

Mahlfeinheit und Kornaufbau des Cements

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **10-11 (1942-1943)**

Heft 18

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153179>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

CEMENTBULLETIN

JUNI 1943

JAHRGANG 11

NUMMER 18

Mahlfeinheit und Kornaufbau des Cements

Die Feinheit des Cementmehls als Objekt laufender Kontrolle durch Präzisionsmessungen. Die Bedeutung der Mahlfeinheit und des Kornaufbaus für die technologischen Eigenschaften des Bindemittels. Grössenverhältnisse und Messmethoden.

Die **Feinheit** des Cementmehls ist nicht zufälliger Art. Durch Erfahrungen und Versuche weiss man, dass Bindekraft und Ausgiebigkeit, aber auch eine Reihe anderer Eigenschaften des Cements in bestimmter Beziehung zur Mahlfeinheit stehen.

Das Mahlen des Cements aus dem gesinterten Ofengut, dem sog. «Klinker», erfolgt unter beträchtlichem Energieaufwand in **Rohr-Kugelmühlen** (Abb. 1). Diese bestehen im Wesentlichen aus einer horizontal gelagerten, innen gepanzerten und drehbaren Trommel und enthalten Stahlkörper (meist Kugeln), zwischen welchen beim Drehen der Trommel der Klinker nach und nach zu einem fast unfühlbaren Mehl zerkleinert wird. Die **Zerkleinerung** des Klinkers muss soweit gehen, dass das Mehl beim späteren Gebrauch jedes Körnchen des Zuschlagsmaterials mit einer zusammenhängenden Schicht zu umhüllen und verbleibende Hohlräume auszufüllen vermag, ohne selbst wieder Anlass zu Hohlräumen zu geben. Darin, dass diese Cementhaut während des Abbinde- und Erhärtungsprozesses in sich selbst, wie auch am Zuschlagsmaterial festhaftend und bei ausreichender Dosierung dicht bindet, liegt bekanntlich die Funktion des Cements und die Mög-

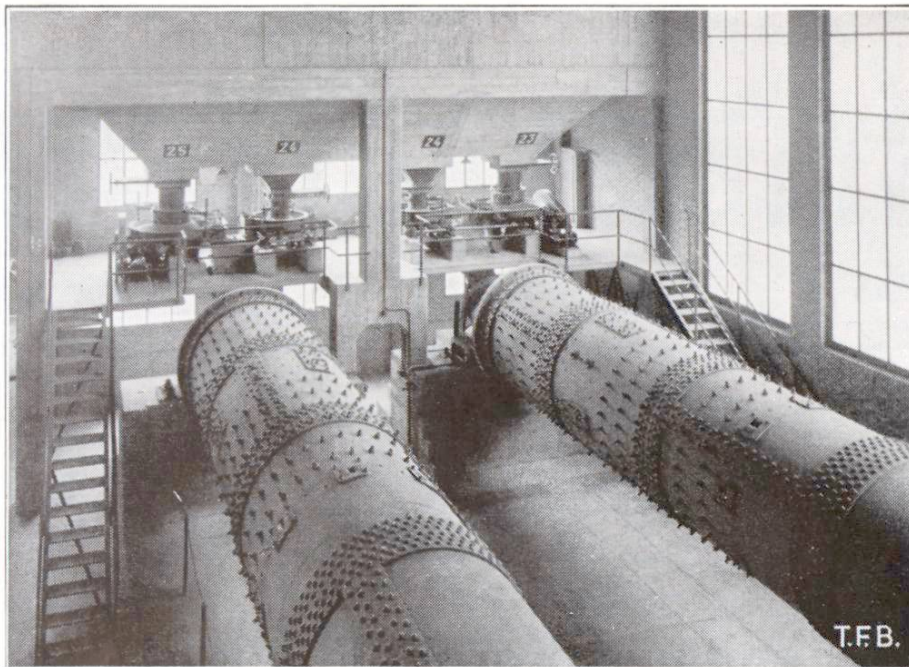


Abb. 1 Cementmühlen. Im Hintergrund Eisenbetonbehälter für Klinker und Gips

lichkeit, aus ihm Baustoffe von hervorragender Festigkeit, Dauerhaftigkeit und vollkommener Wasserdichtigkeit herzustellen.

Die Feinmahlung des Cementklinkers hat fernerhin zur Folge, dass die **Reaktionsfläche** zwischen Cement und Anmachwasser sehr stark vergrössert wird, wodurch die Reaktion (Wasserbindung = Hydratisierung) genügend rasch verläuft und die bekannten Anfangsfestigkeiten erzielt werden. Im Gegensatz zum gebrannten Kalk ist die Bindung von Wasser durch Portlandcement-Klinker äusserst langsam und erreicht folgende Tiefen

nach 24 Stunden	~	$\frac{1}{2000}$	Millimeter
„ 7 Tagen	~	$\frac{1}{500}$	„
„ 6 Monaten	~	$\frac{1}{100}$	„

Im technischen Cementmehl, in welchem Körnchen bis ca. $\frac{1}{10}$ Millimeter vorhanden sind, kann es also Jahre benötigen, bis die ganze Masse durchhydratisiert ist, worin andererseits ein Hauptgrund der **stetigen Festigkeitszunahme** liegt.

Die einzelnen Teilchen des Cementmehls sind von verschiedener Grösse oder besser von verschiedener Feinheit. Im Cement sind innerhalb eines gewissen Bereichs alle Korngrössen vertreten, und man kann daher wie beim Sand oder Kies einen **eigentlichen Kornaufbau** feststellen. Allerdings bewegt sich dieser Kornaufbau in einer ganz anderen Grössenordnung, sodass mit den üblichen Messmethoden (Siebe im Millimeter- und Centimeterbereich) naturgemäss nicht mehr auszukommen ist. Vielmehr reichen die

3 Dimensionen eines Cementkorns bis in die Tausendstel-, ja sogar Zehntausendstel-Millimeter hinab. Es verwundert daher nicht, dass die Cementtechnik bei der Wichtigkeit dieses Kornaufbaus ihre Prüf- und Messmethoden aufs Äusserste verfeinern musste.

Zur Bestimmung der Korngrössen eines Cementmehls stehen verschiedene Methoden zur Verfügung:

1. **Siebversuch.** Die feinsten Drahtsiebe gestatten indessen höchstens solche Kornfraktionen abzutrennen, die grösser als ca. $\frac{1}{15}$ mm sind. Auf einem solchen Sieb bleiben etwa 10—30 % des normalen Portlandcementes zurück, über die Kornzusammensetzung der durchgehenden 70—90 % ist durch Sieben kein Aufschluss zu erlangen (Abb. 3).
2. **Windsichtung.** Die Windsichtung beruht darauf, dass mit konstanter Geschwindigkeit bewegte Luft bis zu einer bestimmten Korngrösse alle feineren Anteile wegbläst. Je nach der Windgeschwindigkeit gelingt es Kornfraktionen bis etwa zu $\frac{1}{200}$ mm Durchmesser hinab zu trennen. Diese Methode erlaubt bereits, den grössten Bereich des Cementmehls zu untersuchen, der ca. 90 % des Korngemischs umfasst. Für die Betriebsuntersuchungen hat sich die Windsichtung ausgezeichnet bewährt, namentlich in der von F. Guye (s. Lit.) gezeigten Arbeitsweise (Abb. 4).
3. **Mikroskopische Ausmessung.** Sie beruht auf der Zählung und Ausmessung der einzelnen Cementkörnchen unter dem

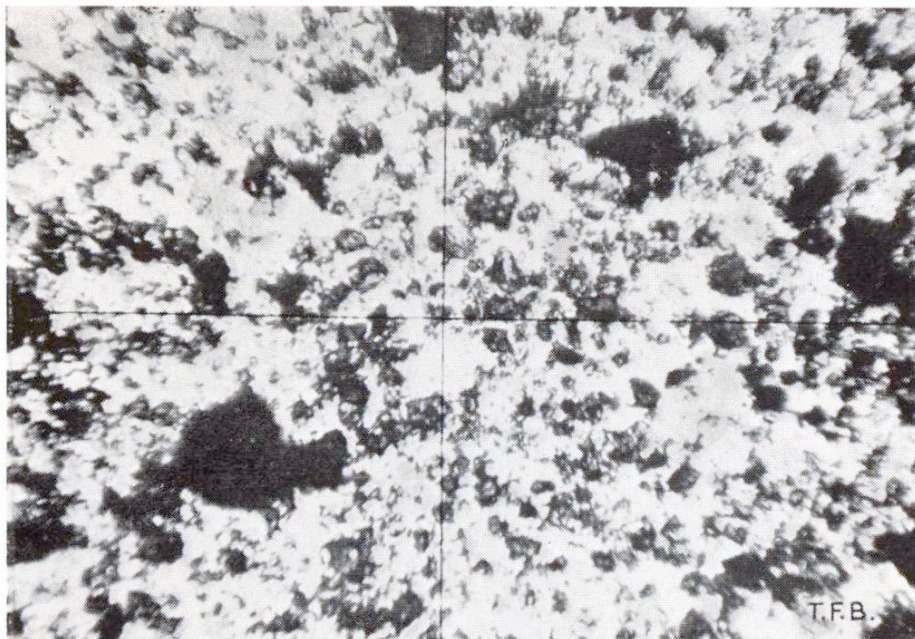


Abb. 2 Cementmehl in 125-facher Vergrösserung. Die feinsten Teilchen sind im Mikroskop nicht mehr sichtbar

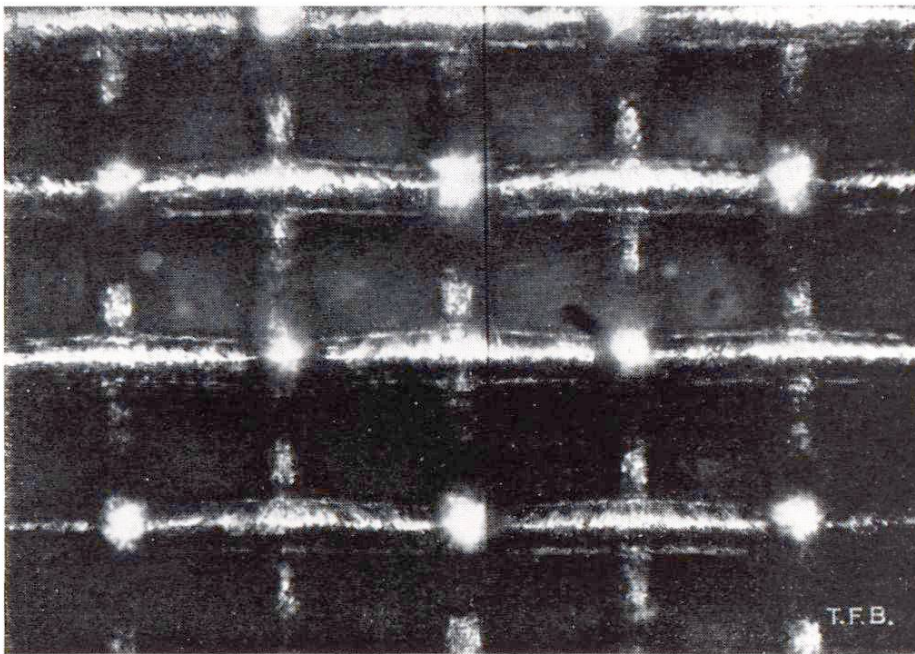


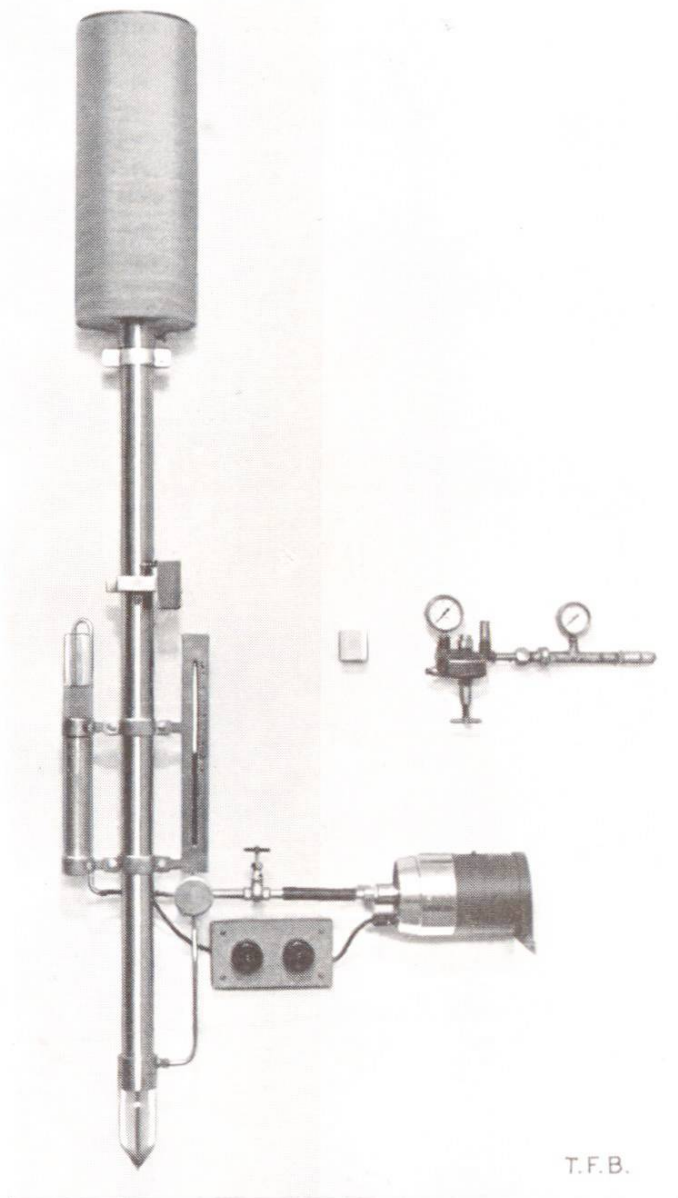
Abb. 3 Prüfsieb mit 4900 Maschen per cm^2 in 125-facher Vergrößerung

Mikroskop. Diese umständliche und zeitraubende Methode reicht bis zur Grenze der Leistungsfähigkeit des Mikroskops aus, d. h. bis zu etwa $\frac{1}{1000}$ Millimeter (Abb. 2).

4. **Sedimentation und Schlämmung.** Die Verfahren der Sedimentation und der Schlämmung benützen die Tatsache, dass in einer verdünnten Cementaufschlammung (Wasser darf wegen der Reaktion mit dem Cement nicht verwendet werden) die feineren Teilchen langsamer sinken als die gröberen. Durch geschickte Ausnützung dieses Verhaltens gelingt damit die Trennung in feinere und gröbere Fraktionen. Bei der Schlämmung, die im Prinzip der Windsichtung ähnelt, werden die feineren Teilchen durch einen aufsteigenden Flüssigkeitsstrom bestimmter Geschwindigkeit mitgerissen und können damit abgetrennt werden. Die Grenze dieser Verfahren liegt bei etwa $\frac{1}{2000}$ mm. Eine Einrichtung, welche zwar nicht die Trennung der einzelnen Fraktionen, aber in bequemer Weise die Bestimmung des Kornaufbaus erlaubt, ist der sog. Pipettenapparat von Andreasen (verbessert durch Esenwein, EMPA - siehe Abb. 5).

Aus den nach obigen Methoden ermittelten Kornzusammensetzungen des Cementmehls (Beispiel in Abb. 6) geht hervor, dass **noch feinere Teile** vorhanden sein müssen, welche den bisherigen Untersuchungen entgangen sind. Sie entziehen sich wegen ihrer ausserordentlichen Feinheit sogar der mikroskopischen Untersuchung und ebenso infolge ihrer Neigung zum Zusammenballen (Flockung) der Sedimentanalyse. Nun bot es theoretisch

5 Abb. 4 Windsicht-Einrichtung nach F. Guye. Man erkennt unterhalb des Windsichtrohres den Behälter mit der Cementprobe, die ausgeblasen wird

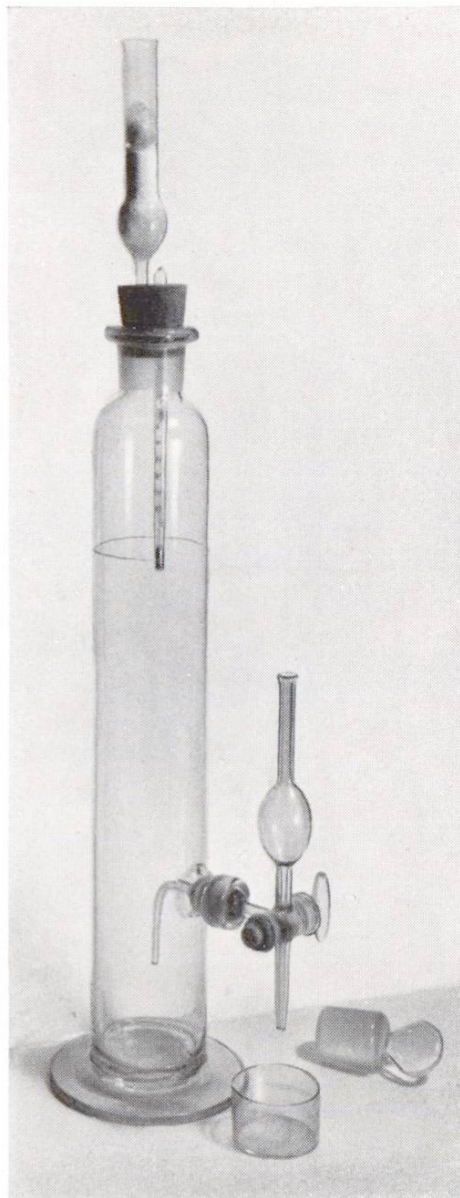


ein gewisses Interesse festzustellen, ob die Mahlkurve sich bis in den molekularen Bereich fortsetzt, bzw. ob das feinste Korn nur von kolloidalem Zerteilungsgrad ist. Über diese Frage haben erst in neuester Zeit die Beobachtungen mit dem **Elektronenmikroskop** von M. v. Ardenne einigermaßen Aufschluss gegeben (s. Haegermann, Lit.). Bei 10,000-facher Vergrößerung zeigte sich, dass der Kornaufbau des Cements eine untere Grenze hat, die in der Größenordnung von etwa einem Zehntausendstel Millimeter liegt (s. Abb. 7).

Der verhältnismässige Unterschied zwischen dem feinsten und grössten Korn in einem Cementmehl ist also recht erheblich. Deren Durchmesser dürften durchschnittlich wie etwa 1 : 2000 zu einander stehen, ihre Gewichte also wie 1 : 8 Milliarden!

Jede der Cementfraktionen hat ihre Bedeutung. Während die allerfeinsten Teilchen dem Cement Klebkraft, guten Zusammen-

6 Abb. 5 Pipetten-Apparat nach Andreasen (modif. n. Esenwein) zur Bestimmung des Kornaufbaus feinzerteilter Substanzen



halt, Geschmeidigkeit, etc. verleihen, sind die nächstfeineren ausschlaggebend für den raschen Anstieg der Festigkeiten. Die gröberen Teile tragen ebenfalls schon zu den Anfangsfestigkeiten bei, ganz besonders aber sichern sie die stetige und lange anhaltende Nacherhärtung. Abgesehen von der chemischen Zusammensetzung des Cements und anderen Faktoren spielt also die Mahlung eine bedeutende Rolle für dessen Bindekraft, weshalb auch die **Bindemittelnormen** an diese verbindliche Anforderungen stellen. Die wissenschaftliche Erforschung des Kornaufbaus hat die durch lange Versuche erworbene Erfahrung bestätigt, wonach einem bestimmten Siebrückstand ein wohldefinierter Kornaufbau zugeordnet ist, so dass also ersterer einen direkten Vergleichsmaßstab bilden kann (Gesetz von Rosin-Rammler).

In Abb. 6 ist als Beispiel eine typische Kornverteilungskurve eines Cements dargestellt. Aus ihr sind die Anteile der verschiedenen Fraktionen und auch die **mittlere Grösse des Cementkorns** leicht zu ersehen. Die letztere beträgt etwa $\frac{1}{40}$ Millimeter.

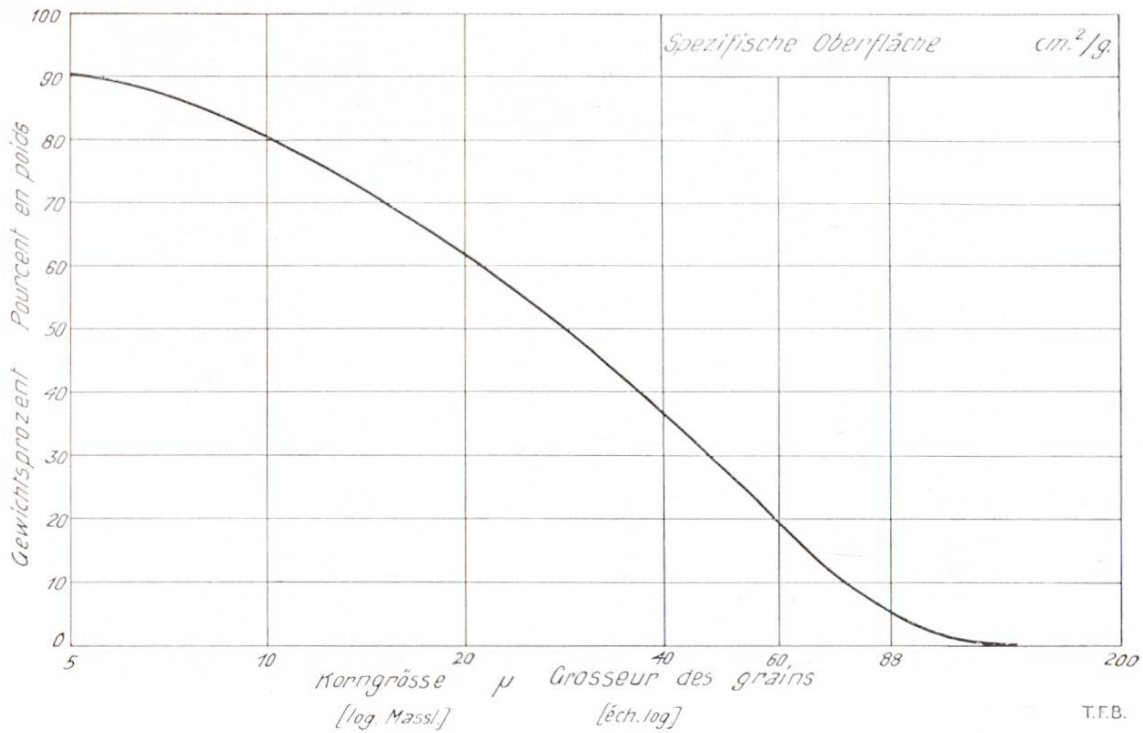


Abb. 6 Kornverteilungskurve eines Zements. Korngrößen in $\frac{1}{1000}$ Millimetern

Es ist versucht worden aus der Kornzusammensetzung die sog. «innere» Oberfläche des Zementmehls zu berechnen. Selbst wenn man hierbei die allerfeinsten Teilchen nicht berücksichtigt, besitzt der Zement eine ausserordentlich grosse Reaktionsfläche, welche pro Sack (à 50 Kilo) über 1000 m² ausmacht.

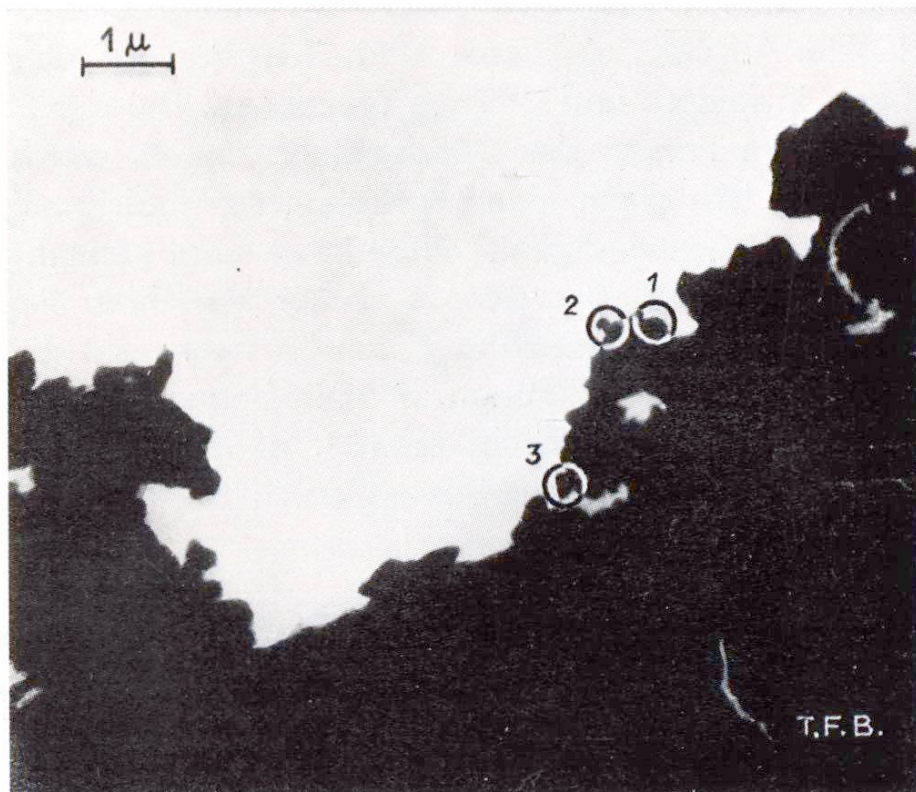


Abb. 7 Wiedergabe einer Aufnahme von Zementmehl mit dem Elektronen-Mikroskop. Vergrößerung 10000-fach. An den Randpartien sind die feinsten Einzelteilchen (umrahmt) zu unterscheiden (aus Haegermann, Zement 1942, Seite 442)

8 Literatur:

- H. Gessner: Die Schlämmanalyse, Kolloidforschung in Einzeldarstellungen Band 10.
- F. Guye: Bestimmung der Zementfeinheit mit Hilfe des Windsichters, Zement 1941, S. 145.
- An.: Détermination des grosseurs de particules dans la gradation des matières pulvérulentes, Rev. d. Mat. de Constr. 1939, p. 215.
- V. Sevieri: Die Kornanalyse von Zement, Tonind. 1935, S. 401.
- H. J. Harkort: Literatursammlung z. Best. d. spez. Oberfl. von Pulvern, insbesondere von Portland-Zementen, Zementverlag 1941.
- G. Haegermann: Ueber die Grössenordnung des Kleinstkornes von gemahlenem Portlandzementklinker, Zement 1942, S. 441.