

Merkmale von Sand und Kriterien für die Zerkleinerung

Vom Baustoff bis zur Halbleitertechnik

Sand ist ein sehr weit verbreitetes unverfestigtes Sedimentgestein auf der Erde. Er zeichnet sich durch eine Korngröße zwischen 0,063 und 2,0 mm aus. Die mineralische Zusammensetzung kann sehr verschieden sein. Sehr viele Vorkommen bestehen aus Quarz bzw. Siliziumdioxid (SiO_2). Aufgrund seiner physikalischen und chemischen Eigenschaften wird er vor allem in der Bau- und Glasindustrie verwendet. Die analytische Bewertung der chemischen Zusammensetzung und damit die Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck setzt die Zerkleinerung des Quarzsandes voraus. FRITSCH bietet hierfür eine breite Palette an passenden Mühlen. Zur Charakterisierung der Korngrößenverteilung bietet die Firma FRITSCH Siebmaschinen und optische Messgeräte der statischen Laserstreuung und der dynamischen Bildanalyse an. Die Verfolgung und Optimierung von Mahlprozessen ist mit diesen Techniken hervorragend möglich.

Beschaffenheit von Siliziumdioxid

Der Hauptbestandteil von Quarzsand ist Siliziumdioxid (SiO_2). Die Sauerstoffatome bilden mit dem Siliziumatom in der Mitte eine Tetraederstruktur. Jedes Sauerstoffatom gehört gleichzeitig zwei Siliziumatomen. So sind die Tetraeder hochmolekular vernetzt. Dadurch bekommt Siliziumdioxid seine besondere Härte von 7 auf der Mohs Skala (vergl.: Diamant = 10) und dem extrem hohen Schmelzpunkt von 1713°C . Diese Eigenschaften ermöglichen die Verwendung beispielsweise in der Halbleiter- oder Bauindustrie. ^{[1] [2]}



Abb. 1: 20 g Sand als Ausgangsmaterial für eine Versuchsmahlung

Verwendung von Quarzsand

Der überall natürlich vorkommende Rohstoff wurde schon immer als Baumaterial und zur Herstellung von Glas verwendet. Erste textliche Nachweise zu Glas stammen aus Ugarit und sind auf etwa 1600 v. Chr. zu datieren. Über viele Entwicklungsstufen wurde es möglich, Glas kostengünstig und damit alltagstauglich herzustellen. Glas in allen Variationen findet Anwendung in nahezu jedem Bereich des Alltags. Auch erkannte man weitere Eigenschaften, die sich durch eine physikalische oder chemische Behandlung des Quarzsandes realisieren lassen. Bereits 1899 führte der Chemiker Robert Küch die ersten Schmelzversuche mit reinem Siliziumdioxid durch und konnte so reines Quarzglas herstellen. Chemisch reines kristallines SiO_2 zeigt einen starken piezoelektrischen Effekt, der eine Anwendung in der Halbleitertechnik und Chipherstellung findet. Allgemein bekannt ist die Anwendung als Schwingquarz in „Quarzuhren“. Die wohl aber wichtigste uns täglich umgebende Anwendung ist die Verwendung zur Herstellung von Beton.



Abb. 2: 20 g Sand gemahlen mit der P-2 nach 30 min, Achatgarnitur

Einige weitere Einsatzgebiete von Quarzsand sind:

- Filtersand in Kläranlagen^[1]
- Schleifmittel in der Metallverarbeitung^[2]
- Künstliche Knochensubstanz (Medizintechnik)^[3]

Zerkleinerung von Quarzsand

Durch den spröden Charakter von Sand ist eine Zerkleinerung unproblematisch. Man muss dabei allerdings bedenken, dass Sand aufgrund seiner Zusammensetzung in der Abrasivität stark variieren kann. Um diesen Einfluss zu minimieren, wählt man typischerweise eine Mühle mit Schlagwirkung. Die FRITSCH Planeten-Kugelmühlen eignen sich besonders zu einer schnellen und wirkungsvollen Aufbereitung. Das Anwendungslabor sowie die Anwendungsberater stellten eine Reihe von Vergleichsversuchen auf, um die Mahlung bezüglich Gerätewahl, Füllmenge, Flüssigkeitszugabe und vielen weiteren Parametern, immer weiter zu optimieren. Diese internen Vergleichsversuche belegen, dass die FRITSCH **Planeten-Kugelmühlen** die FRITSCH Mörsermühle bei der Aufbereitung von Sand, sowohl durch Effektivität, als auch Mahldauer bei weitem übertreffen. Dies liegt vor allem in der Kräfte- und Energieübertragung. Planeten-Kugelmühlen sind auf den Eintrag maximaler Schlagenergie optimiert. Eine Besonderheit bietet hierbei die FRITSCH **Planeten-Mikromühle premium line**. Durch deutlich gesteigerte Drehzahl gelingt die Nassmahlung von Materialien bis in den Korngrößenbereich von einigen Nanometern.



Abb. 3: 100 g Quarzsand 5 min gemahlen, P-6, 250 ml Achatmahlbecher, 20 mm Kugeln

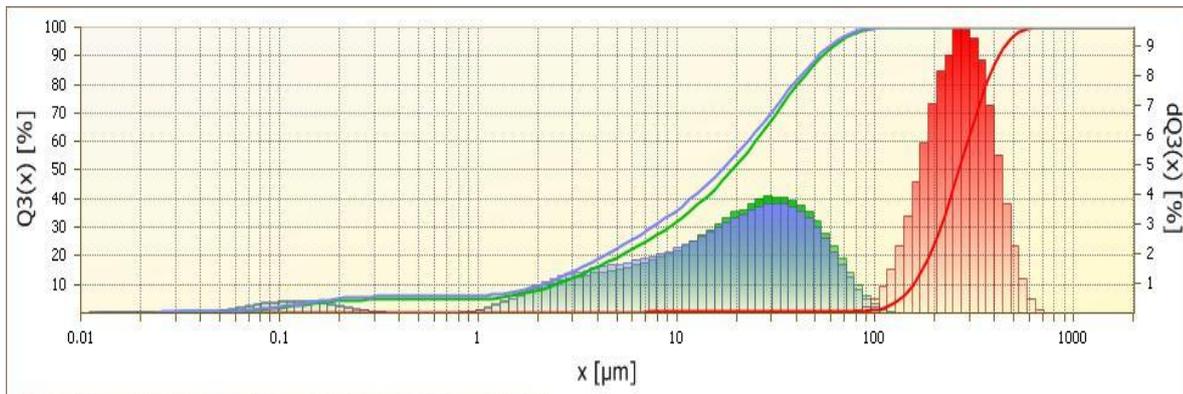
Die Aufgabenstellung

Im konkreten Fall war hochreiner Quarzsand auf eine Korngröße von weniger als 100 µm zu zerkleinern. So aufbereitet kann daraus ein Wasserglas geschmolzen werden. Das Ziel, den Eisengehalt zu bestimmen, ist dann photometrisch unkompliziert möglich. Geringste Spuren Eisen in Glas färben extrem stark und es wäre fatal, wenn z.B. Fensterscheiben oder Trinkgläser eine unkontrollierte Braunfärbung aufwiesen. Deshalb ist die Kontrolle des Eisengehaltes von Quarzsand in der Glasindustrie von großer Bedeutung.

Ursprünglich wurde eine Mörsermühle für diese Aufgabenstellung genutzt. 20 g Quarzsand sind mit der **Mörsermühle PULVERISETTE 2** mit Achatschale nach 30 Minuten analysenfein. 100 g Quarzsand sind aber auch mit der **Planeten-Monomühle PULVERISETTE 6 classic line** unter Verwendung des 250 ml Achat-Mahlbechers und 15 Kugeln mit 20 mm Durchmesser ebenfalls aus Achat in 5 Minuten auf eine vergleichbare Feinheit zu bringen.

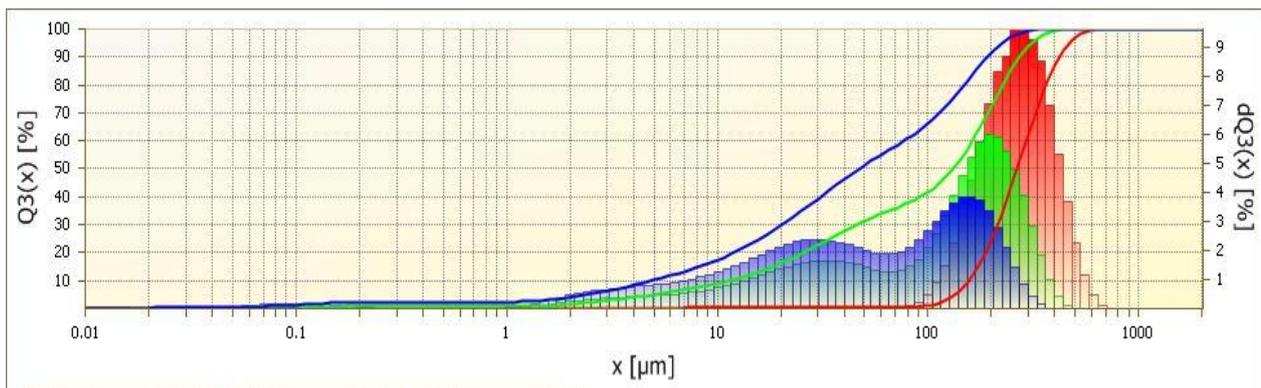
Die Messungen

Die Messungen der Korngrößenverteilung wurden mit dem **Laser-Partikelmessgerät ANALYSETTE 22** durchgeführt. Mit der statischen Lichtstreuung sind sehr schnell und effektiv Korngrößenverteilungen im Bereich zwischen 10 nm und 2 mm zu bestimmen.



- rote Kurve Quarzsand Ausgangszustand
- grüne Kurve 100 g Quarzsand 5 Minuten gemahlen in der Planeten-Kugelmühle
- blaue Kurve 20 g Quarzsand 30 Minuten gemahlen in der Mörsermühle

Eine 100 g Probe wurde gewählt, da die größere Menge besser einer repräsentativen Probe entspricht. Diese Menge ist aber mit der Mörsermühle auch in einer Stunde nicht auf eine vergleichbare Endfeinheit zu bringen.



- rote Kurve Quarzsand Ausgangszustand
- grüne Kurve 100 g Quarzsand 30 Minuten gemahlen in der Mörsermühle
- blaue Kurve 100 g Quarzsand 60 Minuten gemahlen in der Mörsermühle

Allgemein lässt sich aus den Versuchen ableiten:

- Für die schnelle Zerkleinerung von harten und spröden Materialien sind Planeten-Kugelmühle zu empfehlen
- Unter dem Gesichtspunkt einer repräsentativen Probenahme ist der Mahlbecher mit 250 ml Gesamtvolumen der Planeten-Kugelmühle zu empfehlen
- Um beim Mahlen den Eintrag störender Elemente zu vermeiden stehen Mahlgarnituren aus verschiedenen Werkstoffen zur Verfügung. Achat war im konkreten Fall unsere Empfehlung.

Quellen und weiterführende Literatur:

- [1] Werkstoffkunde 17. Aufl., W. Weißbach, Vieweg Verlag
- [2] Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik: Handbuch für Chemiker und Verfahreningenieure 2. Aufl., Springer Verlag
- [3] Chemie 10. Aufl., C. Mortimer und U Müller, Thieme Verlag

Autor: Dipl. Chem. Wieland Hopfe, Fritsch GmbH, E-Mail: info@fritsch.de

Redakteur: Leos Benes, B.Sc. Pharm. Technologie • Leiter Anwendungstechnisches Labor, E-Mail: benes@fritsch.de