%- Wert
1996 bis 1999	226/41	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	4,9	1,13	3,6	10,2
	226/41	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,02	0,1	0,33
	226/41	Quarzgehalt in %	4,39	0,8	2,3	11,7
2000 bis 2004	181/43	A-Fraktion in mg/m <sup>3</sup>	3,77	0,5	1,82	8,5
	181/43	Quarz in mg/m <sup>3</sup>	0,15	0,01	0,05	0,31
	181/43	Quarzgehalt in %	4,66	0,8	2,4	11,5

leicht auf durchschnittlich 10,3 Stunden/  
Arbeitstag.

In den Jahren 2000 bis 2004 ist für die Feinstaubkonzentration eine Abnahme festzustellen. Dies lässt sich im Wesentlichen durch den vermehrten Einsatz des Nassspritzverfahrens, bessere Belüftung und verstärkte Staubniederschlagungsmaßnahmen erklären. Insgesamt liegt die Konzentration des 90%-Wertes aber immer noch über dem Grenzwert.

### 7.3.12 Spezialtiefbau

Zu den wesentlichen Arbeiten im Spezialtiefbau zählen die Herstellung von Spund-

wänden, Trägerbohrwänden, Schlitzwänden und Bohrpfahlwänden sowie das Bohren und Setzen von Ankern. Aufgrund der Arbeitsweise kommt es bei diesen Verfahren nur zu geringen Staubfreisetzungen. Bei Ankerbohrarbeiten ist zu unterscheiden, ob die Ankerbohrung mit Luft- oder mit Wasserspülung durchgeführt wird. Während im ersteren Fall mit erheblichen Staubbelastungen zu rechnen ist, wird das Bohrklein beim Einsatz einer Wasserspülung im Wasser gebunden und es kommt zu keiner bzw. nur zu einer minimalen Staubbildung.

Es wurden mehrere Staubmessungen bei Pfahlbohrarbeiten mit Drehbohrgeräten sowie bei Ankerbohrarbeiten mit Bohrgeräten

mit Luftspülung durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen, dass es bei der Herstellung von Betonpfählen im Drehbohrverfahren nur zu geringen Staubfreisetzungen kommt. Beim Bohren für Anker wird die Freisetzung von Staub und Quarzstaub durch die Spülung mit Druckluft verstärkt. Der Quarzgehalt der in den Bohrtiefen angebotenen Bodenarten schwankt dabei beträchtlich und ist auch regional unterschiedlich hoch. Somit sind Vorhersagen nur in grobem Umfang möglich.

Grundsätzlich haben neben der Bodenart auch die Faktoren Wind und Witterung, die topografische Lage, die Bodenfeuchte etc. einen starken Einfluss auf die Messergebnisse. Ankerbohrungen mit Luftspülung sind mit einem hohen Risiko der Staubbelastung verbunden. Die Möglichkeiten der Verfahrensumstellung auf Wasserspülung sind deshalb baustellenbezogen zu prüfen. Beim Einbringen von Bohrungen mit Luftspülung ist eine Absaugung an der Entstehungsstelle vorzusehen.

## 8 Literatur

- [1] GESTIS-Stoffdatenbank: Stoffdatenblätter für Quarz, Cristobalit und Tridymit (jeweils aktueller Stand). Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin.  
[www.hvbg.de/bgia/stoffdatenbank](http://www.hvbg.de/bgia/stoffdatenbank)
- [2] *Matthes, S.*: Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. 4. Aufl. Springer, Berlin 1996
- [3] *Bartholomé, E., et al.* (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie. Schwefel bis Sprengstoffe. 4. Aufl. Bd. 21, S. 439-476. Verlag Chemie, Weinheim 1982
- [4] *Stöffler, D.; Arndt, J.*: Coesit und Stishovit. Höchstdruckmodifikationen des Siliciumdioxids. *Naturwissenschaften* 56 (1969), S. 100-109
- [5] *Dinger, K.; Jebens-Marwedel, H.*: Kieselsäure in der Natur. *Glastechn. Ber.* 30 (1957), S. 320
- [6] *Wright, G.W.*: The pulmonary effects of inhaled inorganic dust. In: Clayton, G.D.; Clayton, F.E. (Hrsg.): *Patty's industrial hygiene and toxicology*. Vol. I, Part A. S. 289-327. John Wiley & Sons, New York 1991
- [7] Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 68. Hrsg.: International Agency for Research on Cancer (IARC), Lyon 1997
- [8] Siliciumdioxid, -kristallin: Quarz-, Cristobalit-, Tridymitstaub (Alveolengängiger Anteil) – Nachtrag 1999. In: Greim, H. (Hrsg.): *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten*. 29. Lfg. 1999. Wiley-VCH, Weinheim 1972 – Losebl.-Ausg.
- [9] Quarz (in Form alveolengängiger Stäube) (CAS-Nr.: 14808-60-7) Ausg.: 10/2002. Beschluss des AGS: Begründungen zur Bewertung von Stoffen als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend. Zul. geänd. Juli 2005.  
[www.baua.de](http://www.baua.de), Rubrik Gefahrstoffe
- [10] *Bonnermann, R.*: Silikose und Silikotuberkulose. Entschädigung – Rehabilitation – Prävention. Teil 1: Kompaß (1992) Nr. 2, S. 60-66; Teil 2: Nr. 3, S. 118-123
- [11] BG-Statistiken für die Praxis. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2003 und 2004

- [12] Zentrales Informationssystem der Gesetzlichen Unfallversicherung (ZIGUV) beim Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin
- [13] Winkel, A.: Über die Staubmessung am Arbeitsplatz und ihre gewerbehygienische Bedeutung. Staub 20 (1960) Nr. 5, S. 156-160
- [14] Winkel, A.: Die Beurteilung der Staubgefahren durch gravimetrische Messungen am Arbeitsplatz. Staub 24 (1964) Nr. 1, S. 1-8
- [15] Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen. Mitteilung IX der Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg 1973
- [16] Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen. Mitteilung VII der Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg 1971
- [17] Schütz, A.: Der MAK-Wert für Quarzfeinstaub unter dem Gesichtspunkt der Verhältnisse in der obertägigen Industrie. Staub – Reinhalt. Luft 31 (1971) Nr. 11, S. 443-448
- [18] Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen. Mitteilung XII der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg 1976
- [19] Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Mitteilung XIX der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Verlag Chemie, Weinheim 1983
- [20] Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe: MAK-Wert (TRGA 900). BArbBl. (1983) Nr. 10, S. 45/88
- [21] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz. Luftgrenzwerte – MAK und TRK (TRGS 900). Carl Heymanns, Köln 1995
- [22] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 23. Dezember 2004. BGBl. I (2004), S. 3758; zul. geänd. BGBl. I (2006), S. 1577
- [23] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV (TRGS 906). Ausg. 7/2005. BArbBl. (2005) Nr. 7, S. 79-80, ber. BArbBl. (2005) Nr. 10, S. 78. [www.baua.de](http://www.baua.de), Rubrik Gefahrstoffe

[24] DIN EN 481: Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel (9/1993). Beuth, Berlin 1993

[25] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 10/2000. Zul. geänd. BArbBl. 5/2004, berichtigt BArbBl. 7/8-2004. [www.baua.de](http://www.baua.de), Rubrik Gefahrstoffe

[26] Richtlinie 67/548/EWG des Rates vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe. ABl. EG Nr. L 196, S. 1; zul. geänd. durch Richtlinie 99/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 1999. ABl. EG Nr. L 199, S. 57; zul. angepasst durch Richtlinie 2004/73/EG der Kommission vom 29. April 2004. ABl. EG Nr. L 152, S. 1

[27] Richtlinie 2004/37/EG des europäischen Parlaments und des Rates über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Karzinogene oder Mutagene bei der Arbeit. ABl. EG (2004) Nr. L 158, S. 50 vom 30. April 2004

[28] Zien, H.; Pitzko, S.; Thürmer, H.: Stäube an Arbeitsplätzen in der DDR, Umrechnungsfaktoren der Messverfahren,

Messergebnisse für mineralische (asbestfreie) Stäube, Bewertung. BIA-Report 5/96. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996

[29] Siekmann, H.; Blome, H.: Auswirkungen der Europäischen Norm EN 481 auf die Probenahme von Partikeln in der Luft in Arbeitsbereichen. Staub – Reinhalt. Luft 54 (1994) Nr. 3, S. 95-98

[30] DIN ISO 7708: Luftbeschaffenheit – Festlegung von Partikelgrößenverteilungen für die gesundheitsbezogene Schwebstaubprobenahme (1996). Beuth, Berlin 1993

[31] Deutsche Forschungsgemeinschaft: Quarz, Analytische Methoden, Luftanalysen. In: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Bd. 1, S. D1, 8. Lfg. Hrsg.: Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 1993

[32] Quarz (Kennzahl 8522). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 34. Lfg. IV/2005. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1989 – Losebl.-Ausg. [www.bgia-arbeitsmappedigital.de/8522](http://www.bgia-arbeitsmappedigital.de/8522)

- [33] *Heidermanns, G.*: Zur phasenkontrastmikroskopischen Quarzanalyse staubförmiger Proben unter besonderer Berücksichtigung schwach doppelbrechender Minerale. Staub – Reinhalt. Luft 27 (1967) Nr. 12, S. 546-550
- [34] *Schmidt, G.*: Die Routinebestimmung von freier Kieselsäure im Phosphorsäureaufschluß. Staub 20 (1960) Nr. 11, S. 404-411
- [35] *Talvitie, N.A.*: Determination of quartz in presence of silicates using phosphoric acid. Anal. Chem. (1951) Nr. 4, S. 623-626
- [36] *Barth, T.F.W.; Correns, C.W.; Eskola, P.*: Die Entstehung der Gesteine. Ein Lehrbuch der Petrologie. Springer, Berlin 1970
- [37] *Heidermanns, G.*: Quarzgehalte in technisch genutzten Gesteinen. Kennzahl 140 210. In: BGIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1985 – Losebl.-Ausg. [www.bgia-handbuchdigital.de/140210](http://www.bgia-handbuchdigital.de/140210)
- [38] *Rösler, H.J.*: Lehrbuch der Mineralogie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1979
- [39] *Burkart, W.; Schmotz, K.*: Handbuch für das Schleifen und Polieren. 4. Aufl. Eugen Leuze, Saulgau 1974
- [40] *Bartholomé, E., et al.* (Hrsg.): Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Korrosion bis Lacke. 4. Aufl., Bd. 15, S. 439-476. Verlag Chemie, Weinheim 1978
- [41] *Heidermanns, G.*: Quarzgehalte in Arbeits- und Hilfsstoffen. Kennzahl 140 220. In: BGIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1985 – Losebl.-Ausg. [www.bgia-handbuchdigital.de/140220](http://www.bgia-handbuchdigital.de/140220)
- [42] *Bartholomé, E., et al.* (Hrsg.): Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie. 4. Aufl. Bd. 21, S. 417 ff., Verlag Chemie, Weinheim 1978
- [43]  $(\text{SiO}_2)_x$ , Quarz, Fraktionen. Informationsschrift der Valentin Busch KG Quarzwerk, Schnaittenbach, 1973
- [44] *Vogler, H.*: Gewinnungsstätten von Festgesteinen in Deutschland. Hrsg.: Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld 1999



- [45] *Horowitz, I.*: Oberflächenbehandlung mittels Strahlmitteln. Bd. 1. Forster, Zürich 1976
- [46] *Heidermanns, G.*: Ersatzstoffe für silikogene Strahlmittel. Kennzahl 140 250. In: BGIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1985 – Losebl.-Ausg. [www.bgia-handbuchdigital.de/140250](http://www.bgia-handbuchdigital.de/140250)
- [47] Unfallverhütungsvorschrift BGV D26 „Strahlarbeiten“ (bisher VBG 48). Vom 1. April 1994, in der Fassung vom 1. Januar 1997, Ausgabe 1999, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin bzw. Carl Heymanns Verlag KG, Köln, 1999
- [48] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Betreiben von Arbeitsmitteln (BGR 500). Ausg. 10/2004, aktualisiert 7/2005. Carl Heymanns, Köln 2004
- [49] Quarzsand, Produktion und Einsatz. Werbematerial der Fa. Quarzwerke
- [50] *Stopford, C.M.*; *Stopford, W.*: Respirable quartz content of farm soils. Appl. Occup. Environm. Hyg. 10 (1995) Nr. 3, S. 196-199
- [51] Staubemissionen bei Kehrfahrzeugen. Pilotprojekt bei den Berliner Stadtwerken abgeschlossen. Bericht über das Projekt Nr. 1124 des Umweltbundesamtes, Berlin. In: Umwelt (1995) Nr. 9, S. 320-322
- [52] Cristobalit, Produktion und Einsatz. Werbematerial der Fa. Quarzwerke
- [53] *Binde, G.*: Sind Hochtemperaturglasfasern eine Alternative für Keramikfasern? VDI-Berichte Nr. 1776, S. 49-54. VDI, Düsseldorf 2003
- [54] *Binde, G.*; *Bolender, T.*: Rekristallisation und Cristobalitbildung in Hochtemperaturglasfasern (AES) nach thermischer Belastung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 62 (2002) Nr. 6, S. 273-278
- [55] BG/BIA-Empfehlungen Herstellung und Transport von Asphalt (Kennzahl 1029). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 26. Lfg. III/2001. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Berlin 1989 – Losebl.-Ausg.