

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 12-13 (1944-1945)
Heft: 13

Artikel: Struktur und Dichte des Betons
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153198>

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: 14.05.2025

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

CEMENTBULLETIN

JANUAR 1945

JAHRGANG 13

NUMMER 13

Struktur und Dichte des Betons

Abhängigkeit der Beton- und Mörtelstruktur von der Materialzusammensetzung. Strukturelemente. Strukturanalyse. Grobstruktur und Feingefüge des Betons und Mörtels. Beeinflussung der Betonstrukturen durch Bindemittel- und Wassergehalt, Feinsand, Granulometrie und Verarbeitung. Massnahmen zur Erzielung eines möglichst dichten Betongefüges. Literatur.

Betonstruktur und Materialzusammensetzung.

Die Struktur oder der Aufbau eines Mörtels oder Betons hängt vor allem von der **Materialzusammensetzung** ab. Die am Aufbau beteiligten Materialien sind bekanntlich

- a) der Füll- oder Zuschlagstoff (Sand, Kies, Sandkies)
- b) das Bindemittel (Cement, Kalk, etc.)
- c) das Anmachwasser

} «Leim»

Trotzdem also nur 3 Bestandteile vorkommen (ein vierter, die Luft in Form offener oder geschlossener Poren, spielt zwar ebenfalls eine besondere Rolle), lassen sich doch je nach der Menge und der Qualität dieser Bestandteile **unendlich viele verschiedene Gemische** herstellen. Dementsprechend werden auch die Strukturen der Mischung verschieden ausfallen. Massgebend für diese Struktureigenschaften ist ausser den Verhältnissen in der Zusammensetzung namentlich die **homogene Verteilung** der Bestandteile, die wiederum eine Folge der **Verarbeitung** und des **Zusammenhangs** der Frischbeton- und Mörtelmassen ist.

Im erhärteten Mörtel oder Beton sind folgende **Strukturelemente** zu beobachten:



1. die **Festsubstanz** als Konglomerat verkitteter Sand-, bzw. Sandkieskörner. Dieses Konglomerat setzt sich aus 2 Phasen zusammen, nämlich aus dem Zuschlagstoff und aus dem Cementstein (auch Cementleim genannt), welcher den ersteren umhüllt und die feste Verbindung zwischen den Körnern des Zuschlagstoffs bildet.
2. die **Poren** oder **Hohlräume** von verschiedenartigster Form, Menge und Verteilung. Im Wesentlichen unterscheidet man offene und geschlossene, sodann von blossem Auge sichtbare (Makroporen) oder erst mit physikalischen Hilfsmitteln erkennbare (Mikro- bzw. Kapillarporen). Sie können auch schon im Zuschlagsmaterial enthalten (Bims, Schlacken) oder absichtlich erzeugt sein (Zellen-, Porenbeton, etc.). (Abb. 1.)
3. die **Erscheinungsformen** der einzelnen Bestandteile, nämlich deren mehr oder minder gleichmässige Verteilung in der Masse (Homogenität, Trennungen, Entmischungen), die Kornform der Zuschläge (gerundet, gebrochen, plattig, gedrunen, etc.), die Oberflächenbeschaffenheit der Sand- und Kieskörner (glatt, rau), die Eigenstruktur des Sand- und Kiesmaterials, sowie der Bindemittel.
4. das **äussere Aussehen** des Mörtels oder Betons, soweit es durch deren inneren Aufbau bedingt ist.

Es mag seltsam erscheinen, das äussere Aussehen des Baustoffs zuletzt zu erwähnen, da doch sehr oft dessen Qualität nur nach dem Äusseren beurteilt wird. Irrtümlicherweise wird manchmal ein Beton als «gut» bezeichnet, wenn er bloss eine glatte, geschlossene Oberfläche aufweist. Dieser Standpunkt ist nicht gerechtfertigt, da **lediglich das innere Gefüge** des Betons für die Qualität (Festigkeit, Haltbarkeit, Dichtigkeit, etc.) massgebend ist.

- 3 So wie die Aufbaustoffe und ihre Verarbeitung die Struktur des fertigen Materials bedingen, kann umgekehrt aus dem inneren Aufbau der Werdegang dieses Materials abgelesen werden. Die **Strukturanalyse** ist denn auch ein wichtiges Mittel zur Ergänzung der technologischen Materialprüfung (Festigkeiten, etc.). Sie ermöglicht vor allem die nachträgliche Feststellung von Fehlern, die bei der Herstellung, Nachbehandlung oder im Gebrauch des Baustoffs begangen wurden.

Grobstruktur und Feingefüge des Betons und Mörtels.

Die **Grobstruktur** eines Betons ist ohne besondere Hilfsmittel erkenntlich, wenn das Innere durch Zerschlagen oder besser Aufsägen freigelegt wird (vgl. Cementbulletin Nr. 11, 1942 «Betonstruktur und Sandkieszusammensetzung»). Es ist hierbei auf folgendes zu achten:

Verteilung der Sand- und Kieskörner in der Masse (homogen oder entmischt),
Trennschichten,
Härte der am Zuschlagsmaterial haftenden Cementschicht (Kratzprobe),
Widerstand gegen das Herausbrechen einzelner Gesteinskörner,
Vorhandensein von grösseren Hohlräumen, Kiesnestern, Luftblasen, geschlossenen und durchgehenden Poren.

Die **Feinstruktur** wird erst durch mikroskopische Untersuchung polierter Schnittflächen sichtbar. Dabei gewinnt man Aufschluss über die Beschaffenheit des Cementsteins, besonders darüber, ob das Bindemittel kompakt oder schwammig erhärtet ist. In mager

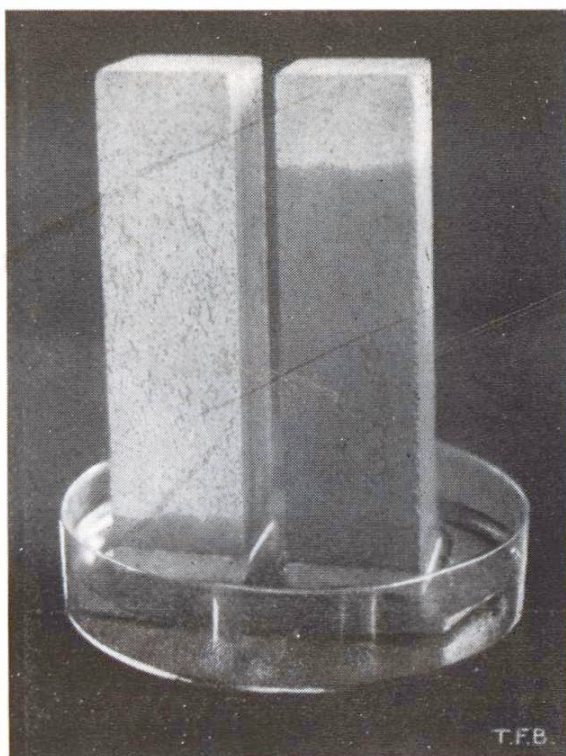


Abb. 2
Unterschiede im Aufsaugevermögen (links gering, rechts stark) sind in der Porenart begründet. Offene, feine Kapillarporen saugen das Wasser sehr hoch an

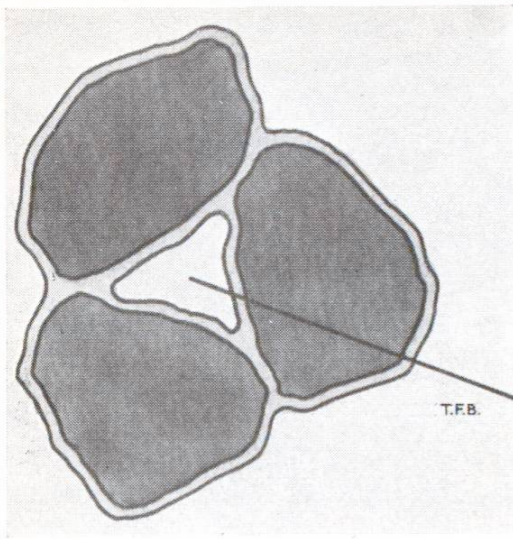
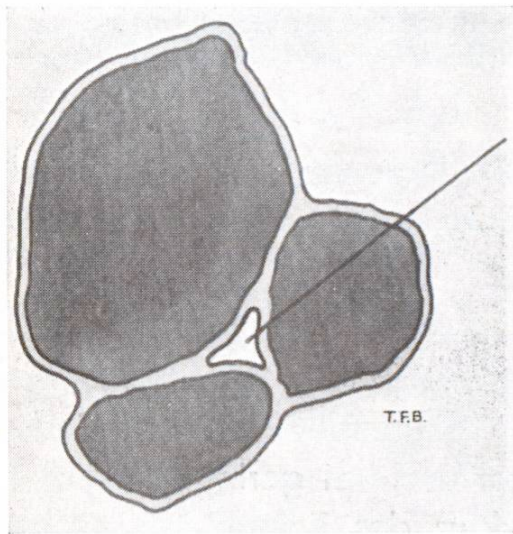


Abb. 3 Einfluss der Sand- und Kieskörnung (schematisch dargestellt)



abgestufte Gemenge ergeben kleinere Hohlräume

dosiertem Gussbeton ist der Cementstein **hellgefärbt** und **kreideartig**, während in einem Qualitätsbeton, wie er bei genügender Bindemitteldosierung, kontrolliertem Wasserzusatz, zweckmässigem Sandkies und ebensolcher Verarbeitung ohne weiteres erhalten wird, der Cementstein **hart, kompakt** und **eher dunkelgefärbt** ist. An solchen polierten Schnitten lässt sich mit speziellen Reagentien ermitteln, wie weit und in welcher Phase der Erhärtung die Luftkohlensäure Zutritt gefunden hat, ferner ob Entmischungen im Feinanteil erfolgten. - Zur Bestimmung der Kapillarporen genügt jedoch die mikroskopische Prüfung nicht; hierfür kommt die Messung von Menge und Geschwindigkeit der **Wasseraufnahme** in Betracht, aus welcher der mittlere Kapillarendurchmesser berechnet werden kann. (Abb. 2.)

Beeinflussung der Betonstrukturen durch

- a) **Bindemittel- und Wassergehalt.** Bei steigender Bindemitteldosierung, aber gleichbleibender Anmachwassermenge wird der Cementstein härter, homogener und dichter. Umgekehrt verursacht eine Vermehrung der Anmachwassermenge eine

Abnahme der Härte und Dichte des Cementsteins (s. Cementbulletin Nr. 7, 1944). Flüssige Mischungen neigen zu Entmischungen im Bereich der Grob- und Feinstruktur.

- b) **Feinsand.** Grössere Anteile von Lehm, Gesteinsstaub, etc. im Zuschlagsmaterial bedingen einen grösseren Wasseranspruch und wirken dadurch im vorerwähnten Sinn nachteilig. Ausserdem lagern sich solche Feinstoffe unmittelbar im Cementstein ein und «verdünnen» damit das Bindemittel. Sie tragen indessen ähnlich wie eine entsprechend höhere Bindemittel-Dosierung zu einer gleichmässigen Struktur bei und verbessern wie diese die Verarbeitbarkeit. Schon in geringem Übermass beeinträchtigen Feinstoffe aber Dichte, Festigkeiten und Frostbeständigkeit.
- c) **Körnung der Zuschlagstoffe.** Sog. Ideal- (auch Ausfall-)Körnungen (Fuller, Bolomey, Empa, etc.) führen bei genügender Bindemittel-Dosierung und Verarbeitung zu den **kompaktesten** Strukturen. (Abb. 3.) Schlecht abgestufte Sande und Kiese (erkenntlich an geringem Raumgewicht) ergeben bei den üblichen Bindemittel-Dosierungen eine weniger dichte Struktur. Die stärkste Porosität, die für gewisse Zwecke erwünscht sein kann, erhält man durch Einkorngemische, d. h. Sande oder Kiese von praktisch einheitlicher Korngrösse, und bei Verwendung von ausschliesslich gebrochenem Material.
- d) **Einbringen und Verarbeitung.** Die Art des Einbringens von Frischbeton beeinflusst namhaft die Struktur im erhärteten Zustand. Jede Entmischung beim Transport, Umschütten oder Einwerfen in die Schalung ist zu vermeiden, da sie durch die

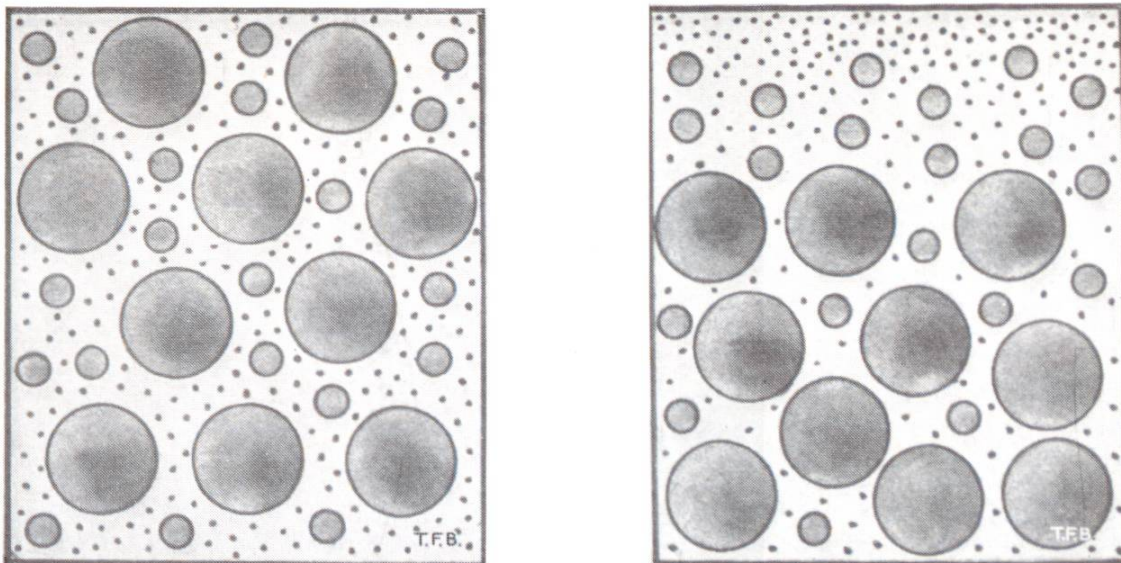
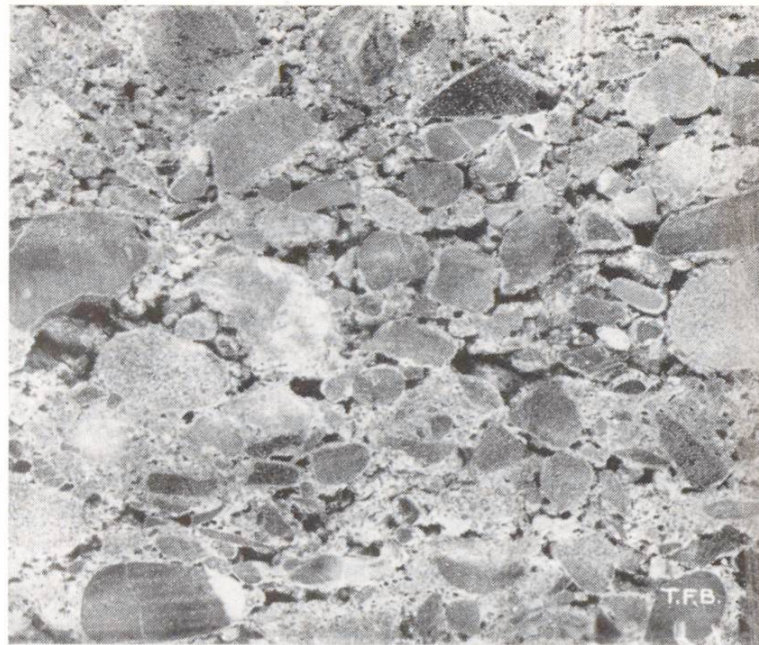


Abb. 4 Schematische Skizze der Entmischung
 Links: gute Verteilung der feinen und groben Anteile
 Rechts: weitgehende Materialtrennung

Abb. 5 Betonquerschnitt zeigt lokale Kiesanhäufung, wodurch Kiesnester entstanden (offene, d. h. miteinander verbundene Poren)



nachträgliche Verdichtungsarbeit meist nicht mehr auszugleichen ist. (Abb. 4.) Zu trockene oder zu nasse (flüssige) Mischungen neigen zu **Nesterbildung** (Sand- oder Kiesnester). (Abb. 5.) Beim «Anlegen» neuer Betonschichten empfiehlt sich die Verwendung fetten Mörtels (1:2) in breiartiger Konsistenz und in 5-10 cm Höhe, in welche Schicht die normale Betonmischung eingestampft wird.

Die Verarbeitung hat den Zweck, das Frischbetongemenge zu verdichten und die Schalung gleichmässig und kompakt auszufüllen. Durch Stochern weicher Mischungen oder durch Rütteln (Vibration) steifer Mischungen kann ein Teil der eingeschlossenen Luft ausgetrieben werden. Gleichzeitig nehmen dabei die Sand- und

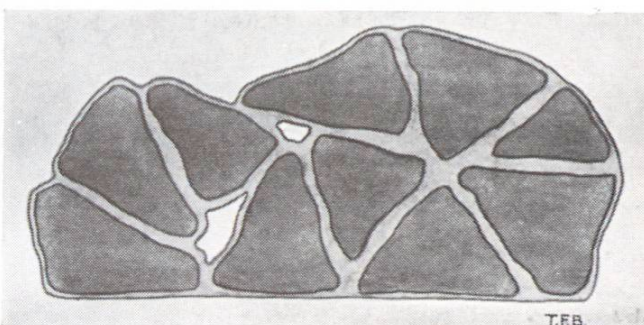
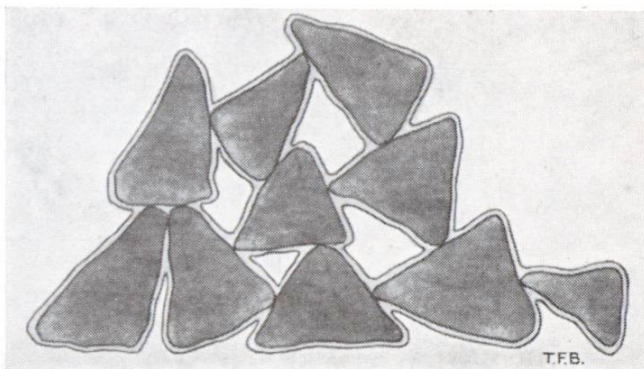
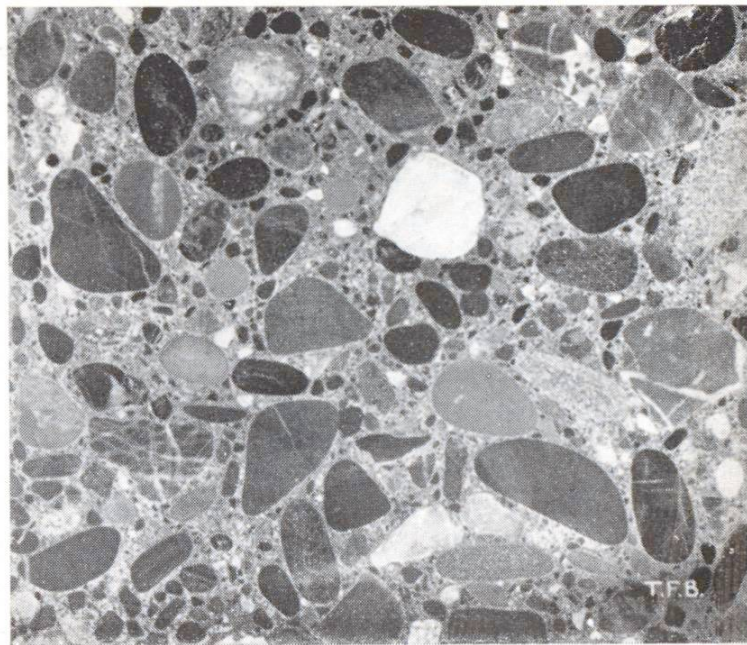


Abb. 6 Schematische Darstellung der Verdichtung von Frischbeton. Die einzelnen mit einer Zementhaut umgebenen Gesteinskörner nehmen unter der Wirkung der Verdichtungsarbeit die gegenseitig günstigste Lage ein



Kieskörner die **gegenseitig günstigste Lagerung** ein, wobei die feineren Bestandteile die von den grösseren gelassenen Hohlräume gerade ausfüllen sollen. (Abb. 6.)

Wenn der Beton einmal verwässert ist, lässt sich dieser Wasserüberschuss auch durch die beste Verarbeitung (ausgenommen beim Schleuderverfahren und beim Vakuumbeton) nicht wieder ausgleichen. Er führt zu schwammiger und bei geringer Cementdosierung zu stark saugfähiger Struktur des Feinmörtels, wobei nicht selten eine innere Materialtrennung (Wasserabscheidung und neue Porenbildung in den Zwischenräumen) zu beobachten ist. Derartige Feinstrukturen sind mechanisch und gegen Frostwirkung, wie schon erwähnt, weniger widerstandsfähig.

Massnahmen zur Erzielung einer möglichst dichten Betonstruktur.

Folgende Faktoren sind die Voraussetzung zur Gewinnung absolut dichten Betons:

Genügende Cementdosierung.

Gut abgestufte, gesunde und an sich dichte Zuschlagsmaterialien von geringem Staubgehalt.

Plastische bis steifplastisch-erdfeuchte Konsistenz bei Verdichtung durch Stochern bzw. Stampfen.

Steifplastische bis ballig-erdfeuchte Konsistenz bei Vibrationsverarbeitung.

Vermeidung von Fremdstoffen und Schmutz, welche die kompakte Zusammenlagerung des Cementsteins beeinträchtigen.

Reinigung und richtiges «Anlegen» der Arbeitsfugen.

Feuchthaltung während der Anfangserhärtung. (Abb. 7.)

8 Literatur:

- O. Graf, Der Aufbau des Mörtels und des Betons, Verlag Springer, 1930.
E. Freyssinet, Une Révolution dans les Techniques du Béton, Edit. Eyrolles, 1936.
J. Bolomey, Der Einfluss der Körnung der Zuschlagstoffe auf die Eigenschaften des Betons, Techn. des Travaux 1939, Heft 6.
A. Voellmy, Neue Untersuchungen ..., S.B.Z. 1938, Heft 8.