Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 46-47 (1978-1979)
Heft: 7

Artikel: Der Wasserzementwert
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153602

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

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

CEMENTBULLETIN

JULI 1978 JAHRGANG 46 NUMMER 7

Der Wasserzementwert

Der Wasserzementwert als wichtigstes Merkmal der Betonmischung. Einfluss auf Festigkeit, Beständigkeit und Schwindmass des Betons.

Der Wasserzementwert* ist die wichtigste Kenngrösse der Betontechnologie. Festigkeit, Beständigkeit und Dichtigkeit des Betons sowie das Schwind- und Kriechmass sind von ihm weitgehend abhängig. Der Wasserzementwert ist bestimmend für den inneren Aufbau des Zementsteins.

Der Wasserzementwert ergibt sich aus dem Mengenverhältnis zwischen Wasser und Zement im frisch angemachten Beton. Man berechnet ihn, indem man das Gewicht des vorhandenen Wassers durch das Gewicht des beigegebenen Zementes teilt:

$$w = \frac{W}{Z}$$

w = Wasserzementwert der Betonmischung
W = Gewichtsteile Wasser in der Betonmischung
Z = Gewichtsteile Portlandzement in der Betonmischung

Mit zunehmendem Wassergehalt wächst der Wasserzementwert an, und mit zunehmendem Zementgehalt wird er kleiner. Ein kleiner Wasserzementwert ergibt in jeder Beziehung bessere Eigenschaften des Zementsteins.

Über den grossen Einfluss des Wasserzementwertes hat der amerikanische Betonforscher **Duff A. Abrams** vor 60 Jahren erstmals berichtet (s. Literaturangabe und Abb. 1). Aufgrund von Festig-

* Der Wasserzementwert wird auch «Wasserzementfaktor» oder «Wasserzementverhältnis» genannt.

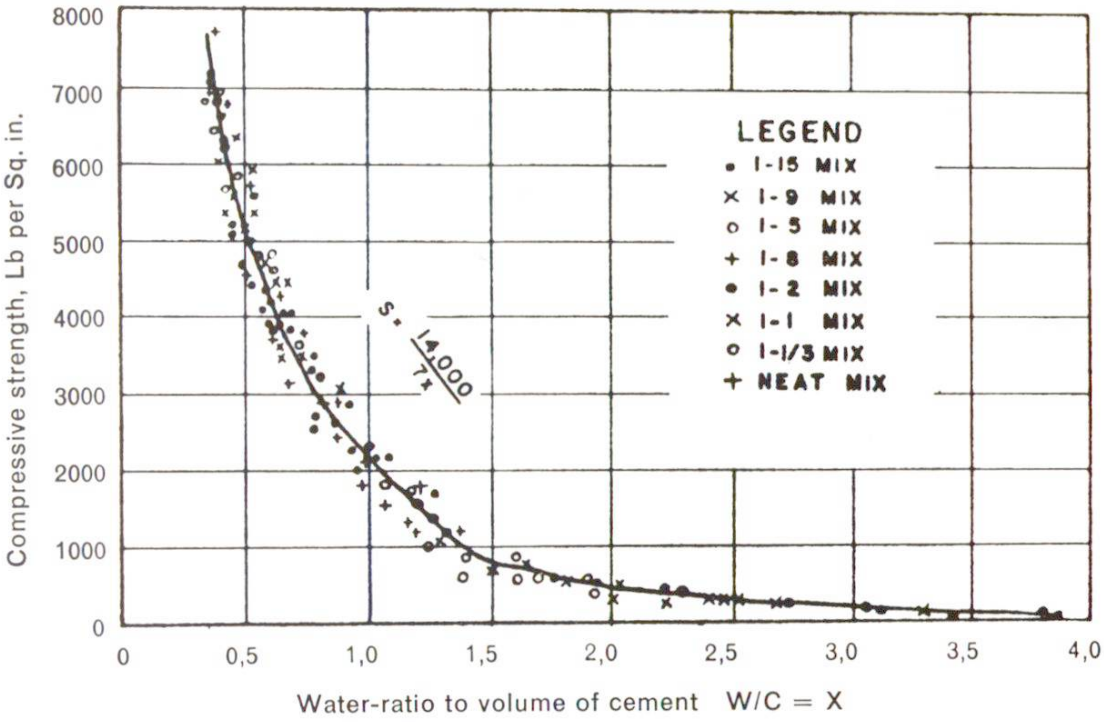

Abb. 1 Die Wasserzementwert-Versuche von D. A. Abrams. Grafische Zusammenstellung der Versuchsresultate in der Originalpublikation 1918 (s. Literaturangabe). Die starke Verschiedenheit der Betonmischungen wirkt sich nicht oder erst in der zweiten Grössenordnung auf die Betonfestigkeit aus.

keitsversuchen mit zahlreichen verschiedenen Betonmischungen stellte er das Gesetz auf, wonach bei gegebenem Betonmaterial die zu erzielende Festigkeit nur vom ursprünglich gegebenen Wasserzementwert abhängig sei. Diese Erkenntnis hat wegweisende Bedeutung erlangt, insbesondere, weil auch noch andere wichtige Betoneigenschaften im gleichen Sinne vom Wasserzementwert abhängig sind.

Die Frage nach den Gründen des starken Einflusses des Wasserzementwertes konnte später aufgrund von Untersuchungen von **T. C. Powers** beantwortet werden.

Der Einfluss beruht auf der Erhärtung des Portlandzementes, die bekanntlich durch eine chemische Wasseranlagerung an die Zementmineralien, namentlich an $3\ CaO \cdot SiO_2$ und $2\ CaO \cdot SiO_2$ zustandekommt. Dabei wird der Zementstein in Form von festen, gelförmigen Hydraten gebildet. Wie bei den meisten chemischen Umsetzungen verlaufen auch diese Reaktionen in festbleibenden Mengenverhältnissen. In diesem Falle binden 100 g Portlandzement bei vollständiger Hydratisierung ca. 20 g Wasser. Dies entspricht einem Wasserzementwert von 0,2. In den sehr kleinen Zwischenräumen* der entstehenden Gele werden zudem durch Oberflächen-

* Diese Zwischenräume werden als «Gelporen» bezeichnet. Ihr Anteil ist mit 28 Vol.% konstant. Ihr Durchmesser beträgt $2 \cdot 10^{-6}$ mm.

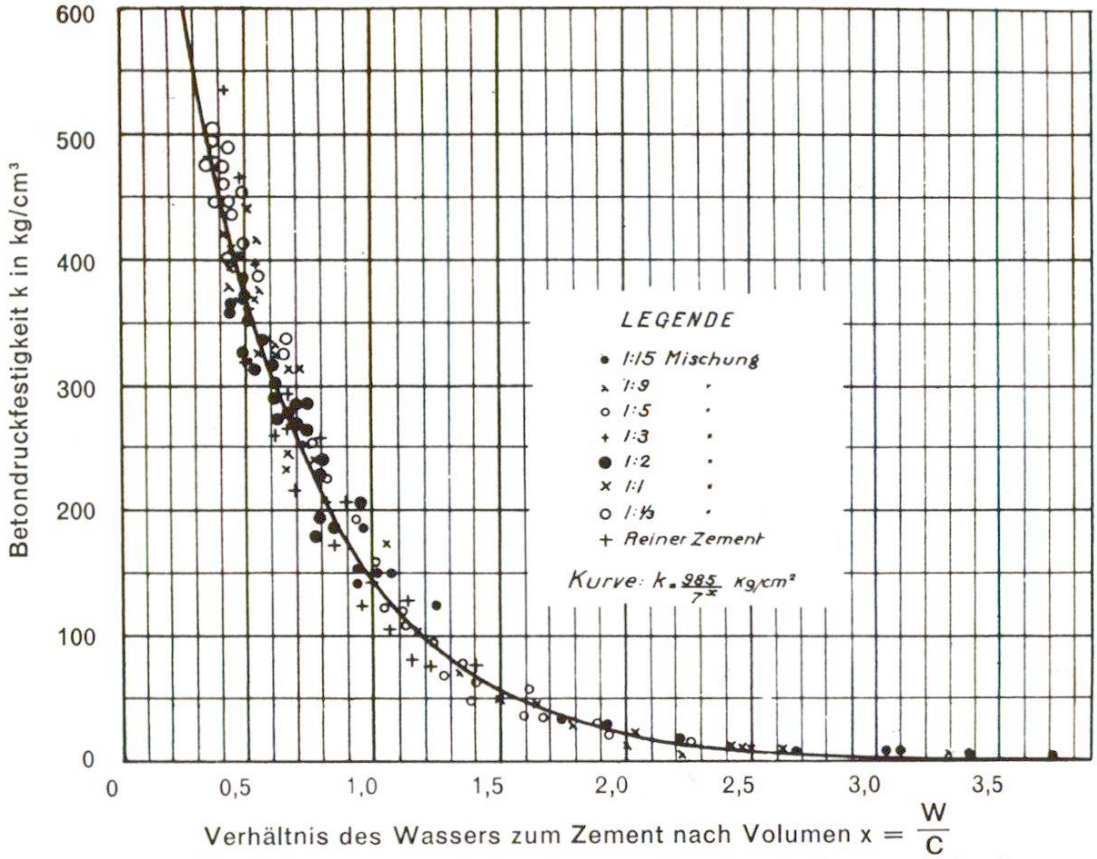

Fig. 1 Beziehung zwischen Betonfestigkeit und Wassergehalt
28 Tage Druckproben mit 15- auf 30-cm-Zylindern

Abb. 2 Die Kurve von Abrams (Abb. 1) in der schweizerischen Übersetzung der Originalpublikation (s. Literaturangabe).

adsorption weitere Wassermoleküle angelagert, und zwar bis zur vollen Besetzung wiederum ca. 20 g pro 100 g Zement.
Beim Erhärten bindet Portlandzement somit so viel Wasser, wie es einem Wasserzementwert von 0,4 entsprechen würde. Wasseranteile, welche über diesen Wert hinausgehen, bleiben ungebunden und hinterlassen im Zementstein die sog. Kapillarporen*. Je höher der Wasserüberschuss, desto mehr Kapillarporen durchziehen den Zementstein. Bei einem Wasseranteil entsprechend w = 0,7 sind die Kapillarporen bereits so zahlreich, dass sie miteinander verbunden werden und ein freidurchlässiges Porensystem bilden. Das Volumenverhältnis Kapillarporen zu Festsubstanz hat dann den Wert 1:2 erreicht (Abb. 3).
Bei einer Wasserzugabe von beispielsweise 70 g zu 100 g Portlandzement (w = 0,7) werden demnach

— die ersten 20 g chemisch gebunden,
— die zweiten 20 g durch Adsorption angelagert, während
— die restlichen 30 g in einem Porensystem frei beweglich bleiben.

Aus diesem einfachen Bild der Entstehung des Zementsteins lassen sich die folgenden Feststellungen machen:

* Kapillarporen haben einen Durchmesser von 10^{-3} bis 10^{-4} mm.

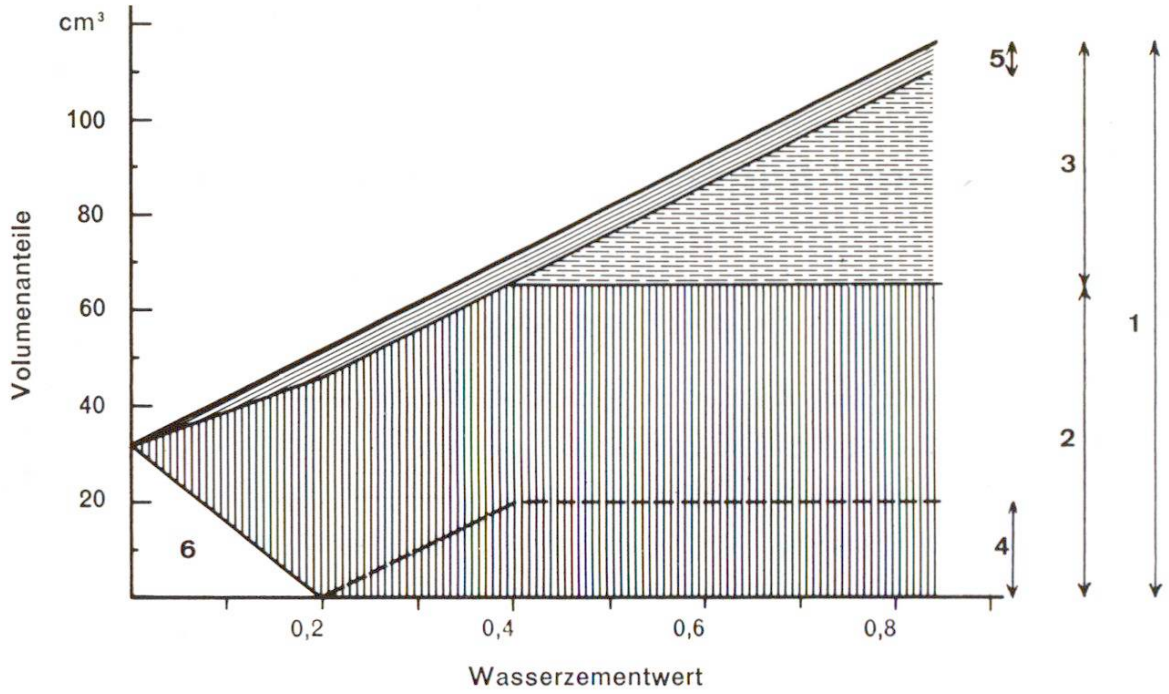

Abb. 3 Die Volumenanteile der verschiedenen Phasen im Zementstein aus 100 g Portlandzement mit verschiedenen Wasserzementwerten.
1 = Äusseres Volumen des Zementsteins
2 = Volumen der Gelsubstanz + Gelporen
3 = Kapillarporen + Schrumpfporen (Volumen des freien Wassers + 5)
4 = Volumenanteil des in den Gelporen adsorbierten Wassers
5 = Kapillarporenanteil aus dem «Schrumpfen» (chemisches Schwinden 6 cm³/100 g Zement) (s. CB 16/1977).
6 = Volumenanteil des nicnt hydratisierten Zementes

1. Der Einfluss des Wasserzementwertes betrifft allein die Zementsteinbildung und ist unabhängig von der Zementdosierung oder den Zuschlagseigenschaften des Betons.
2. Die Verminderung der Betonfestigkeit mit ansteigendem Wasserzementwert erklärt sich aus der abnehmenden Dichte des Zementsteins.
3. Die mit ansteigendem Wasserzementwert zunehmende Porosität hat eine Verschlechterung der Dichtigkeit und der chemischen Beständigkeit des Betons zur Folge.
4. Der mit steigendem Wasserzementwert erhöhte Anteil an beweglichem Wasser im Zementstein bewirkt eine Zunahme des Schwindmasses des Betons.

Praktische Folgerungen

1. Anpassung von Betonmischungen

Der Wasserzementwert einer Betonmischung wird geändert, indem man entweder die Wasserzugabe oder die Zementdosierung neu ansetzt. Beide Vorgehen sind in ihrer Wirkung auf die

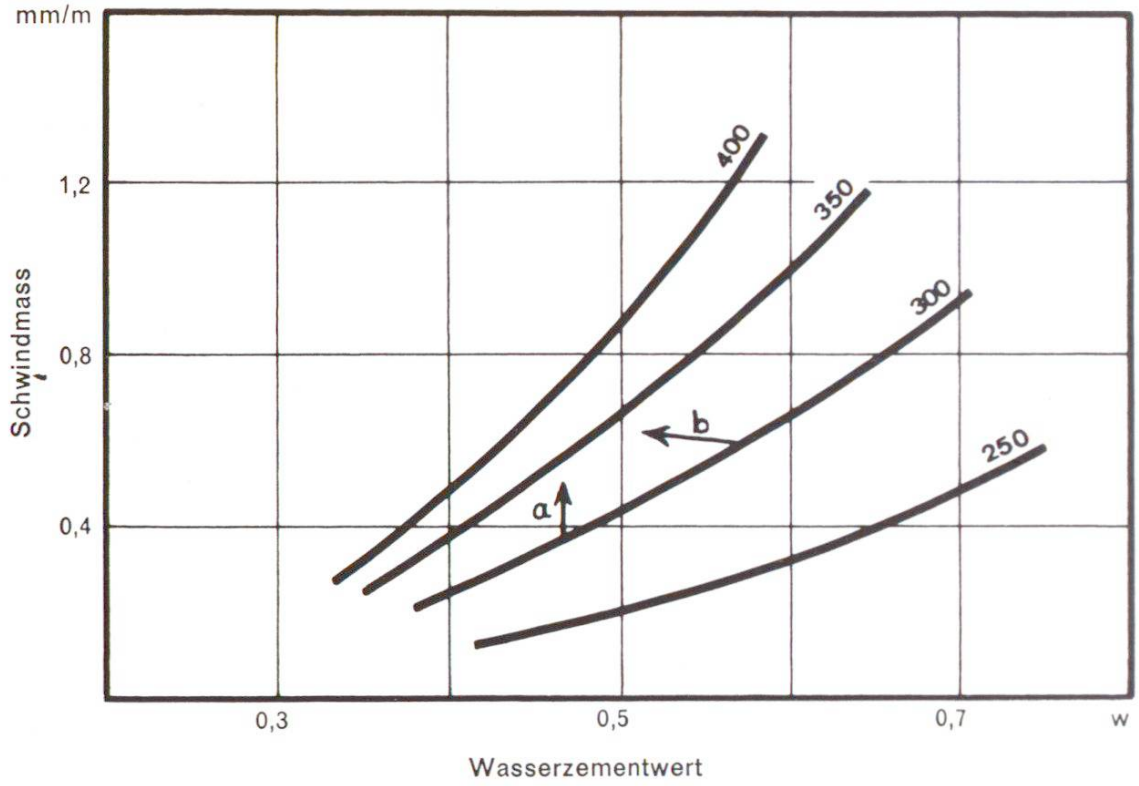

Abb. 4 Einfluss des Wasserzementwertes und der Zementdosierung auf das Schwindmass (nach D. F. Orchard, s. Literaturangabe). Mit kleinen Pfeilen sind die Korrekturen der Betonmischungen Beispiele a und b eingezeichnet (250—400 kg PC/m³).

Qualität des Zementsteins gleichwertig, nicht aber in bezug auf die Frischbetoneigenschaften. Daraus ergeben sich Möglichkeiten, eine bekannte Betonmischung gezielt zu verändern. Zwei Beispiele:

a) Die Betonmischung M_1 ergibt günstige Festigkeiten, ist aber für eine spezielle Bauaufgabe zu steif.

M_1, Zusammensetzung:

Zuschlag*:	1950 kg/m³
Portlandzement:	300 kg/m³
Wasser:	120 kg/m³

Eigenschaften:

Konsistenz:	steifplastisch
Setzmass:	1,0 cm
Wasserzementwert:	0,47–0,48
Mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen:	49,0 N/mm² (490 kg/cm²)

Die Mischung wird korrigiert durch Erhöhung der Zement- und Wasserbeigabe ohne Veränderung des Wasserzementwertes:

* Kiessand 0–32 mm mit 1,1–1,3% Wasser.

Neue Mischung M_2

Zusammensetzung:

Zuschlag*:	1950 kg
Portlandzement:	330 kg
Wasser:	133 kg

Eigenschaften:

Konsistenz:	plastisch
Setzmass:	3–4 cm
Wasserzementwert:	0,47–0,48
Mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen:	48,5 N/mm² (485 kg/cm²)

b) Die Betonmischung N_1 weist die richtige Konsistenz auf, genügt aber der Festigkeitsanforderung von 40 N/mm² nicht.

N_1, Zusammensetzung:

Zuschlag*:	1950 kg/m³
Portlandzement:	300 kg/m³
Wasser:	150 kg/m³

Eigenschaften:

Konsistenz:	weichplastisch
Wasserzementwert:	0,57–0,58
Mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen	36,0 N/mm² (360 kg/cm²)

Die Mischung wird korrigiert unter Anwendung folgender Faustregeln:

- gleiche Wasserzugabe ergibt annähernd gleiche Konsistenz;
- Verminderung des Wasserzementwertes um −0,1 ergibt annähernd einen Festigkeitsgewinn von +10 N/mm².

Neue Mischung N_2

Zusammensetzung:

Zuschlag*:	1950 kg
Portlandzement:	335 kg
Wasser:	150 kg

Eigenschaften:

Konsistenz:	weichplastisch
Wasserzementwert:	0,51–0,52
Mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen:	42 N/mm²

* Kiessand 0–32 mm mit 1,1–1,3% Wasser.

In beiden Fällen konnte man bestimmte Eigenschaften der Betonmischung durch **Erhöhung der Zementbeigabe** anpassen, ohne andere wichtige Merkmale zu verändern. (Die angegebenen Zahlen sind Beispiele und haben keine allgemeine Gültigkeit.)

2. Verbesserung der Beständigkeit des Betons

Die Porosität des Zementsteins beeinflusst die chemische Beständigkeit des Betons. Ein dichtes Material, das weniger aggressive Gase oder Flüssigkeiten eindringen lässt, muss naturgemäss beständiger sein. So hat der Wasserzementwert auch in dieser Beziehung entscheidenden Einfluss. Beständigkeit und Festigkeit werden so eng aneinander gekoppelt. Veränderung des einen bedeutet auch Veränderung des anderen. Dieser Umstand ist zu berücksichtigen, wenn man beispielsweise versucht ist, die Festigkeit einer Betonmischung durch Reduktion der Zementbeigabe herabzusetzen. Die Anpassungen, welche in den zwei Beispielen gezeigt wurden, können entsprechend auch für Anforderungen an die Beständigkeit gemacht werden.

3. Beeinflussung des Schwindmasses

Die Verbesserung der Festigkeit und der Beständigkeit des Betons durch Erhöhung des Zementgehaltes hat grundsätzlich auch eine Verstärkung des Schwindens zur Folge. Vermehrter Feinstoffgehalt ist der Grund dafür. Andererseits kann man annehmen, dass eine Verminderung des Wasserzementwertes das Schwindmass reduziert. Es fragt sich, ob sich die entgegengesetzten Wirkungen aufheben.
Abb. 4 zeigt, dass dies für den Bereich der normalen Betonmischungen angenommen werden kann, sofern, wie bei Beispiel b, der Wasserzementwert verändert wird. In diesem Fall bewirkt die Erhöhung des Zementgehaltes keine oder nur eine unwesentliche Steigerung des Schwindmasses. Wenn aber die Zement- und Wasserbeigabe gleichzeitig ohne Veränderung des Wasserzementwertes erhöht wird (Beispiel a), so ist naturgemäss mit einem vermehrten Schwinden des Betons zu rechnen.

Tr

8 Literaturangaben:

D. A. Abrams, Design of Concrete Mixtures, Structural Materials Research Laboratory, Chicago 1918

SIA-Fachgruppe für Beton- und Eisenbetoningenieure, Bestimmung von Betonmischungen (Übersetzung der Publikation D. A. Abrams) (1922)

T. C. Powers, Structure and Physical Properties of Hardened Portlandcement-Paste, PCA-Research Bull. No. 94 (Chicago 1958)

L. Vironnaud, Importance relative des erreurs de dosage, Annales Inst. Techn. No 147, 313 (1960)

H. J. Gilkey, Water–Cement-Ratio versus Strength, J. Am. Concr. Inst. Proc. 57, 1287 (1961)

M. Vénuat, Doit-on craindre les forts dosages en ciment? Revue Mat. Constr. No 629, 59 (1968)

D. F. Orchard, Concrete Technology, London, 1973

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
5103 Wildegg Postfach Telephon (064) 53 17 71