

Zeitschrift: Cementbulletin
Band: 54-55 (1986-1987)
Heft: 6

Artikel: Die Rolle des Mehlkornes in der Betonmischung
Autor: B.M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153697>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CEMENTBULLETIN

JUNI 1986

JAHRGANG 54

NUMMER 6

Die Rolle des Mehlkorns in der Betonmischung

Mehlfeine und körnige Feinstanteile. Einfluss auf die Frischbetoneigenschaften. Praktische Bedeutung.

Das Mehlkorn einer Betonmischung hat auf die praktischen Eigenschaften des Frischbetons einen wesentlichen Einfluss. Es bestimmt die Verarbeitbarkeit, was sich indirekt auch auf die Festbetoneigenschaften auswirkt. Der Begriff «Mehlkorn» ist allerdings nicht genau definiert. Nach Ansicht der TFB Wildegg ist das Mehlkorn des Zuschlagstoffs jener Gewichtsteil, der Körner mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 mm aufweist. Gemäss Norm SIA 162 (1968) kann er zwischen 3 und 5,6% liegen, d. h. entsprechend der Ergiebigkeit des Zuschlagstoffs zwischen 60 und 110 kg je m³ verdichtetem Beton. Im Normentwurf SIA 162 (E 1984) wird als kleinste Sieböffnung ein Durchmesser von 0,125 mm mit 3 bis 8% < 0,125 mm definiert, das heisst etwa 60 bis 160 kg Feinstanteil je m³ Beton. Diese Bedingungen sind sehr weit gefasst und lassen genügend Spielraum, um eine optimale Betonmischung zu formulieren. Andererseits reicht es aber nicht aus, innerhalb dieser Grenzen zu bleiben und darauf zu achten, dass die Extremwerte nicht überschritten werden. Für die gute Verarbeitbarkeit ist nämlich noch die Granulometrie des Mehlkorns selbst massgebend. Nützlich und wirksam ist dabei nur der «mehlfeine» Feinstanteil, was im folgenden erläutert werden soll.

In der Praxis stellt man fest, dass nicht jeder Feinstanteil von $\varnothing < 0,1$ mm auch wirklich «mehlfein» ist. Um die Unterschiede aufzuzeigen, wurden in der TFB zwei Sande (0–4 mm) mit genügendem Mehlkornanteil untersucht. Nach Aussiebung mit dem üblichen Siebsatz wurde der Durchgang durch das feinste Sieb von 0,1 mm

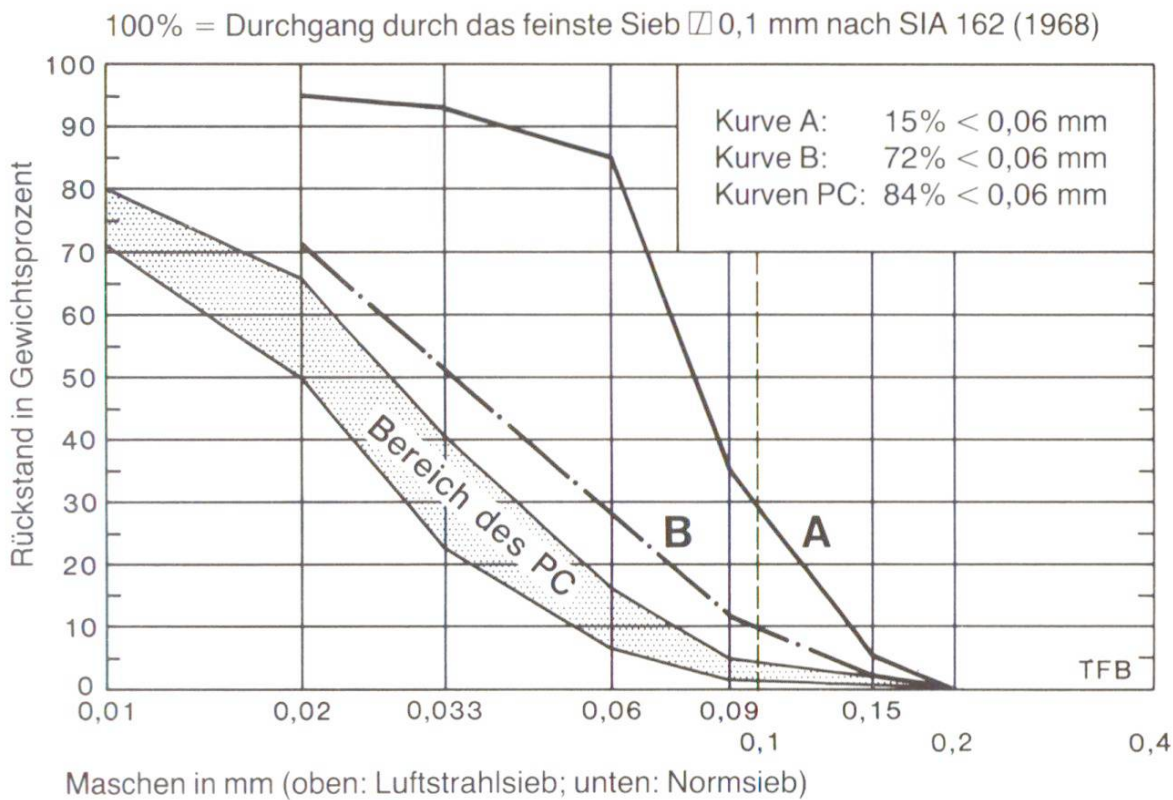


Abb. 1 Siebkurven des Durchgangs < 0,1 mm aus gewaschenem Grubensand (Kurve A) und ungewaschenem Brechsand (Kurve B), verglichen mit den Siebkurven des Portlandzements.

Maschenweite wieder zu 100% angenommen und in einem Luftstrahlsieb nochmals ausgesiebt. Abb. 1 enthält die beiden Resultate. Der erste Sand war gewaschener Grubensand (Kurve A) und ergab eine Siebkurve mit 15% Gewichtsanteil < 0,06 mm. Der zweite Sand war ein ungewaschener Brechsand und ergab einen Gewichtsanteil von 72% < 0,06 mm bezogen auf den Durchgang durch das feinste Maschensieb von 0,1 mm.

Die beiden Sande lassen sich auch von blossen Auge beurteilen. Abb. 2 zeigt, wie sich ihre Feinstanteile ($\varnothing < 0,1$ mm) unterscheiden. Die Kornform selbst bleibt ohne Einfluss, da beide Proben ähnliche Kornformen haben können.

Zusammenfassend lassen sich die Unterschiede wie folgt beschreiben:

- *körniger Feinstanteil*: Etwa 15 Gewichtsprozent des Durchgangs durch das feinste Maschensieb (\varnothing 0,1 mm) hat einen Korndurchmesser < 0,06 mm. Man kann die einzelnen Körner noch von blossen Auge erkennen. Die Materialprobe «rollt», wenn sie bewegt wird. Will man ihr eine Prise entnehmen, so rinnt sie zwischen den Fingern weg. Sie ist sehr anschaulich vergleichbar mit dem Sand einer Sanduhr.
- *mehlfeiner Feinstanteil*: Etwa 70 Gewichtsprozent des Durchgangs durch das feinste Maschensieb (\varnothing 0,1 mm) hat einen Korndurchmesser < 0,06 mm. Einzelne Körner sind von blossen Auge nicht zu erkennen. Die Materialprobe «bricht», wenn sie

3



Abb. 2a Feinstanteil $\varnothing < 0,1$ mm von zwei verschiedenen Sanden. Durchmesser der Proben: 35 mm Glatzstrich mit Löffel. Links: Feinstanteil mit körnigem Aussehen, entsprechend Siebkurve A. Rechts: Feinstanteil ohne erkennbare Körner, entsprechend Siebkurve B.



Abb. 2b Feinstanteil $\varnothing < 0,1$ mm von zwei verschiedenen Sanden. Die Probe im oberen Fläschchen ist körnig und «rollt» bzw. rinnt wie Sanduhrsand (Kurve A). Die Probe im unteren Fläschchen ist mehlfein und «bricht» (Kurve B).

bewegt wird. Von einer Probe kann man zwischen drei Fingern eine Prise entnehmen.

Für eine erste Beurteilung genügt es, den Sand bis zum feinsten Maschensieb auszusieben und dann den Durchgang anhand der oben genannten visuellen Kriterien zu beschreiben. Eine aufwendige

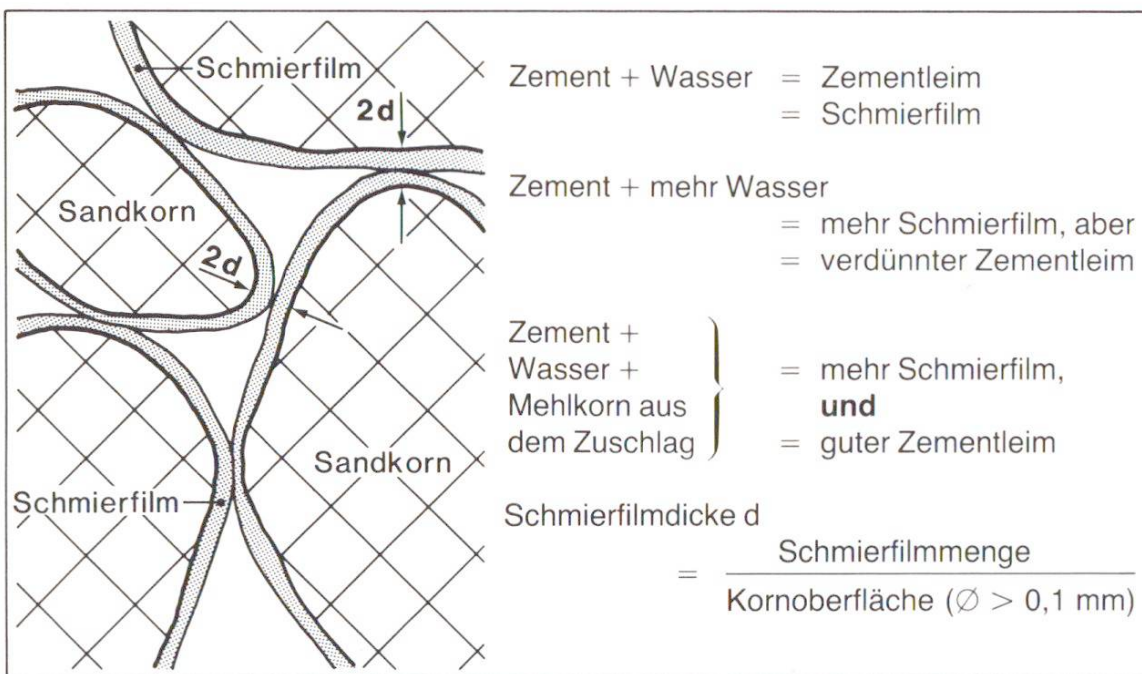


Abb. 3 Der Zementleim als Schmierfilm im Frischbeton (Verarbeitungszustand).

Laboruntersuchung mit dem Luftstrahlsieb ist in diesem Fall noch nicht notwendig. Zu beachten ist aber, dass es bei den praktisch vorkommenden Sanden Zwischenstufen gibt, d. h. Feinstanteile mit Sieblinien zwischen «mehlfeiner» und «körniger» Erscheinung.

Die Schweizer Portlandzemente haben ebenfalls mehlfeines Aussehen. Abb. 1 enthält ihren Siebkurvenbereich und zeigt, dass ein Gewichtsanteil von $> 84\%$ feiner als 0,06 mm ist, d. h.

mehlfein = zementfein

Was bewirkt das Mehlkorn im Frischbeton? – Mehlfeine Feinstanteile erhöhen die Schmierfilmmenge, während körnige Feinstanteile Schmierfilm verbrauchen. Diese praktische Erfahrung lässt sich durch ein Berechnungsbeispiel bestätigen (Abb. 3): Gesucht sei die Stärke des Schmierfilms. $2d$ ist dann der Kornabstand des Zuschlages. Ein Mehlkorn $\varnothing > 2d$ schmiert nicht mehr, sondern lagert sich selber Schmierfilm an. Gegeben sei eine übliche Betonmischung (PC 300, $W/Z = 0,5$, mittlere Sieblinie 0–32 mm mit Sandanteil 0 bis 4 mm von 33%, Kiessandbedarf trocken: ca. 2000 kg). Bei normgemässer Siebkurve beträgt die gesamte Kornoberfläche einer Körnung mit Durchmessern 0,1–32 mm ca. 7600 m², vgl. [1].

Fall 1. Schmierfilm aus Zementleim:

Volumen des Zements:	300 kg : 3,13 kg/l = 96 l
Volumen des Wassers:	$0,5 \times 300 \text{ kg} : 1 \text{ kg/l} = 150 \text{ l}$
Volumen des Schmierfilms:	<u>246 l</u>
Schmierfilmdicke:	$246 \text{ dm}^3 : 7600 \text{ m}^2 = 0,032 \text{ mm}$

5 Fall 2. Schmierfilm aus Zementleim und 50 kg mehlfeinem Feinstanteil $< 0,1$ mm, d. h. 2,5% aus der Kiessandmischung:

Volumen des Zements: $300 \text{ kg} : 3,13 \text{ kg/l} = 96 \text{ l}$

Volumen des Wassers: $0,5 \times 300 \text{ kg} : 1 \text{ kg/l} = 150 \text{ l}$

Volumen des Mehlkorns: $50 \text{ kg} : 2,65 \text{ kg/l} = \underline{19 \text{ l}}$

Volumen des Schmierfilms: $\underline{265 \text{ l}}$

Schmierfilmdicke: $265 \text{ dm}^3 : 7600 \text{ m}^2 = 0,035 \text{ mm}$

In beiden Fällen beträgt $2d$ etwa 0,06 bis 0,07 mm, d. h. schmierfilmbildend sind die mehlfeinen Körner ($\emptyset < \text{etwa } 0,06 \text{ mm}$). Würden diese 19 l an zusätzlicher Schmierfilmmenge nicht mit Mehlkorn, sondern mit Wasser erzielt, so würde der Wassergehalt auf 169 l, d. h. der W/Z-Wert von 0,50 auf 0,56 ansteigen. Auf der Baustelle geschieht dies leider öfters, ist aber aus bekannten Gründen unerwünscht.

Für den Frischbeton lässt sich Folgendes ableiten:

- Die mehlfeinen Stoffe erhöhen die Schmierfilmmenge ohne nennenswerte Erhöhung des Anmachwassers.
- Mehlfeine Stoffe gewähren eine verbesserte Verarbeitbarkeit während der ganzen Dauer der Verarbeitung (d. h. inkl. Transport und Einbringen).
- Mehlfeine Stoffe verbessern das Wasserrückhaltevermögen. Sie verhindern das «Bluten» des Betons während und nach der Verarbeitung.
- Die Betonzusatzmittel werden nur optimal wirksam bei genügendem Mehlkornanteil.
- Mehlfeine Stoffe verhindern eine Entmischung beim Einbringen und erleichtern das Verdichten.

Auf den Festbeton (Abb. 4, 5) haben die mehlfeinen Stoffe keinen direkten Einfluss, sofern sie inert sind. Indirekt verbessern sie Dichtigkeit und Festigkeit, da diese Mischungen besser verarbeitbar sind. Abb. 4 zeigt den Zementstein eines Festbetons ohne mehlfeinen Sandanteil. Abb. 5 enthält einen ähnlichen Ausschnitt, doch dieser Beton wurde mit mehlfeinem Feinstanteil hergestellt. Die Körner mit $\emptyset < \text{ca. } 0,06 \text{ mm}$ sind im Zementstein fein verteilt. Bei allen Aussagen wird vorausgesetzt, dass der Beton genügend durchmischt ist (Mischzeit $> 90''$). Das Mehlkorn wird bei der Dosierung nicht als eigene Korngruppe behandelt, sondern gehört zur Sandkomponente. Hingegen sollte der Mehlkorngehalt überprüft werden. Unter Mehlkorngehalt versteht man nach Norm SIA 162 (E 1984) die Gewichtsteile mit Korndurchmesser $< 0,125 \text{ mm}$ des Zuschlagstoffs

6

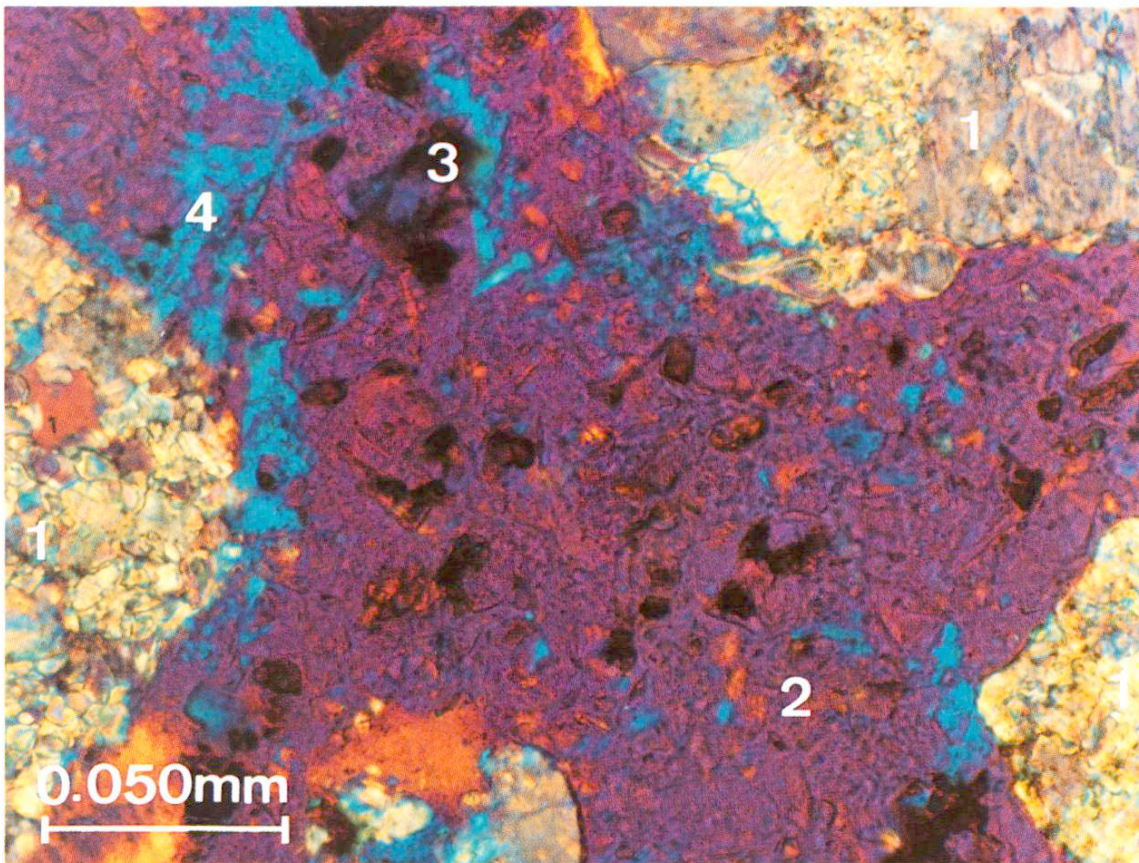


Abb. 4 Zementstein ohne mehlfinein Zuschlag zwischen drei Sandkörnern. Mikroskopische Aufnahme am Dünnschliff in polarisiertem Licht. **1** Sandkörner $\varnothing > 1$ mm (gelb-grün: Kalkstein). **2** Grundmasse des Zementsteins: hydratisierter Zement = Zementgel (violett). **3** Unhydratisierte Zementkörner (schwarz). **4** Kalziumhydroxid (hellblau), entstanden bei der Hydratation des Zements.

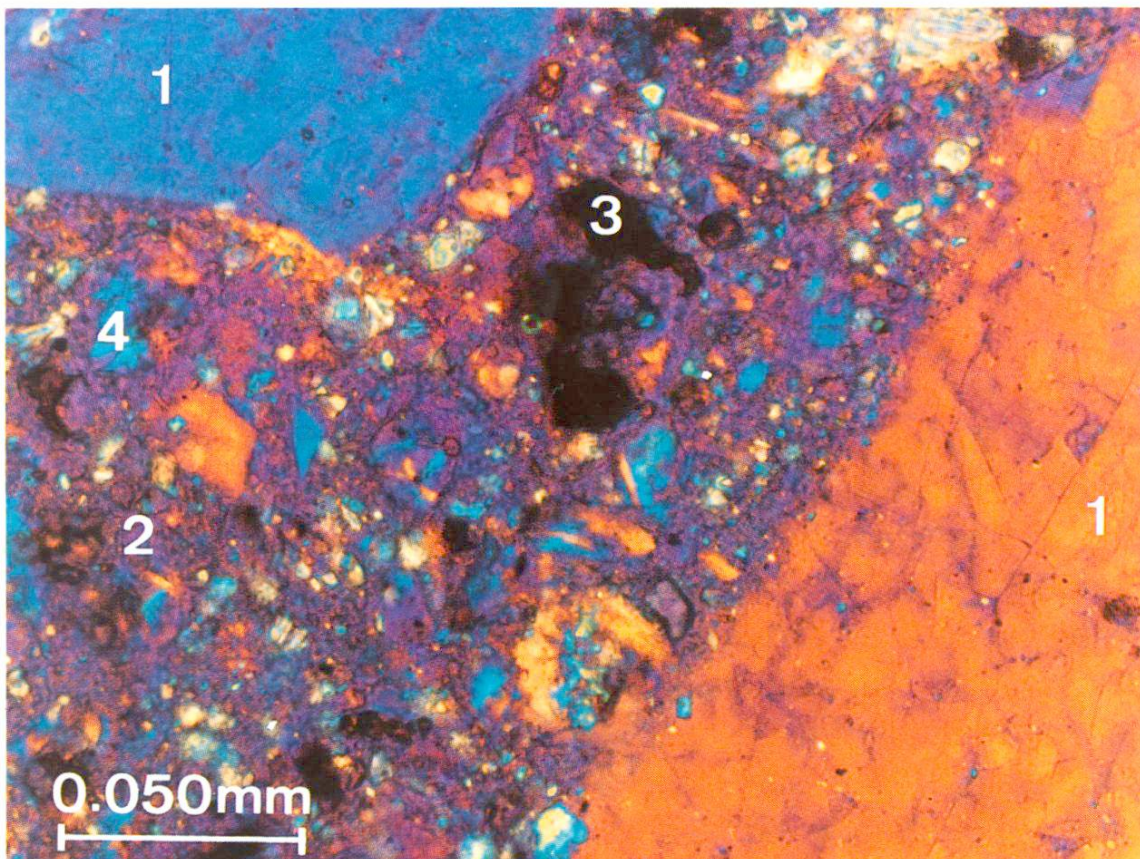


Abb. 5 Zementstein mit mehlfinem Zuschlag zwischen zwei Sandkörnern. Mikroskopische Aufnahme am Dünnschliff in polarisiertem Licht. **1** Sandkörner $\varnothing > 1$ mm (orange bzw. blau: Quarz). **2** Hydratisierter Zement (violett). **3** Unhydratisierte Zementkörner (schwarz). **4** Kalziumhydroxid (hellblau). Die Mehlkörner aus dem Zuschlag sind im Zementstein fein verteilt und als kleine gelb-grüne Flecken sichtbar.

7 Tabelle 1 Mehlkorngehalt gemäss Empfehlung der TFB

Grösstkorn- \emptyset mm	Empfohlener Streubereich des Mehlkorngehalts inkl. Zement kg/m ³
8	475–525
16	400–450
22	375–425
32	350–400
64	275–325

Definition des Mehlkorns nach Norm SIA 162 (E 1984): $\emptyset < 0,125$ mm

plus Zement plus Betonzusatzstoff wie Hydraulischer Kalk oder Filler. Zahlenwerte sind in Tab. 1 enthalten. Für die Minimalwerte zählen nur die wirklich «mehlfeinen Stoffe», während die Maximalwerte auch körnige Feinstanteile enthalten.

Bei einem PC 300 mit Grösstkorn 32 mm sind beispielsweise 50 kg mehlfeiner Zuschlagstoff empfehlenswert. Im allgemeinen fehlt aber im schweiz. Natursand diese nötige Mehlkornmenge, da die Kies-Sande gewaschen werden. Kann das ausgewaschene Mehlkorn nicht wieder der Sandkomponente beigegeben werden, so wird man die Zementdosierung erhöhen. Ferner behilft man sich mit Zusatzstoffen, z. B. mit Hydraulischem Kalk oder mit Filler.

Frischbeton ohne genügend Mehlkorn hat ein geringeres Wasserrückhaltevermögen. Beim Einbringen neigt er zur Entmischung und zur Abscheidung von Wasser. Ein Übermass an Mehlkorn bewirkt einen hohen Wasseranspruch. Der Beton wird teigig bis klebrig und erleidet eine Festigkeitseinbusse, verbunden mit stärkerem Schwinden und Kriechen.

Der Mehlkorngehalt wird dort entscheidend, wo es besonders auf die gute Verarbeitung ankommt:

- bei *Sichtbeton*: Kein «Bluten», d. h. keine Schlieren an der Sichtfläche. Gleichmässiger Farbton.
- bei *Pumpbeton*: Geringere Reibung an der Rohrwand. Vermeidung von Verstopfern (Verstopfer sind Korngerüste aus Kies, bei denen Wasser und Feinstanteile ausgepresst worden sind. Deshalb wird das Wasserrückhaltevermögen der Mischung entscheidend).
- bei *Fliessbeton*: Die Verflüssigung bei niedrigem W/Z-Wert gelingt nur, wenn ein minimaler Mehlkorngehalt vorhanden ist. Andernfalls wirkt das Fliessmittel entmischend.
- bei *Transportbeton*: Kein Wasserabscheiden und kein «Absitzen».
- bei *grossen Einbauhöhen*: Reduktion der Entmischungsgefahr.

- 8 In den schweizerischen Kies- und Betonwerken bestehen unterschiedliche Voraussetzungen, um der Betonmischung genügend «mehlfeine» Stoffe beizugeben. Es ist deshalb empfehlenswert, die Dosierungen durch Versuche auf ihre Eignung zu überprüfen und individuell anzupassen.

B. M.

Literatur

- [1] Eidg. Materialprüfungsanstalt: «Prüfen von Beton». Seite 32 (Nr. 4 – 22 004), Dübendorf 1974