

Die Nachweisbarkeit von Quarz-A-Staub bei Arbeitsplatzmessungen

M. Mattenklott

Zusammenfassung Die Nachweisgrenze der Bestimmung von Quarz-A-Staubkonzentrationen bei Arbeitsplatzmessungen wird außer durch die Probenahmebedingungen wesentlich durch die A-Staub-Konzentration bestimmt. Generell ist festzuhalten, dass die Nachweisgrenze nicht niedriger sein kann als ein Hundertstel der A-Staub-Konzentration im zu beurteilenden Arbeitsbereich. Bezogen auf übliche Staubbelastungen wird die real erreichbare Nachweisgrenze häufig bei etwa 0,015 mg/m³ liegen. Unterhalb dieses Wertes liegt bereits der Übergang zur ubiquitären bzw. außerberuflichen Quarzbelastung im Bereich von etwa < 0,001 bis 0,010 mg/m³. Bei Arbeitsplatzmessungen scheint eine Quarz-A-Staub-Konzentration von 0,015 mg/m³ unter den zu beachtenden Rahmenbedingungen als vertretbare pragmatische Abgrenzung beruflicher von ubiquitärer Quarzstaubbilastung herangezogen werden zu können.

Detectability of respirable quartz dust in workplace air measurements

Abstract The detection limit for respirable quartz dust in workplace measurements is not only influenced by sampling conditions but also, considerably, by the concentration of the respirable dust. Generally, the detection limit cannot be lower than one hundredth of the respirable dust concentration in the working area to be assessed. In view of typical dust loads the detection limit actually achievable will often be around 0,015 mg/m³. At lower concentrations the range of ubiquitous/non-occupational exposure to quartz of about 0,001 to 0,010 mg/m³ begins. Taking into account the conditions required for workplace measurements, a respirable quartz dust concentration of 0,015 mg/m³ appears to be an acceptable and pragmatic value suitable to be applied in order to differentiate occupational and ubiquitous quartz dust exposures.

1 Einleitung

Quarz-A-Stäube, die in Arbeitsbereichen auftreten, können mit personengetragenen oder auch ortsfesten Probenahmen erfasst werden. Generell ist der personengetragenen Probenahme der Vorzug zu geben. Bei Einsatz eines solchen Probenahmesystems mit einem Volumenstrom von 10 l/min kann unter idealen Bedingungen (Auftreten reiner Quarzstäube) bei einer zweistündigen Probenahme eine Nachweisgrenze von 0,008 mg/m³ erreicht werden. Bei ortsfester Probenahme, z. B. mit dem System PM 4F mit einem Volumenstrom von 4 m³/h, können sogar 0,001 mg/m³ erreicht werden [1]. Unter realen Arbeitsplatzbedingungen sind diese niedrigen Werte jedoch in der Regel nicht realisierbar, da die Nachweisgrenze auch von der Höhe der A-Staub-Konzentration abhängt [2]. Dieser Zusammenhang wird im Folgenden erläutert. Des Weiteren ist zu fragen, in welcher Weise eine Abgrenzung von beruflicher Quarzexposition und ubiquitärer Quarzbelastung vorgenommen werden kann.

Dr. rer. nat. Markus Mattenklott,

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,
Sankt Augustin.

2 Einfluss der A-Staub-Konzentration auf die Nachweisgrenze der Quarzbestimmung

Unter den für die analytische Auswertung idealen Bedingungen, das heißt, beim Vorliegen reiner Quarzstäube, verbessert sich die relative Nachweisgrenze, je länger die Probenahmedauer ist. In **Tabelle 1** ist dies in den entsprechenden Spalten „reiner Quarzstaub“ abzulesen.

Zumeist liegt der Quarzgehalt in realen Arbeitsplatzstäuben im Mittel jedoch zwischen ca. 2 und 10 Masse-% und erreicht nur in wenigen Bereichen Massenanteile von über 20 %. Quarz ist somit üblicherweise nur ein untergeordneter Anteil der Staubgesamtmasse. Für die analytische Bestimmung von Quarz mittels Röntgenbeugung (RB) und Infrarotspektroskopie (FTIR) – für beide Methoden bestehen anerkannte Standardanalysenverfahren – kann nur eine bestimmte Staubmenge einer Luftprobe eingesetzt werden (RB: ca. 2,5 mg; FTIR: ca. 1 mg). Sobald die auf dem Filter gesammelte Staubmasse die für die Analyse notwendige Menge übersteigt, kann nur noch ein Teil des gesammelten Staubes analysiert werden. Da sich die absolute Nachweisgrenze jeweils nur auf die analysierte Masse bezieht, steigt diese bezogen auf die gesamte Probe mit zunehmender Filterbeladung. Die erhoffte Reduzierung der Nachweisgrenze durch eine längere Probenahmedauer wird dadurch kompensiert. In der Praxis bedeutet dies, dass sich die Nachweisgrenze oberhalb einer gewissen Probenahmedauer nicht mehr ändert. **Tabelle 1** und **Bild 1** zeigen diesen Zusammenhang für verschiedene A-Staub-Konzentrationen. Da die absolute Nachweisgrenze der anerkannten Analysenverfahren für Quarz bei etwa 1 Masse-% liegt, ergibt sich für die Praxis eine einfache Regel: Die relative Nachweisgrenze der Bestimmung von Quarz bei Luftmessungen kann nicht niedriger sein als ein Hundertstel der A-Staub-Konzentration im zu beurteilenden Arbeitsbereich. Das heißt: Beträgt die A-Staub-Konzentration in einem Arbeitsbereich z. B. 3 mg/m³, kann die Nachweisgrenze der Quarzbestimmung den Wert von 0,03 mg/m³ nicht unterschreiten, unabhängig davon, welches Probenahmegerät eingesetzt, welche Probenahmedauer festgelegt und welches Analysenverfahren eingesetzt wird (siehe **Tabelle 1** und **Bild 1**).

Die Höhe der in Arbeitsbereichen verschiedener Branchen auftretenden A-Staub-Konzentration ist zusammengefasst in **Tabelle 2** wiedergegeben. Anhand der aufgeführten 50-%- und 90-%-Werte der A-Staub-Belastungen lässt sich abschätzen, welche relativen Nachweisgrenzen bei der Quarzbestimmung häufig zu erwarten sind. Betrachtet man die Branchen, in denen Quarzexpositionen eine größere Rolle spielen (Bauwirtschaft, Bergbau, chemische Industrie, Gießereien, keramische und Glasindustrie, Kraftwerke, Steinerden-Industrie) ergibt der Median der 50-%- und 90-%-Werte eine Spanne von rund 0,7 bis 2,4 mg A-Staub/m³. Bezogen darauf würde die Nachweisgrenze der Quarzbestimmung bei rund 0,007 bis 0,024 mg/m³ liegen. Auch wenn die Mittelung über unterschiedliche Branchen sehr

Tabelle 1. Relative Nachweisgrenzen für die Bestimmung von Quarz-A-Staub in Luftproben bei verschiedenen A-Staub-Konzentrationen im Vergleich.

Probenahmedauer in h	Relative Nachweisgrenze für Quarz-A-Staub in mg/m ³ bei Probenahme mit									
	PM 4F ¹⁾					FSP 10 ²⁾				
	reiner Quarzstaub	A-Staub-Konzentration in mg/m ³				reiner Quarzstaub	A-Staub-Konzentration in mg/m ³			
		0,5	1,5	3,0	6,0		0,5	1,5	3,0	6,0
0,25	0,040	0,040	0,040	0,040	0,060	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
0,5	0,020	0,020	0,020	0,030		0,033	0,033	0,033	0,033	0,060
1	0,010	0,010	0,015			0,017	0,017	0,017	0,030	
2	0,005	0,005		0,0083		0,0083	0,015	0,030		
4	0,003		0,0042	0,005		0,015				
6	0,002	0,0028	0,005				0,015			
8	0,001	0,0021		0,005		0,015				

¹⁾ Volumenstrom 4 m³/h; Analyse mittels Röntgenbeugung

²⁾ Volumenstrom 0,6 m³/h; Analyse mittels Infrarotspektroskopie

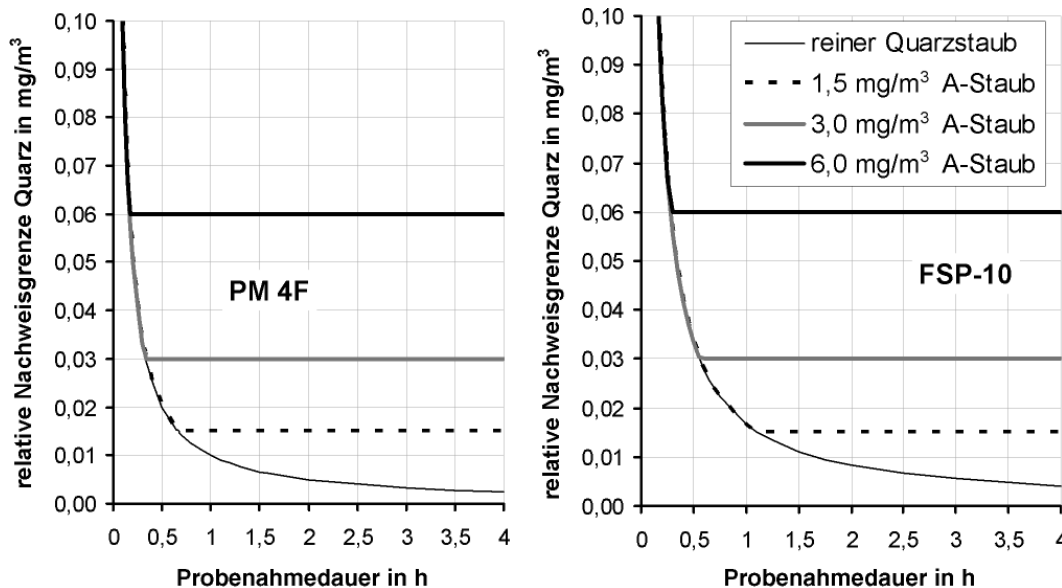


Bild 1. Relative Nachweisgrenzen für die Bestimmung von Quarz-A-Staub-Konzentrationen von Luftproben in Abhängigkeit von der A-Staub-Konzentration und der Probenahmedauer (PM 4F: Volumenstrom 4 m³/h, Analyse mittels Röntgenbeugung; FSP-10: Volumenstrom 0,6 m³/h, Analyse mittels Infrarotspektroskopie).

Branche	A-Staub-Konzentration in mg/m ³	
	50-%-Wert	90-%-Wert
Bauwirtschaft	2,0	14,5
Bergbau	0,2	0,5
Chemische Industrie	0,5	2,3
Gießereien	0,8	2,4
Holz- und Kunststoffindustrie/Handwerk	0,3	2,0
Keramische und Glasindustrie	0,6	1,3
Kraftwerke	5,2	19,7
Lederindustrie	0,2	0,9
Nahrungsmittelindustrie	0,3	1,0
Papierindustrie	< 1,0	< 1,0
Reibbelagindustrie	0,4	1,3
Steine-Erden-Industrie	0,7	3,0
Textilindustrie	0,2	0,7

Tabelle 2. A-Staub-Konzentrationen in Arbeitsbereichen verschiedener Branchen (Daten aus [3], jeweils bezogen auf alle Daten unterschiedlicher Arbeitsbereiche einer Branche).

pauschal ist, zeigt diese Betrachtung doch, dass die relativen Nachweisgrenzen der Quarzbestimmung in einer Vielzahl von Arbeitsbereichen nicht die idealen Werte erreichen werden können. Als pragmatisch in Bezug auf die gegenwärtige praktische Umsetzung erscheint deshalb ein

Wert von im Mittel 0,015 mg/m³ für die Nachweisbarkeit von Quarz-A-Staub in Arbeitsbereichen zu sein. Zu bedenken ist dabei grundsätzlich, dass Messergebnisse direkt oberhalb der Nachweisgrenze eine relativ große Unsicherheit aufweisen. Bezogen auf die genannte relative Nachweisgrenze

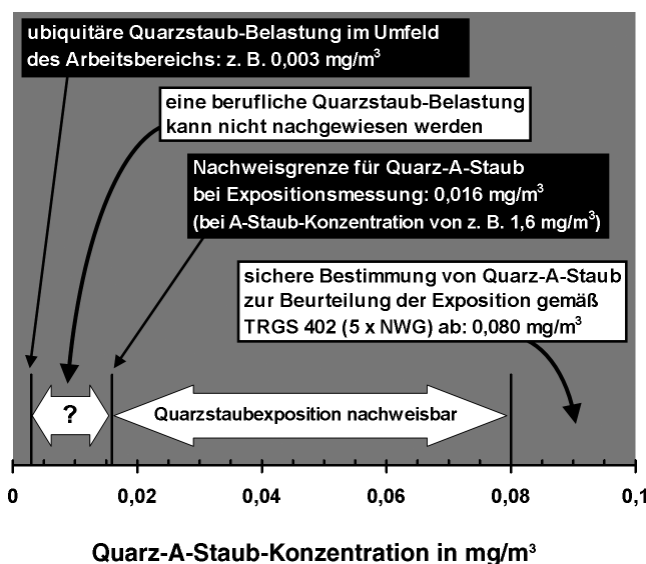


Bild 2. Beispiel für das Problem des Nachweises einer möglichen beruflichen Quarz-A-Staub-Exposition und der Abgrenzung von der ubiquitären Quarzstaubbelastung (Erläuterung im Text).

würde eine Quantifizierung der Quarzexpositionen erst oberhalb der Bestimmungsgrenze von $0,05 \text{ mg/m}^3$ üblich sein [4]. In Anbetracht der ungünstigen absoluten Nachweisgrenzen der etablierten Analysenverfahren werden Messergebnisse für Quarz-A-Staub in der Regel allerdings bereits oberhalb der Nachweisgrenze ausgewiesen.

Um mit Messergebnissen im Hinblick auf maßnahmauslösende Werte oder Grenzwerte sichere Bewertungen vornehmen zu können, ist nach TRGS 402 ein Abstand von mindestens dem Fünffachen zur Bestimmungsgrenze einzuhalten [5]. Wird hier ebenfalls als pragmatischer Kompromiss die Nachweisgrenze eingesetzt, ergibt sich für mögliche Beurteilungswerte aus Sicht der analytischen Machbarkeit ein unterer Wert von $0,075 \text{ mg/m}^3$.

3 Abgrenzung beruflicher Exposition von ubiquitärer Belastung

Für Quarz-A-Staub besteht zurzeit kein Arbeitsplatzgrenzwert. Da Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stäuben aus Quarz (Quarz-A-Staub) ausgesetzt sind, nach TRGS 906 [6] als krebserzeugend am Menschen bewertet sind, ist zu ermitteln, ob eine Quarz-A-Staub-Exposition besteht. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Quarz als ubiquitärer Stoff in der Atemluft allgegenwärtig ist. Zur ubiquitären Quarz-A-Staub-Belastung liegen allerdings relativ wenige konkrete Angaben vor. Die IARC-Monografie zu Quarz von 1997 stellt die verfügbaren Daten zusammen [7]. Als typische ubiquitäre Quarzstaubbelastung städtischer und ländlicher Bereiche wird eine Konzentration zwischen etwa $0,001$ und $0,01 \text{ mg/m}^3$ genannt. Beachtet man die niedrigsten bei Arbeitsplatzmessungen ermittelten Quarz-A-Staub-Konzentrationen, so überschneiden sich diese mit dem oberen Bereich der angegebenen ubiquitären bzw. außerberuflichen Belastung. Die Abgrenzung von ubiquitärer und beruflicher Belastung kann in bestimmten Fällen durch die Bestimmung der ubiquitären Quarzbelastung im Umfeld des zu beurteilenden Arbeitsplatzes erreicht werden. Allerdings sind dabei generell zwei Probleme zu erwarten. Zum einen können ubiquitäre Belastung und im

Arbeitsbereich bestimmte Exposition sehr nahe beieinander liegen bzw. sich überlappen, so dass eine Abgrenzung nicht möglich ist. Zum anderen wird bei nicht wenigen Tätigkeiten auch dann das o. g. Problem relativ hoher Nachweisgrenzen auftreten, so dass nicht festgestellt werden kann, ob eine berufliche Exposition direkt oberhalb der ubiquitären Belastung besteht (Bild 2 verdeutlicht dies an einem Beispiel). Aus praktischer Sicht scheint es deshalb sinnvoll, eine pragmatische Abgrenzung vorzunehmen, die einerseits die zu erwartende ubiquitäre Quarzstaubbelastung und andererseits die analytische Machbarkeit berücksichtigt. In Anbetracht der oben geschilderten Unsicherheit von Messergebnissen im Bereich der Nachweisgrenze und unter Berücksichtigung der in Tabelle 2 aufgeführten häufig anzutreffenden A-Staub-Konzentrationen erscheint eine Quarz-A-Staub-Konzentration von $0,015 \text{ mg/m}^3$ eine vertretbare Abgrenzung beruflicher von ubiquitärer Quarzstaubbelastung zu sein.

Eine detaillierte nach Branchen und Arbeitsbereichen gegliederte Zusammenstellung der im Berufsgenossenschaftlichen Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) seit 1972 ermittelten Quarz-A-Staub-Konzentrationen und der zugehörigen A-Staub-Konzentrationen (104 000 Messergebnis-Paare) findet sich in [8].

Literatur

- [1] *Mattenkloft, M.*: Quarz (Kennzahl 8522). In: BGI-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 14. Lfg. II/95 und 2. Lfg. X/89. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGI, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/8522
- [2] *Mattenkloft, M.*: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen (Kennzahl 6013). In: BGI-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 28. Lfg. IV/02 und 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGI, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/6013
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Allgemeiner Staubgrenzwert (TRGS 901, Lfd. Nr. 96). Ausg. 4/1997. BArbBl. (1997) Nr. 4, S. 42-53; zul. geänd. BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 55.
- [4] DIN 32645: Chemische Analytik; Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze; Ermittlung unter Wiederholbedingungen; Begriffe, Verfahren, Auswertung. Berlin: Beuth 1994.
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). Ausg. 11/1997. BArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27-33.
- [6] 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.
- [7] Silica. In: IARC Monographs of the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Vol. 68, S. 41-242. Hrsg.: International Agency for Research on Cancer (IARC), Lyon 1997.
- [8] *Bagschik, U.; Böckler, M.; Chromy, W.; Dahmann, D.; Gabriel, S.; Gese, H.; Guldner, K.; Fendler, D.; Kolmsee, K.; Kredel, P.; Kraus, J.; Mattenkloft, M.; Münch, J.; Sonnenschein, G.; Steinig, O.; Tigler, A.; Van Gelder, R.*: Quarzexposition am Arbeitsplatz. BGI-Report. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2006 (in Vorbereitung).