

**Zeitschrift:** Cementbulletin  
**Band:** 34-35 (1966-1967)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Grundlagen der Betonkonsistenz  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-153468>

### **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:** 17.11.2024

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

# CEMENTBULLETIN

JUNI 1967

JAHRGANG 35

NUMMER 18

---

## Grundlagen der Betonkonsistenz

**Konsistenzbegriffe und die räumliche Masstäblichkeit. Gedankenexperimente zur Betonkonsistenz. Optimaler Kiesanteil.**

Wenn wir uns über die Konsistenz des Betons unterhalten wollen, so müssen wir zuerst zusehen, was unter diesem Begriff zu verstehen ist. Wir müssen grundsätzliche Überlegungen anstellen und schon diese führen uns, bildlich gesprochen, in ein unübersichtliches Haus, dessen Räume im Zusammenhang nicht sofort erkennbar sind. Die Verwirrung entsteht durch die Vielzahl der Bezeichnungen (Konsistenz; Fließfähigkeit; Verdichtungswilligkeit; Verarbeitbarkeit; Beweglichkeit; Viskosität; rheologische Eigenschaften) und durch die entsprechende Vielzahl der Methoden, die für die Bestimmung solcher Kennzahlen vorgeschlagen worden sind und in Gebrauch stehen.

2 Seit Jahrzehnten sucht man nach einer umfassenden, allgemein gültigen Charakterisierung der Betonkonsistenz, doch diese «Suche nach dem Stein der Weisen» scheint vergeblich zu sein. Es liegt in der Natur dieser Eigenschaft, dass sie nur auf empirische Weise zu erfassen ist und nur vergleichsweise gewertet werden kann. Dies zeigt sich schon bei der Viskositätsmessung homogener Flüssigkeiten – wie sollte es beim inhomogenen Beton anders sein?

Im Rahmen des CB würde es zu weit führen, diesen Fragenkomplex eingehend zu erörtern. Wir wollen hier nur einige wesentliche Punkte festhalten:

Der Konsistenzbegriff ergibt sich aus der Messmethode. Er kann bestimmten Gegebenheiten der Betonverarbeitung entsprechen oder auch gar keine Beziehungen zur Praxis haben. Zur erstgenannten Art gehören Messungen der Verdichtungswilligkeit oder der Verformbarkeit unter Vibration, zur zweiten Bestimmungen der Fließfähigkeit oder der Eindringtiefe. Jenen Bestimmungsmethoden sind die Betonarbeiten selber zu Gevatter gestanden, und diese sind nach dem Vorbild von Viskositätsmessungen an homogenen Materialien geschaffen.

Mehr als vierzig Verfahren zur Kennzeichnung der Betonkonsistenz sind bisher vorgeschlagen worden. Die gebräuchlichsten davon sind: der Slump-Test (einsinken eines Kegelstumpfes aus Frischbeton), das Ausbreitmass (auseinanderfliessen eines Kegelstumpfes aus Frischbeton), die Betonsonde (Eindringtiefe eines Stahlstabes).

Nun ist noch zu bemerken, dass alle diese Messungen und Grössen zur Kennzeichnung der Betonkonsistenz im Zusammenhang mit dem Homogenitätsgrad anzusehen sind. Es besteht eine Massstäblichkeit zwischen der Grösse des Maximalkornes, der Mischcharge, der Transportmenge, des Bauteils, der Verarbeitungsmaschinen, der Probemenge, der Prüfmaschine u.a. Der Homogenitätsgrad wäre gleichbleibend, wenn alle diese räumlichen Masse in einem festen Verhältnis zum Grösstkorn stehen würden. Das ist aber nie der Fall, und dadurch wird der Vergleich von Betonmischungen bezüglich ihrer Konsistenz noch einmal erschwert.

Ein genau gleich zusammengesetzter Beton erscheint in seiner Konsistenz verschieden, je nachdem man eine grosse oder kleine Menge betrachtet. Kleine Proben täuschen eine zu steife Konsistenz vor, sie erscheinen im Vergleich unbeweglicher als die grosse Masse. Diese Massstäblichkeit beeinflusst auch die Würdi-

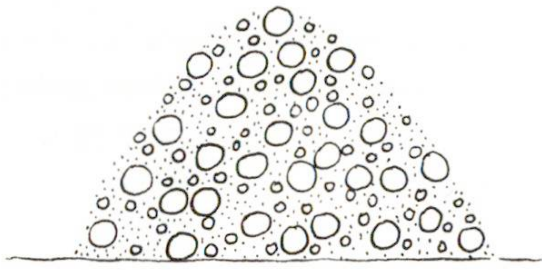
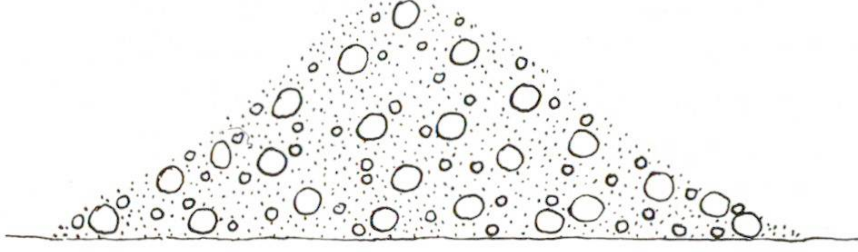


Abb. 1



T.F.B.

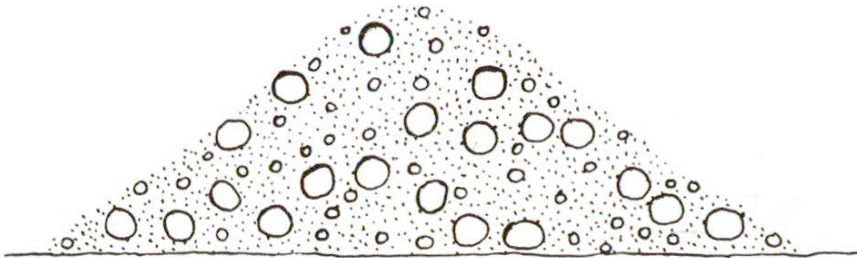
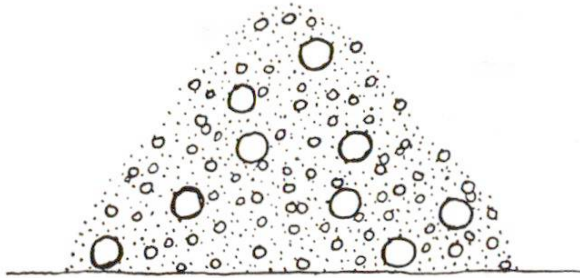
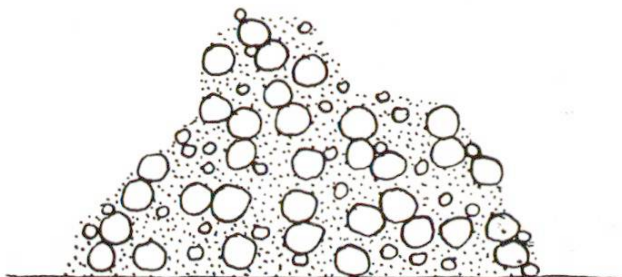


Abb. 2



T.F.B.

4 gung der Festigkeit. Mit den verschiedenen räumlichen Verhältnissen entstehen Widersprüche (z.B. zwischen der traditionell bestimmten Festigkeit und der effektiven Tragfähigkeit des Betons), die sich nicht auflösen lassen.

Diese wesentlichen Grundzüge möchten wir im Auge behalten, wenn wir nun im folgenden einige Gedankenexperimente über die Konsistenz ausführen. Von den möglichen Einflüssen auf die Betonkonsistenz werden dabei nur die drei wichtigsten berücksichtigt, nämlich die Zementdosierung, die Wasserbeigabe und die Kornabstufung des Zuschlages.

Für den **ersten Versuch** nehmen wir ein normales Zuschlagsgemisch, das für alle Einstellungen gleich bleibt. Wir **ändern die Zementdosierung** bei gleichbleibender Wasserbeigabe oder bei gleichbleibendem Wasserzementwert.

Im ersten Falle bewirkt die Erhöhung der Zementdosierung eindeutig eine Versteifung des Betons. Wenn wir nicht gleichzeitig die Wasserbeigabe erhöhen, so wird der Beton mit der Zunahme der mehlfeinen Bestandteile naturgemäss immer trockener. Umgekehrt führt die Erhöhung der Zementdosierung zu einer Verbesserung der Verarbeitbarkeit, wenn der Wasserzementwert gleich bleibt, d.h. wenn entsprechend der Zementdosierung auch die Wasserbeigabe erhöht wird (Zementleimdosierung). Je mehr Zementleim sich zwischen die harten Zuschlagsgesteine legt, je dicker die Umhüllung der Körner durch schmierenden Zementleim wird, desto besser wird naturgemäss die Konsistenz (Abb. 1). Diesem Vorgehen sind jedoch Grenzen gesetzt wegen der damit leicht abnehmenden Festigkeit, dem zunehmenden Schwinden und der sich verstärkenden Neigung zur Entmischung.

In einem **zweiten Versuch** wird nur die **Wasserbeigabe geändert**. Zu einem feststehenden Zuschlag-Zementgemisch werden unterschiedliche Mengen Anmachwasser gegeben. Man beobachtet, dass mit erhöhter Wasserzugabe sich die Konsistenz bzw. die Beweglichkeit der Mischung verbessert, indem der Beton vom relativ trockenen zum nassen Zustand übergeht. Bei weiterer Erhöhung der Wasserzugabe tritt aber eine Umkehr ein. Die Betonmischung wird harsch und unbeweglich. Der Zementleim ist zu stark verdünnt worden, so dass der Schmierfilm, ähnlich wie bei zu dünnem Motorenöl, durchbrochen wird und die Körner unmittelbar aneinander zur Reibung kommen. Bei diesem Experiment kann man ebenfalls beobachten, dass es bei einer steifplastischen Betonkonsistenz

5 verhältnismässig nur wenig mehr Wasser braucht, um bereits zu einer dünnflüssigen Konsistenz zu gelangen. Dank diesem Merkmal kann ein Zuviel an Wasser dem aufmerksamen Maschinisten nicht entgehen. Ein Ansteigen des Wasserzementwertes in unverantwortlich-schädliche Bereiche wird dadurch praktisch vermieden.

Mit einem **dritten Experiment** versuchen wir nun noch den Einfluss der Kornzusammensetzung zu erkennen. Wir **verändern das Mischverhältnis Sand:Kies** (getrennt bei 8 mm), während die Zement- und Wasserdosierung konstant bleiben.

Ein m<sup>3</sup> Beton enthält z. B. 300 kg Portlandzement, 135 l Wasser und 2020 kg Zuschlag, der 765 l Raum einnimmt. Diese Daten bleiben fest, aber wir fragen, was geschieht, wenn wir einen Zuschlag mit ansteigendem Gehalt an Kies, z. B. 70:30%, 50:50%, 30:70% (Sand:Kies) nehmen?

Die Gesamtoberfläche des Zuschlaggesteins verkleinert sich mit zunehmendem Grobkorn. Der innere Reibungswiderstand nimmt ab, und für die Umhüllung der einzelnen Körner steht verhältnismässig mehr Zementleim zur Verfügung. Dies bewirkt, dass damit die Verarbeitbarkeit zunächst verbessert wird.

Denkt man sich den Anteil an Grobkorn weiter vergrössert, z. B. bis auf 70 und mehr Prozent, tritt einmal der Fall ein, wo sich die Steine gegenseitig berühren und der Mörtel nur noch ausreicht, die Zwischenräume im Haufwerk auszufüllen. In diesem Moment, und schon vorher, wird die Verarbeitbarkeit stark vermindert. Es entsteht eine harsche, kaum mehr vollständige und gleichmässig zu verdichtende Betonmischung. Die innere Reibung ist stark vergrössert ähnlich wie beim vorher geschilderten Fall des zu hohen Wassergehaltes (Abb. 2).

Daraus ergibt sich, dass es ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen Sand und Kies gibt, bei dem die beste Konsistenz bzw. Beweglichkeit des Gemisches besteht.

In der Praxis spielt noch der Bedarf an Anmachwasser mit hinein. Es besteht ja die Hauptforderung des minimalen Wassergehaltes, die bekanntlich am besten mit einem möglichst hohen Kiesanteil eingehalten werden kann.

Damit ist das Ziel gesetzt. Man wähle den höchstmöglichen Gehalt an Kies, bei dem noch eine gute Verarbeitbarkeit gewährleistet wird. Diese Anteile sind der Grössenordnung nach bekannt:

6 Betonkonsistenz	Maximaler Anteil der Kiesfraktionen bezogen auf den trockenen Gesamtschlag		
	8–15 mm	8–30 mm	8–50 mm
erdfeucht	45%	60%	65%
steifplastisch	35%	55%	60%
plastisch	30%	50%	55%

Für den heute meistens angewandten steifplastischen Beton entsprechen diese Anteile den Empfehlungen der Betonnormen. Die Abweichungen nach oben und unten für erdfeuchten bzw. plastischen Beton erklären sich aus dem Einfluss des Flüssigkeitsgrades des Zementleims auf die innere Reibung, wie er im zweiten Versuch erörtert worden ist.

Tr.

Literaturangaben:

**ACI Committee 211**, Recommended Practice for selecting Proportions for No-Slump Concrete.  
 Journal of the American Concrete Institute,  
 Proceedings V. 62, p. 1 (1965).