

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 48-49 (1980-1981)
Heft: 23

Artikel: Die Rohdichte des Betons
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153642>

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: 15.03.2025

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

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1981

JAHRGANG 49

NUMMER 23

Die Rohdichte des Betons

Bedeutung der Rohdichte. Berechnete und gemessene Werte. Veränderungen. Einflüsse.

Beton ist ein heterogenes, zusammengesetztes Material. Seine leicht unterscheidbaren Hauptbestandteile sind Zuschlagspartikel und Zementstein. Zur Beschreibung der Rohdichte des Betons zieht man die entsprechenden Daten dieser Komponenten in Betracht und beurteilt die allfälligen Hohlräume und Kapillarporen, die mit Wasser, Wasserdampf oder Luft gefüllt sind. Das sind grundlegende Grössen, die alle einen beträchtlichen Schwankungsbereich aufweisen und deshalb kann das Raumgewicht des Betons selber keine feste Grösse sein, wie wir dies für die meisten Stoffe gewohnt sind.

Die Rohdichte des Betons ändert sich in den verschiedenen Entwicklungsphasen. Sie ist bei Frischbeton hoch, erreicht in den ersten Wochen ein Minimum und steigt mit zunehmender Erhärtung wiederum langsam an. Zur Berechnung der Frischbeton-Rohdichte kann folgende Formel angewandt werden:

$$R_f = \frac{C + Z + W}{\frac{C}{s_c} + \frac{Z}{s_z} + W + P} \left(\frac{g}{ccm} \right)$$

R_f = Rohdichte des Frischbetons

C = Gewicht des Zementanteils

Z = Gewicht des Zuschlaganteils

W = Gewicht bzw. Volumen des Wasseranteils

s_c = Rohdichte des Zementes

s_z = mittlere Rohdichte des Zuschlagmaterials

P = Volumen der Lufteinschlüsse

2 Der Zähler dieses Bruchs, $C + W + Z$, ist gleichbedeutend mit der Mischrezeptur des Betons. Es ist üblich, diese Angaben pro 1 m^3 Beton zu machen und damit ergibt sich aus der Gleichung die bekannte Formel für die *Stoffraumrechnung* (s. CB 65/23):

$$\frac{C}{s_c} + \frac{Z}{s_z} + W + P = 1000 \quad (I)$$

Mit dieser Formel lässt sich die Zusammensetzung einer Betonmischung wie folgt berechnen:

Beispiel: vorgegebener *Zementgehalt* = 320 kg/m^3

Grunddaten:

- $s_c = 3,1 \text{ g/ccm}$
- $s_z = 2,65 \text{ g/ccm}$
- Wasseranspruch des Zuschlaggemisches für plastische Konsistenz: 155 l/m^3
- $P = 15 \text{ l/m}^3$ (Mittelwert)

<i>Rechnung:</i>	<i>kg</i>		<i>l</i>
Zement:	320	→	$\frac{320}{3,1}$
Wasser:	<u>155</u>	=	<u>155</u>
Zementleim:	475		258
Lufteinschlüsse:			<u>15</u>
			273
Zuschlag:	<u>1927</u>	←	$2,65 \times 727$
	2402	←	<u>727</u>
			1000

Das *Raumgewicht* dieses Frischbetons beträgt somit

$$\frac{2402}{1000} = \underline{\underline{2,402 \text{ kg/l}}}$$

Zur Rechnung noch folgende Bemerkungen:

- betr. s_c : Die Rohdichte des Portlandzementes angegeben mit $3,1 \text{ g/ccm}$ ist ein allgemein anzunehmender Durchschnittswert mit genügender Genauigkeit.
- betr. s_z : $2,65 \text{ g/ccm}$ ist ein Mittelwert für gemischtes Rundmaterial. Für genaue Berechnungen muss die Zahl mit einem Pyknometer bestimmt werden (s. CB 62/3 oder U. Trüb, Baustoff Beton, 2. Auflage, Wildegg 1979).

- 3 – betr. W: Der Wasseranspruch des Zuschlages ist abhängig von der Kornabstufung (Siebkurve). Die Zahl 155 l/m^3 ist eine Schätzung für die Kornabstufung gemäss Fullerkurve 0–32 mm.
- betr. P: Jeder Beton enthält eingeschlossene Luft, in der Regel zwischen 10 und 20 l/m^3 bei plastischer und 20 – 40 l/m^3 bei steifplastischer bis erdfeuchter Konsistenz. Die Zahl 15 l/m^3 gilt als Mittelwert für einen durch Tauchrüttler normal verdichteten plastischen Beton.

Aus der Beurteilung der Stoffraumrechnung geht hervor, dass damit die gewichtsmässige Betonzusammensetzung der Grössenordnung nach gut ermittelt werden kann. Zur Erzielung optimaler Eigenschaften erfährt die Mischung meistens noch kleine Korrekturen und die genaue Zementdosierung kann dann erst durch Nachrechnung aufgrund der endgültigen Rezeptur ermittelt werden:

(Beispiel)

	<i>Mengen pro Mischung</i>		<i>pro m³</i>		<i>pro m³ + L *)</i>	
	kg	l	kg	l	kg	l
PC	126	40,6	309,6	99,8	304,9	98,3
Wasser	61	61,0	149,9	149,9	147,7	147,7
Zuschlag	810	305,6	1990,2	750,3	1960,3	739,0
	997	407,2	2449,7	1000,0	2412,9	985,0

*) mit 15 l Luft pro m^3

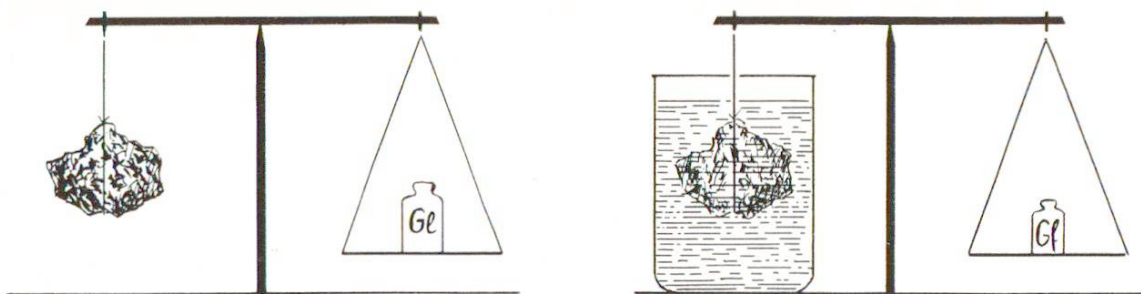
Zementdosierung: $309,6$ bzw. $304,9 \text{ kg/m}^3$

Beton-Rohdichte: $2,450$ bzw. $2,413 \text{ kg/l}$

Das Rechnungsbeispiel zeigt, dass der Lufteinschluss, dessen Grössenordnung man nur abschätzen kann, die Angabe des Raumgewichtes und des Zementgehaltes des Betons um mehrere % verunsichern kann.

Um die Rohdichte eines Betons zu bestimmen, müssen von einem grösseren kompakten Probestück (4 – 10 kg) Volumen und Gewicht bekannt sein. Zur Bestimmung des Volumens wägt man eine wassergesättigte Probe in normaler Weise und anschliessend unter Wasser (Abb. 1). Die Differenz der beiden Wägungen entspricht dem Auftrieb im Wasser und damit dem Rauminhalt. Das Gewicht für die Rohdichtebestimmung ermittelt man demgegenüber am vollständig ausgetrockneten Probestück. Die Rohdichte des Betons ergibt sich somit mit folgender Formel:

4



T. F. B.

Abb. 1 Bestimmung des Volumens eines Probekörpers durch Wägung an der Luft und unter Wasser.

$$V = \frac{G_l - G_f}{s_f}, \quad s_f = \text{spezifisches Gewicht der Eintauchflüssigkeit, bei Wasser} = 1,00 \text{ g/ccm}$$

$$R = \frac{G}{\frac{G_l - G_f}{s_f}} \quad \left(\frac{\text{g}}{\text{ccm}} \right)$$

R = Rohdichte der Betonprobe

G = Gewicht der ausgetrockneten Betonprobe

G_l = Gewicht der wassergesättigten Betonprobe an der Luft

G_f = Gewicht der wassergesättigten eingetauchten Betonprobe

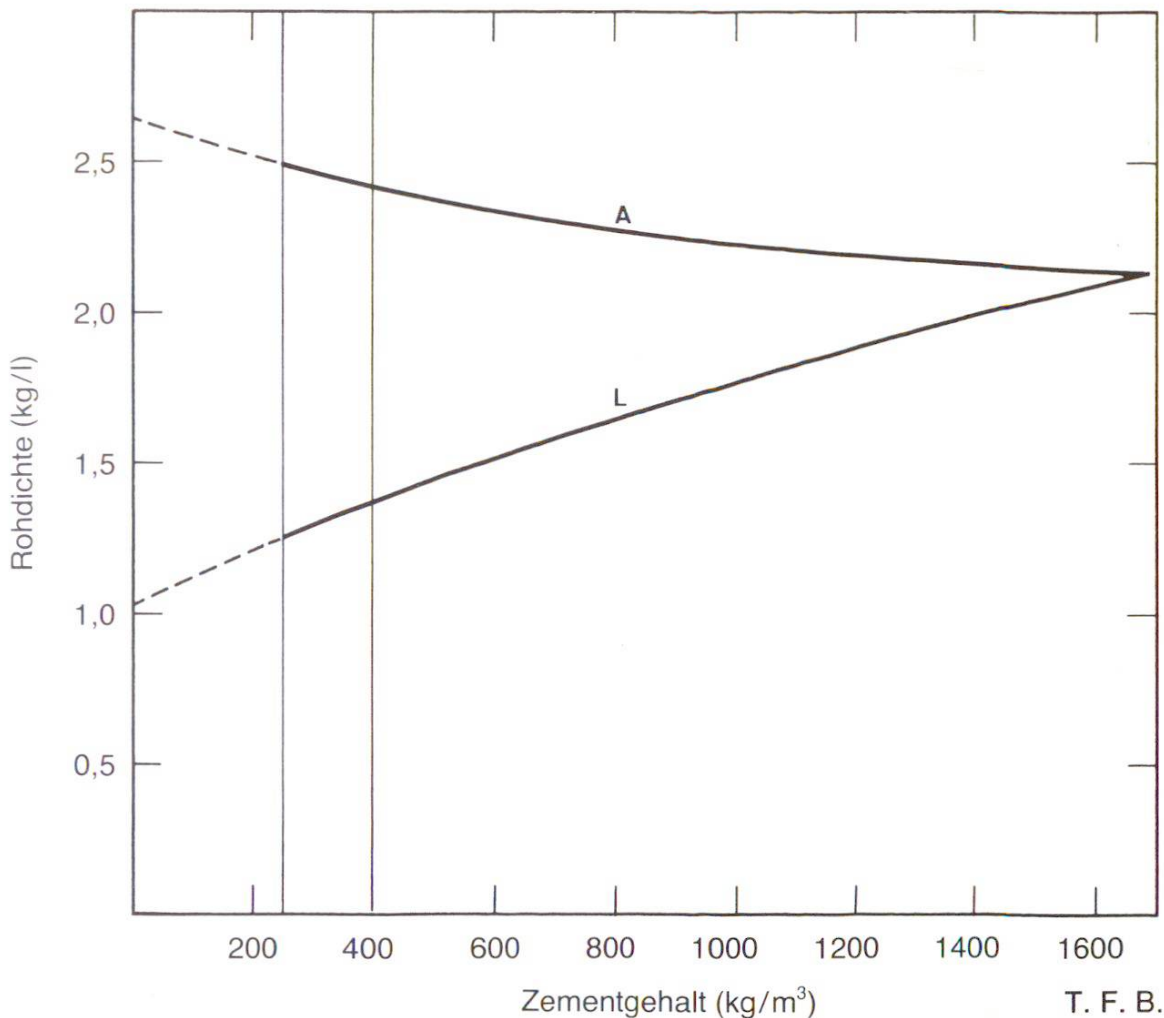
s_f = Spezifisches Gewicht der Eintauchflüssigkeit

s_f für Wasser = 1 g/ccm

Der Zementgehalt eines Betons kann nicht nur berechnet, sondern auch durch chemische Analyse bestimmt werden. Dabei pulverisiert man die Probe und ermittelt deren Gehalt an löslicher Kieselsäure, die ihrerseits auf die vorliegende Menge Portlandzement schliessen lässt. Das Resultat wird wie üblich in kg/m^3 Beton angegeben. Vor der Zerkleinerung muss deshalb die Rohdichte der Betonprobe bestimmt werden, um damit deren Volumen berechnen zu können.

Die Zementgehaltsbestimmung, die an sich recht zuverlässige Ergebnisse zeitigt, kann zu widersprüchlichen Ergebnissen führen. Sie zeigt einmal gegenüber dem Sollwert aus der Stoffraumrechnung ein zu kleines Resultat an, weil die Rohdichte der abgebundenen und ausgetrockneten Probe erheblich kleiner ist als diejenige des Frischbetons. Die Fehlanzeige liegt in der Regel zwischen 2 und 5 %. eine weitere Unstimmigkeit kann eintreten, indem die gefundenen Zementgehalte mit zunehmendem Alter des Betons ansteigen. Der Grund dafür ist eine geringe Zunahme der Rohdichte, die so lange anhält, bis der Zement vollständig durchhydratisiert ist. Die Änderung beträgt im ersten Jahr in der Regel etwa + 2 %.

Zementleim bzw. abbindender Zementstein im Beton hat eine Rohdichte von 1,8–1,9 g/ccm. Er ist erheblich leichter als das Zuschlagsmaterial (s. Rechnungsbeispiel). Daraus könnte man schliessen, dass das Raumgewicht des Betons einen guten Indikator für die Zementdosierung und für die Betonqualität wäre. Das ist aber nicht der Fall.



T. F. B.

Abb. 2 Rohdichten von Zuschlag-Zementleimgemischen mit angemessenen Wasserzementwerten, ohne Berücksichtigung allfälliger Hohlräume. A = Beispiel mit normalem Zuschlagsmaterial, L = Beispiel mit Leichtzuschlag. Der senkrechte Streifen markiert die üblichen Betonmischungen.

Abb. 3 zeigt, wie wenig sich diese Grösse im Bereich der üblichen Zementdosierungen ändert. Die möglichen Luftporen haben einen etwas grösseren Einfluss. Die Betonrohddichte ist deshalb ein Qualitätszeichen hinsichtlich der Verdichtung eines Betons oder im Extremfall hinsichtlich einer ungeeigneten Kornabstufung mit starkem Mangel an feinen Anteilen. Bei *Leichtzuschlägen* sind die Verhältnisse ähnlich, aber umgekehrt. Mit steigender Zementdosierung nimmt die Rohddichte zu (Abb. 2).

Die *Isolationsfähigkeit* von Materialien ist zu einem guten Teil von ihrem Raumgewicht abhängig. Je leichter der Beton, desto besser ist seine Wärmedämmung und je schwerer, desto besser die Luftschalldämmung.

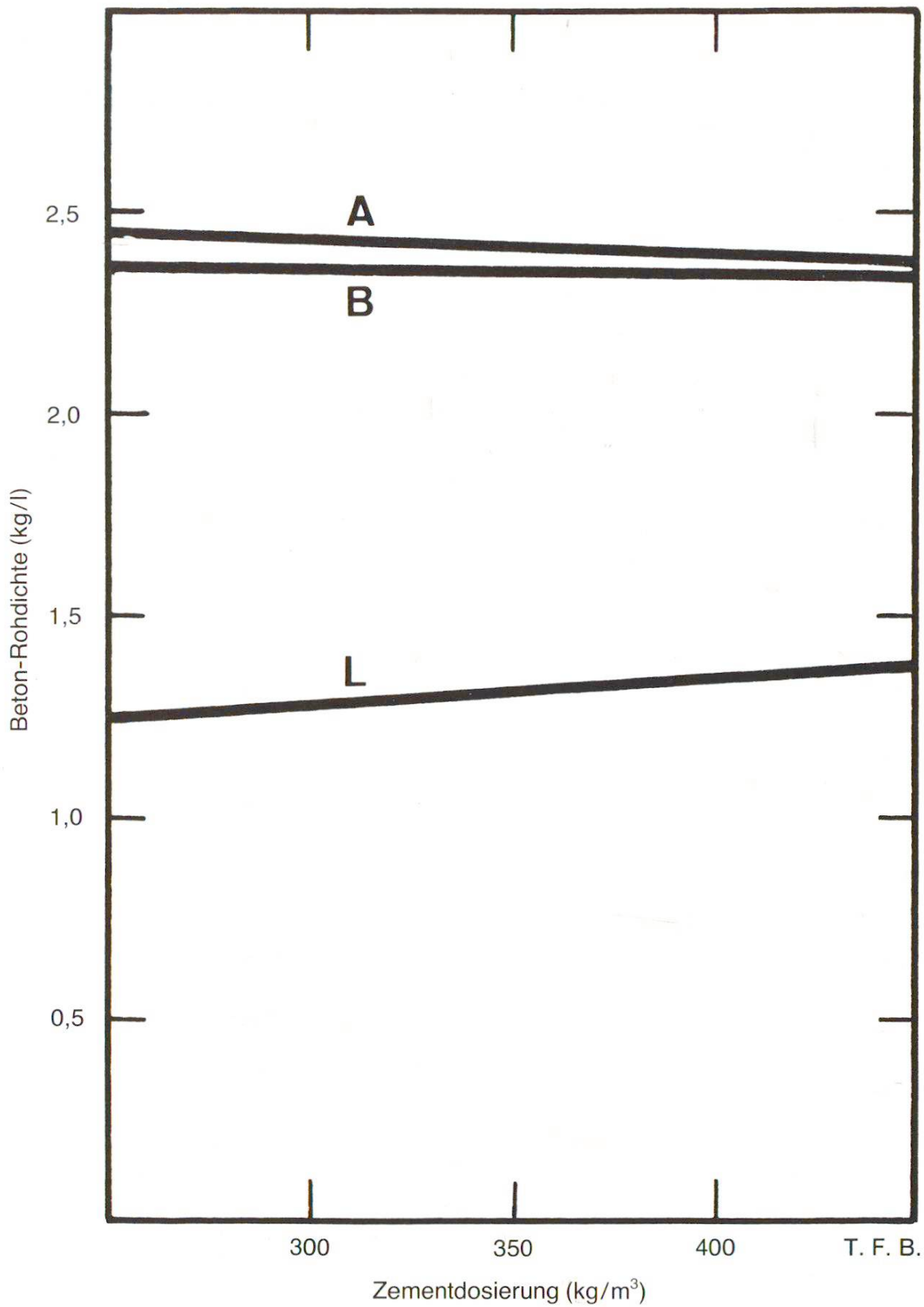


Abb. 3 Berechnete Rohdichten von Betonmischungen. A = Frischbeton mit normalem Zuschlag ohne und (B =) mit Lufteinschlüssen. L = Frischbeton mit Leichtzuschlag.