

Mahlungen von Primärprodukten und Sekundärrohstoffen – Erfahrungen mit der Kreislaufmahlanlage für mineralische Schüttgüter im Aufbereitungstechnikum

Die Herstellung von Baustoffen ist in vielen Fällen sowohl auf der Rohstoff- als auch auf der Produktseite mit Mahlprozessen verbunden. Durch die Anschaffung einer Kreislauf - Mahlanlage mit Kugelmühle und Windsichter an unserer Professur im Jahre 1997 sind die Voraussetzungen geschaffen worden, die unterschiedlichsten Primär- und Sekundärbaustoffe praxisnah zu Mehlen variabler Feinheit aufzumahlen. Die gewählte Anlagengröße im Technikumsmaßstab gestattet die Simulation großtechnischer Verhältnisse und die Herstellung größerer Produktmengen für umfangreiche baustofftechnische Untersuchungen.

Lassen Sie mich zunächst einige Worte zum Aufbau und zur Funktionsweise der Kugelmahl-Sicht-Anlage sagen:



Abb.1: Mahltrommel der Kugelmühle



Abb. 2: Blick in den geöffneten Windsichter

Das Aufgabegut - hier ist aus technologischen Gründen eine Größtkornbegrenzung von 10 mm gegeben- wird aus einem Vorlagebehälter direkt in die Kugelmühle dosiert. Das Mahlgut durchläuft die Mahltrommel auf ihrer Länge und wird dabei durch die Bewegung der Mahlkörper aufgemahlen, ehe es über den peripheren Endaustrag in entsprechende Förderstränge gelangt. Es wird mittels Gurtbecherwerk überhoben und so dem Sichter zugeführt. Als Windsichter kommt ein Kanalradsichter mit horizontal gelagerter Sichtradachse zum Einsatz. Über die Drehzahl des Stabkorbsichterrades, die stufenlos zwischen 1.150 und 11.500 U/min. regelbar ist, wird die Feinheit des Endproduktes bestimmt. So können Produktfeinheiten zwischen 4...100 µm Größtkorn erzielt werden. Im Sichter wird das Material von einem Luftstrom erfaßt und zum Sicherterrad geführt. Die groben Bestandteile werden am Sicherterrad abgewiesen, das hinreichend feine Gut gelangt durch das Sichtrad hindurch. Während das Sichtergröbgut durch Schwerkraft in die Mühle zurückläuft, wird das Feingut pneumatisch zur Vorabscheidung in den Zyklon, der über einen Abscheidegrad von etwa 95 % verfügt, transportiert. Der Feinststaub gelangt über eine Rohrleitung in eine Textilschlauchfilteranlage und wird dort vom Luftstrom getrennt. Feingut und Filterstaub können jeweils unterhalb des Gerätes abgegriffen werden.

Aufbau und Ausstattung der Versuchsanlage gestatten neben der Kreislaufmahlung optional auch die Betriebsweisen

- Durchlaufmahlungen ohne bzw. mit Sichtung
- durch Verschließen des Austragsspaltes der Kugelmühle Chargenmahlungen
- reine Sichtungen ohne vorherige Mahlung, indem das Aufgabegut über eine separate Rohrleitung an der Kugelmühle vorbei direkt in den Becherwerksfuß dosiert wird.

Seit der Inbetriebnahme im Herbst 1997 konnte bereits eine Vielzahl von Stoffen zerkleinert werden:

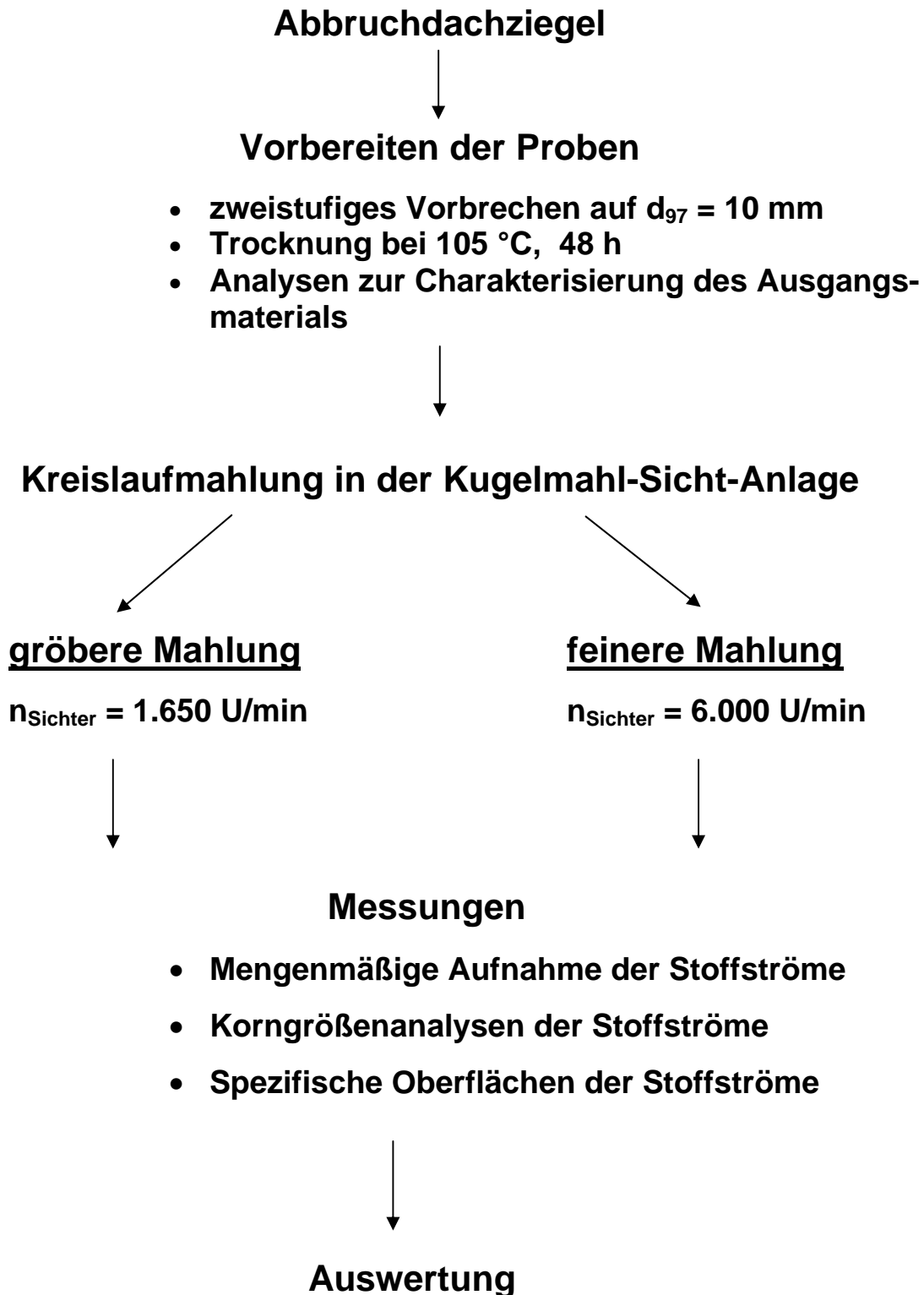
- Zementklinker
- verschiedene Filteraschen
- Zemente
- Ziegelmaterialien
- Kalkstein
- Hüttensand,

um nur einige zu nennen.

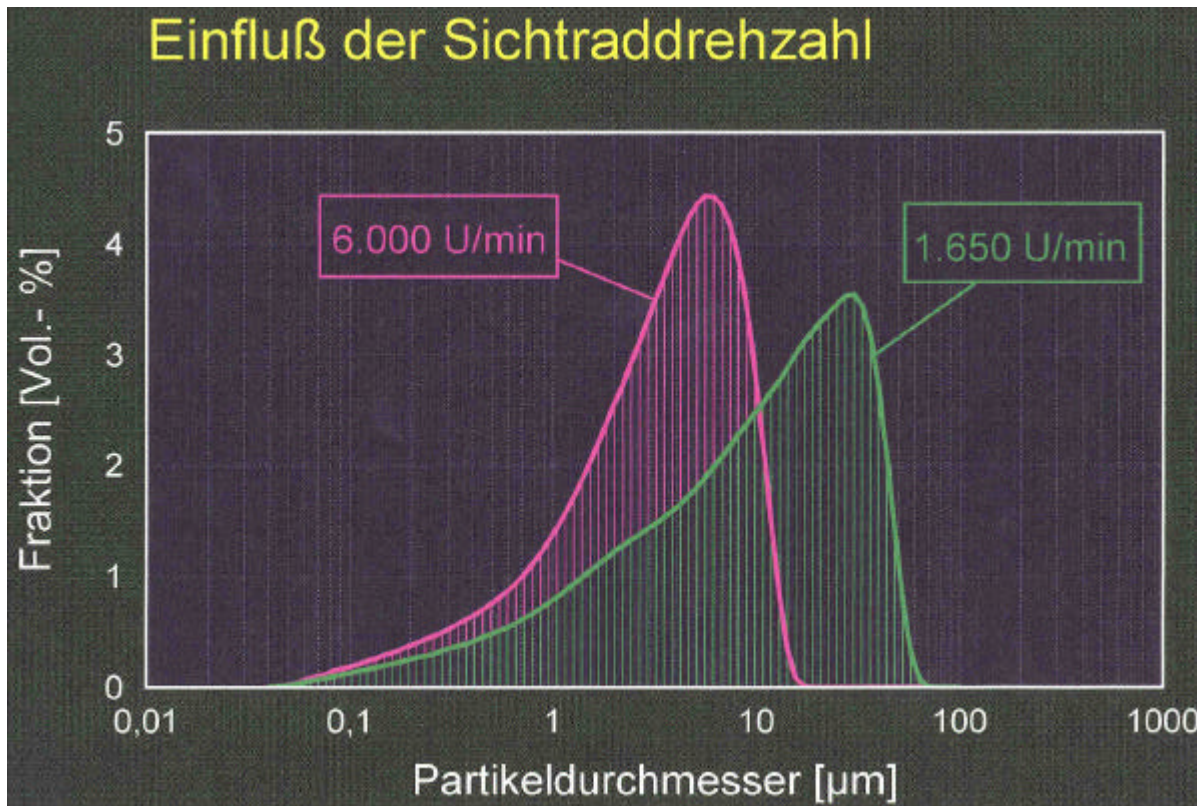
Im Rahmen von Forschungen zur Bauabfallverwertung durch Feinmahlung werden Abbruchziegelmaterialien und Altbeton gemahlen. Mineralmehle aus genannten Stoffen sollen hierbei auf ihre Verwendungsmöglichkeit als teilweiser Zementersatzstoff untersucht werden.

Neben der Verwertungsmöglichkeit sollen auch Aussagen über das Zerkleinerungsverhalten und technologische Möglichkeiten der Aufbereitung getroffen werden.

Zur Mahlung von Abbruchdachziegeln sind bereits einige Versuchsreihen durchgeführt worden, über deren Ablauf und Ergebnisse im folgenden berichtet werden soll:



Versuchsablauf zur Dachziegelmahlung



Das direkt vom Recyclingplatz angelieferte Material, welches aus einem reinen Gemisch verschiedener Dachziegelarten bestand, bedarf zunächst einer intensiven Vorbereitung, ehe es der Mahlanlage aufgegeben werden kann. So ist zunächst eine zweistufige Vorzerkleinerung mittels Backenbrecher und anschließendem Durchgang durch einen Walzenbrecher erforderlich, um die maximal zulässige Aufgabekorngröße für die Kugelmühle von 10 mm einzuhalten.

Siebanalyse und die Ermittlung der Dichten dienen der Charakterisierung des Ausgangsmaterials.

Es hat sich bei den zurückliegenden Mahlungen erwiesen, daß es für sämtliche Prozesse in der Anlage von Vorteil ist, wenn das Mahlgut trocken vorliegt. So sind wir dazu übergegangen, die Materialien vor der Aufgabe in Industrietrockenschränken bis zur Massekonstanz zu trocknen.

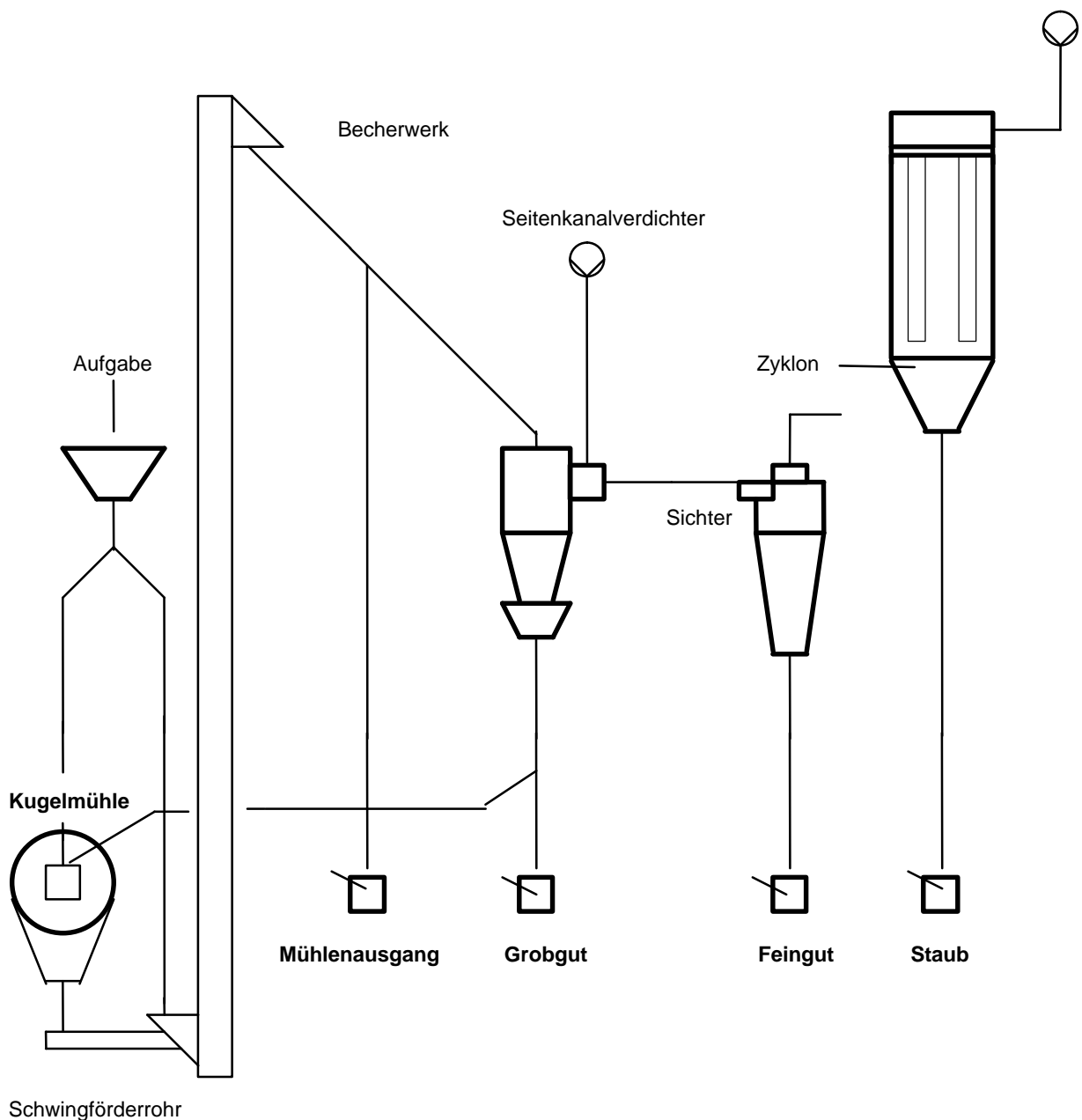
Für die Versuchsreihe war vorgesehen, das Ziegelmehl in zwei Feinheitsstufen herzustellen: einmal in etwa der Kornverteilung eines CEM I 32,5 entsprechend und einmal wesentlich feiner mit ca. 20 μm Größtkorn. Nach dieser Vorgabe wurden die Sichtraddrehzahlen gewählt, in diesem Falle 1.650 U/min für die gröbere Charge und 6.000 U/min für die feinere Charge.

Die Mahlung geschah dann als Kreislaufbetrieb entsprechend dem oben geschilderten Prinzip. Bis zum Erreichen des stationären Zustands vergehen in der Regel drei Betriebsstunden. Ab diesem Zeitpunkt kann das Feingut als Produkt angesehen werden. Sollte das Feingut mit der gewählten Sichtraddrehzahl nicht den vorgegebenen Kriterien entsprechen, muß die Drehzahl entsprechend nachreguliert werden.

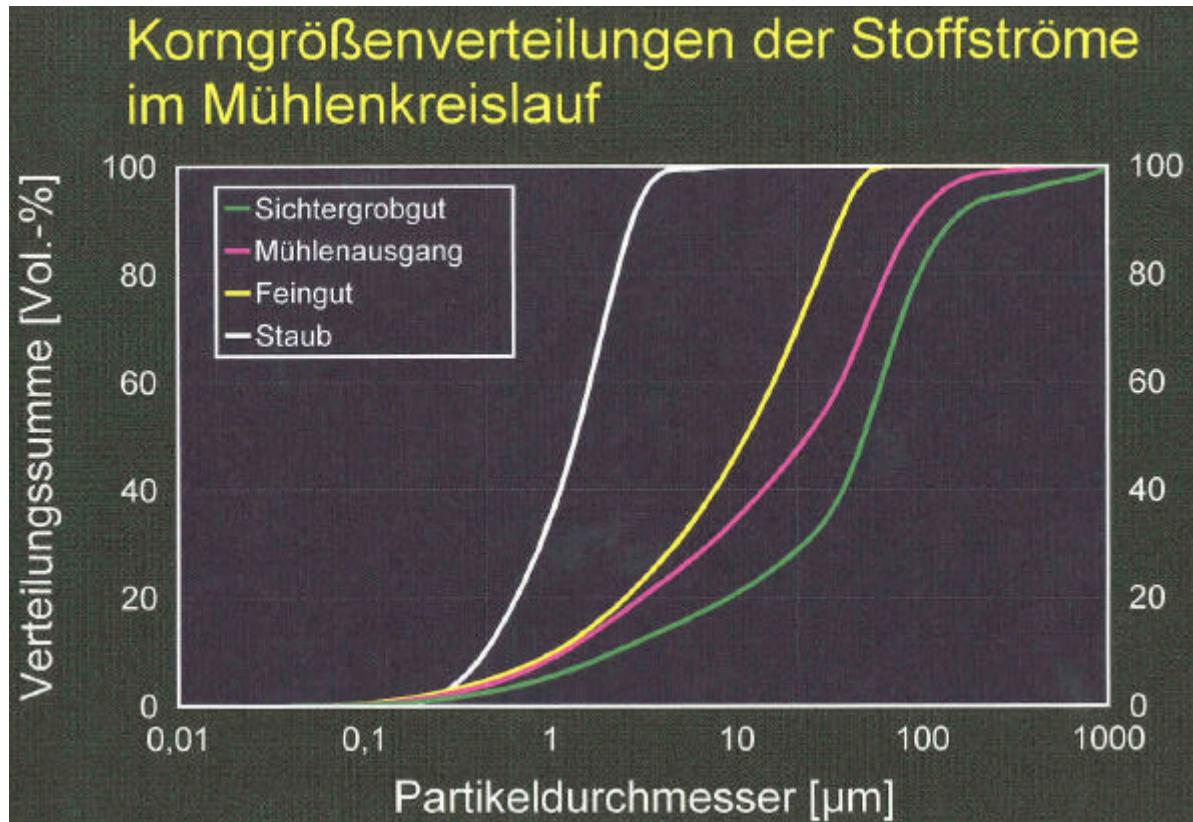
Zur Messung Feinheit der Stoffströme stehen mehrere Methoden zur Verfügung:

- **Spezifische Oberflächen nach Blaine:** gestatten zwar eine sehr schnelle Messung, aber Rückschlüsse auf die Korngrößen können nur innerhalb des jeweils betrachteten Stoffes getroffen werden. Diese Meßmethode eignet sich jedoch zur Produktionsüberwachung.
- **Korngrößenanalyse:** mittels Partikelmeßtechnik nach dem Prinzip der Laserbeugung an der Professur; gestattet differenziertere Aussagen, benötigt aber mehr Zeit und ist teurer; wird zur Produktzertifizierung genutzt

Für das Beispiel der gröberen Ziegelmahlung sollen hier einmal die Korngrößenverteilungen der einzelnen Stoffströme im Mühlenkreislauf erläutert werden:

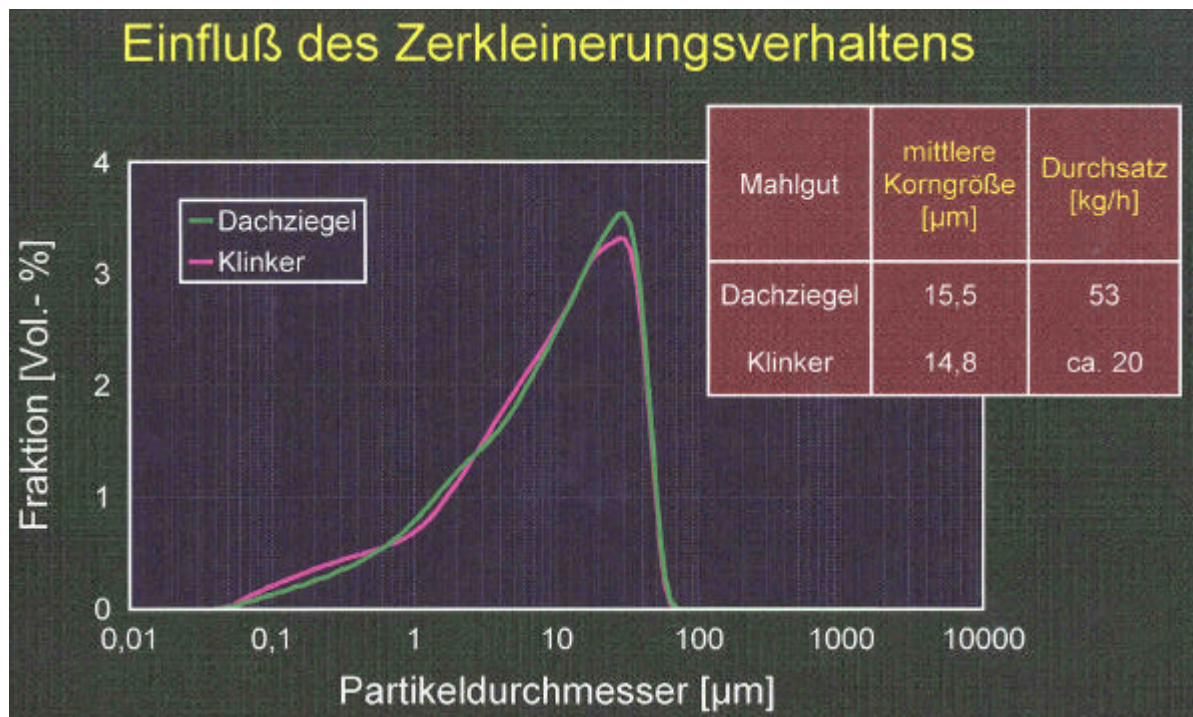


Fließschema der Kugelmahl-Sicht-Anlage



Die vier Summenkennlinien in diesem Diagramm zeigen die Korngrößenverteilungen der einzelnen Stoffströme im Kreislaufbetrieb mit Ausnahme des Aufgabestromes: (von rechts) Sichtergrubgut, Mühlenausgang, Sichterfeingut (Produkt) und Staub. Der steile Verlauf der weißen Kennlinie kennzeichnet die enge Kornverteilung des Filterstaubs, das Größtkorn liegt hier bei etwa 4 µm. Genaugenommen bilden Feingut Zyklon und Filterstaub in der Summe erst das Sichterfeingut. Im Bedarfsfalle, z.B. bei extrem hohen Produktfeinheiten besteht daher die Möglichkeit, die Vorabscheidung über den Zyklon auszuschalten und die Trennung vom Luftstrom ausschließlich in der Textilschlauchfilteranlage vorzunehmen. Der Verlauf des Stoffstromes Mühlenausgang liegt zwischen den Funktionen für das Feingut und das Sichtergrubgut, da er die Summe aus diesen beiden bildet. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist auch, daß sich im Mühlenkreislauf keine nennenswerten Größenordnungen an Teilchen über 1 mm Korngröße befinden.

Durch die Mahlungen von verschiedenen Materialien in der Kugelmahl-Sicht-Anlage läßt sich keine quantitative Angabe zur Mahlbarkeit im Sinne eines Bond'schen Wertes ableiten. Dennoch können aus den Analyseergebnissen vergleichende qualitative Aussagen zum Einfluß des Zerkleinerungsverhaltens auf den Durchsatz bei gleicher oder ähnlicher Korngrößenverteilung getroffen werden. Dies soll am Vergleich zwischen Dachziegel- und Klinkermahlung näher erläutert werden:



Da für das Ziegelmehl eine Verwendung als Zementersatzstoff angedacht ist, lag der Vergleich mit einem Zementklinkermehl nahe. Bei nahezu gleicher Korngrößenverteilung und gleicher mittlerer Korngröße von ca. 15 µm als Kennwert ergeben sich bei Betrachtung der stündlichen Durchsätze an Produkt erhebliche Unterschiede. Während bei der Dachziegelmahlung immerhin 53 kg/h an Produkt erreicht werden konnten, fielen bei der Klinkermahlung auf gleiche Feinheit nur etwa 20 kg/h an. Daraus kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß für die Herstellung eines Ziegelmehls in Zementfeinheit, also bei einem Größtkorn von etwa 80 µm und mittleren Korngrößen um 15 µm, bedeutend weniger Energie für die Mahlung aufgewendet werden muß, als bei einem vergleichbaren Zementklinkermaterial.

In den Forschungen zur Bauabfallverwertung wird neben den Ziegelmaterialien auch der Altbeton eine große Rolle spielen. Die Ermittlung seiner Zerkleinerungseigenschaften bei der Feinmahlung wird in nächster Zeit ein Schwerpunkt bei der Arbeit mit der Kreislaufmahanlage an der Professur Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung sein.