

# Zementgehalt eines normenkonformen Betons

Autor(en): **Weiss, Nicolas R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 22

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73700>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

3. Das nach dem Abbau der Reinzinkschicht in den folgenden Fe/Zn-Legierungsschichten in zunehmendem Masse zur Verfügung stehende Eisen (siehe Bild 7b) ermöglicht die Bildung korrosionshemmender Rostschutzschichten. Das gleichzeitig noch in Lösung gehende Zink vermindert dabei die Hydrolysewirkung und verhindert infolge der höheren Löslichkeit der Zinkkorrosionsprodukte auch die Stabilisierung von Makroelementen. Die Ausbildung von grossflächigen Lokalelementen wird auf diese Weise offenbar unterdrückt.

### Zusammenfassung

Das Korrosionsverhalten feuerverzinkter Stähle unter Immersionsbedingungen wird von ganz verschiedenen Grössen beeinflusst. Zur Vermeidung grossflächiger Belüftungselemente, welche die lokalen Korrosionsangriffe einleiten, ist neben einer glatten Zinkoberfläche ein einwandfreier, gleichmässiger Aufbau der anschliessenden Eisen-Zink-Legierungsschichten erforderlich. Ein möglichst gleichmässiger Abtrag der Reinzinkschicht in der Anfangsphase schafft vermutlich günstige Voraussetzungen für die nachfolgende Schutzschichtbildung. Unebene Verzinkungsschichten, konstruktiv bedingte Spalten wie auch eingeschleppte Fremdblagerungen stören die Schutzschichtbildung und fördern die Entstehung von Belüftungselementen [7, 12].

Für das Korrosionsverhalten blanker wie auch feuerverzinkter Stahlrohre sind jedoch auch die hydrodynamischen Verhältnisse im Angriffsmedium von entscheidender Bedeutung. Gleichmässig schnell fliessendes Wasser mit entsprechend dünnen Diffusionsgrenzschichten an der Metalloberfläche führt eher zur Bildung kompakter, dichter und damit schützender Deckschichten. In Haushaltinstallationssystemen mit zeitlich und örtlich häufig stagnierendem Wasser sind diese Verhältnisse jedoch kaum erfüllt, und als Folge davon wird die Entstehung lokaler Korrosionsangriffe gefördert. Im Falle von feuerverzinkten Stählen verhindert das Zink jedoch die Stabilisierung solcher Makroelemente auch unter relativ ungünstigen hydrodynamischen Bedingungen recht wirkungsvoll, wie das meist vorteilhafte Langzeitverhalten feuerverzinkter Wasserleitungen in der Praxis zeigt. Zur weiteren Verminderung von Korrosionsschäden muss jedoch auch den «Betriebsverhältnissen» in Haushaltinstallationssystemen eine grössere Beachtung geschenkt werden.

Neben dem Aufbau der Feuerverzinkungsschicht und den Strömungsverhältnissen hängt das Korrosionsverhalten sicher auch von der chemischen Zusammensetzung der Gebrauchswässer ab. Leider liegen bis heute in dieser Hinsicht keine systematischen Untersuchungen vor, die eine eingehende Beurteilung dieser Verhältnisse erlaubten. Sicherlich darf angenommen werden, dass alle Bestandteile, welche Deckschichtzerstörend wirken bzw. die Bildung leichtlöslicher Korrosionsprodukte begünstigen, sich auch hier ungünstig bemerkbar machen.

Abschliessend darf festgestellt werden, dass für einen wirksamen Korrosionsschutz ein komplexes Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren erforderlich ist, so dass die bekanntlich grosse Ungewissheit bei Voraussagen über das Korrosionsverhalten in der Praxis weiter nicht erstaunt. Im Blick auf den korrosionsschützenden Einfluss des Zinks ist festzuhalten, dass dieser ebenfalls sehr verschiedenartig ist und eine einfache Betrachtungsweise nur unter Berücksichtigung des kathodischen Schutzes und der Deckschichtbildung durch Zinkkorrosionsprodukte der Sache nicht gerecht wird.

### Literaturverzeichnis

- [1] *Metallstatistik 1956-75*: Metallgesellschaft AG, Frankfurt 63 (1976).
- [2] *Kruse C. L.*: Werkstoffe und Korrosion 26 (1975) 454.
- [3] *Theiler F.*: Diss. ETH-Zürich, 1972.
- [4] *Böhni H.*: XII. FATIPEC Kongress, Verlag Chemie, Weinheim (1974) 49.
- [5] *Friehe W., Schwenk W.*: Heizung, Lüftung, Haustechnik 24 (1973) 13.
- [6] *Böhni H.*: unveröffentlicht.
- [7] *Werner G., Wurster E., Sontheimer H.*: «gwf»-Wasser/Abwasser 114 (1973) 105.
- [8] *Kaesche H.*: Die Korrosion der Metalle, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1966.
- [9] *Feitknecht W.*: Métaux et Corrosion 23 (1947) 192.
- [10] *Weast R. C.* (ed.): Handbook of Chemistry and Physics. The Chemical Rubber Co., Cleveland/Ohio, 1970/71 (51st ed.).
- [11] *Schramm L.*: Z. Metallkunde 36 (1944) 203.
- [12] *Friehe W.*: Mannesmann Forschungsber. 619 (1975).

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. H. Böhni, Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich

## Zementgehalt eines normenkonformen Betons

Von **Nicolas R. Weiss**, Zürich

*Die tiefgreifende Wirtschaftskrise im Bauwesen hat auch im Betonbau negative Auswüchse zur Folge gehabt. Es handelt sich um Fälle der Zement-Unterdosierung mit dem Ziel einer fragwürdigen Einsparung an Baukosten, wobei über diese Unterdosierung entweder schon in der Planung oder erst in der Ausführung entschieden wird. Im folgenden werden die wieder aktuell gewordenen Probleme des Zementgehaltes und dessen Kontrolle erläutert.*

### Norm SIA 162

Die einschlägige Norm SIA für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton (162/1968) sagt unter Art. 2.05 aus: «Für Beton mit Stahleinlagen sind in der Regel mindestens 300 kg Zement auf den m<sup>3</sup> fertig verdichteten Beton zu verwenden. Bei Bauwerken, die Witterungseinflüssen und anderen schäd-

lichen Einwirkungen dauernd entzogen sind, darf die Zementmenge bis auf 250 kg/m<sup>3</sup> vermindert werden, wenn im übrigen die in Absatz 3 (siehe Tabelle: Verlangte Nennwerte für die Würfeldruckfestigkeit) vorgeschriebenen Festigkeiten gewährleistet bleiben.

Die gleiche Zementreduktion ist auch bei Bauwerken im Freien gestattet, wenn durch Versuche belegt wird, dass Dichtigkeit und Frostbeständigkeit die erforderlichen Werte erreichen.»

Aus dem Zitat geht hervor, dass die Norm die *Festigkeit* und die *Zementmenge als Qualitätskriterien* differenziert festlegt (Tabelle 1). Die Zementmenge beeinflusst die *Dichtigkeit*, die *Witterungsbeständigkeit* und den *Korrosionsschutz* der Betonarmierung, die als wichtige Betoneigenschaften in der Norm aufgrund jahrzehntelanger praktischer Erfahrung gefordert werden.

Tabelle 1. Verlangte Nennwerte für die Würfeldruckfestigkeit

	Zementmenge auf den m <sup>3</sup> fertigen Beton in kg	BN	BH	BS
		Nennwert $\beta_{w28}$ kg/cm <sup>2</sup>	Nennwert $\beta_{w28}$ kg/cm <sup>2</sup>	Nennwert $\beta_{w28}$ kg/cm <sup>2</sup>
Für unbewehrten Beton	150 200 250 und höher	100 150 200	300	
Stahlbeton und Spannbeton, siehe Art. 2.05 <sup>7</sup>	300 300 und höher	200	300	375 oder mehr

Tabelle 2. Verantwortung bei Zement-Unterdosierung

Art der Zement- unterdosierung	Initiant	Finanzieller Vorteil	Verantwortung
«Offene» Unter- dosierung im Devis	Bauingenieur	Bauherr	Bauingenieur sowie Bauherr (hat Unterdosierung akzeptiert)
«Verheimlichte» Unterdosierung	Bau- unternehmer	Bau- unternehmer	Bauunternehmer Bauleiter (Sorgfalt bei Kontrolle)

Die in der Norm 162 verlangten Zementmengen sind *Mindestdosierungen*, die auch zur besseren Beständigkeit des Betons mit Vorteil erhöht werden.

Nach Norm SIA 162, Richtlinie 3, sollen die *Betonsorten* in der Ausschreibung vollständig beschrieben werden, d. h. als BN, BH, BS (Normal-, hochwertiger oder Spezialbeton), ferner mit der geforderten Festigkeit, aber auch mit dem Zementgehalt je Kubikmeter fertigen Betons, z. B. Beton BH,  $\beta_{w28} \geq 300$  kg/cm<sup>2</sup>, PC 300 kg/m<sup>3</sup>.

### Anforderungen

Die Festigkeit ist zwar ein wichtiges, aber nicht das einzige Qualitätsmerkmal des Betons. Demzufolge sind Nachweise der Betonfestigkeit unerlässlich für die Beurteilung der Tragfähigkeit, ungenügend aber für die allgemeine Beurteilung der Betone im Stahlbetonbau.

Das Einbringen und Verdichten des Betons erfordert eine *ausreichende Verarbeitbarkeit*, die sich durch Beifügen von Wasser verbessern lässt, allerdings auf Kosten der Festigkeit. Ist sowohl gute Verarbeitbarkeit als auch gute Festigkeit erforderlich, lässt sich dies mit einer höheren Zementdosierung und einer entsprechend höheren Wasserzugabe erreichen, so dass der Wasser/Zementwert nicht geändert wird. Dies ist besonders wichtig für *Sichtbeton*, bei dem die gute Verarbeitbarkeit sowie die witterungsbeständige Oberfläche unabdingbar sind.

Die alkalische Reaktion des Zementes schützt den Armierungsstahl im Beton vor Korrosion. Enthält die Betonmischung zu wenig Zement, wird ihre Alkalinität durch die Karbonatisierung rasch abgebaut und die Armierung der Korrosion ausgesetzt.

Eine andere wichtige Eigenschaft des Betons ist seine *Dauerhaftigkeit*, die nur durch genügenden Zementgehalt erreicht werden kann. Was die *Frostbeständigkeit* betrifft, sind zementreichere Betonmischungen weniger empfindlich in bezug auf das Gefrieren des Frischbetons und auch in bezug auf Frostschäden im Gebrauch.

Alle diese Betoneigenschaften, die neben der Festigkeit eine entscheidende Rolle für die Qualität der Betonkonstruktion spielen, sind direkt von der Zementmenge abhängig. Eine

*Zementreduktion bringt minimale Baukosteneinsparungen, jedoch eindeutige Qualitätseinbussen.*

### «Offene» Zement-Unterdosierung

Wenn in der Ausschreibung, im Devis, eine Zementmenge vorgeschrieben ist, die unter den in der Norm SIA 162 verlangten Mindestmengen liegt, handelt es sich um einen Fall der «offenen» Zement-Unterdosierung, die vom Bauingenieur angeordnet wird. Diese Reduktion des Zementgehaltes wird aufgrund der Interpretation von Art. 2.05<sup>7</sup> der Norm SIA (siehe Zitat im Text) vorgenommen, wobei sie meistens die Folge einer nur auf Festigkeit orientierten Betrachtungsweise ist. Denn wenn auch in einzelnen Fällen mit reduzierten Zementdosierungen die in der Norm verlangten Festigkeiten erzielt werden, erreicht man bei Zement-Unterdosierung andere Betoneigenschaften nicht, die ebenfalls wesentliche Qualitätsmerkmale des Betons sind, wie insbesondere ausreichende Beständigkeit und Dauerhaftigkeit. Ein Nachweis nur der Festigkeit des Betons ist jedenfalls als ungenügendes Kriterium zu betrachten. Die Qualität der Betonkonstruktion, wie auch jeder anderen Konstruktion, basiert nicht nur auf der Tragfähigkeit, sondern auch auf dem *Verhalten im Gebrauchszustand*. Hier sei noch erwähnt, dass jedes Zusatzmittel die Betoneigenschaften nur in einer Richtung beeinflusst, die Rolle des Zementes im Beton aber nicht übernehmen kann und eine Verminderung der Zementmenge nicht rechtfertigt.

### «Verheimlichte» Zement-Unterdosierung

Im harten Konkurrenzkampf um das so drastisch gesenkte Bauvolumen sind einige Fälle von «verheimlichten» Zement-Unterdosierungen bekannt geworden. Es wurden nicht die ausgeschriebenen, offerierten und verrechneten Betonmischungen geliefert, sondern Betone mit weniger Zement. Damit haben gewisse Bauunternehmer *unerlaubte preisliche Vorteile* gewonnen und gleichzeitig auf betrügerische Weise Minderqualitäten geliefert. Trotz klarer Beschreibung im Devis wird dadurch der Wettbewerb verzerrt, weil Gleiches nicht mehr mit Gleichem verglichen werden kann.

Wie auch die nachträgliche Begründung bzw. Rechtfertigung lauten mag, handelt es sich in diesen Fällen um eine *eklatante Verletzung des Werkvertrages*, weil die Lieferung nicht in Ordnung ist. Einige dieser Zement-Unterdosierungen haben ein ziemlich spektakuläres Echo erfahren, wobei am Rande vermerkt sei, dass die *preislichen Vorteile* dieser Unternehmer von *bescheidenem Ausmass* waren, insbesondere verglichen mit den unangenehmen Folgen nach der Aufdeckung solcher Handlungen.

### Verantwortung der Baubeteiligten – Garantie

Die Verantwortung der Baubeteiligten und die Garantiepflicht sind bei der offenen und verheimlichten Zement-Unterdosierung verschieden. Bei der offenen Unterdosierung ist der Bauingenieur Initiant des Vorgehens und trägt demzufolge auch die Verantwortung. Seine Verantwortung und Haftpflicht sind allerdings gemäss der Obligation eines Auftrages beschränkt. Der Bauingenieur ist haftpflichtig nur im Falle einer groben Verletzung der Sorgfaltspflicht, ist aber nicht der kausalen Haftpflicht unterworfen. Die Sache kompliziert sich, wenn der Bauingenieur seine Unterdosierung auf Versicherungen von Zusatzmittel-Lieferanten oder anderer Dritter basiert.

Eine *Mitverantwortung* bei der offenen Unterdosierung trägt immer auch der *Bauherr*. Erstens zieht er finanzielle Vorteile aus den Materialeinsparungen und zweitens hat er von der Reduktion des Zementgehaltes gewusst und sie akzeptiert. In jedem Fall ist es für den Bauherrn schwierig, irgendwelche Schadenersatzansprüche geltend zu machen, weil die all-

fälligen Schäden relativ spät auftreten können und der Nachweis der Tragfähigkeit meistens positiv ausfällt. Ausserdem ist es nicht so leicht, eine Minderung der Dauerhaftigkeit des Betons mit einfachen Mitteln schlüssig nachzuweisen. Demzufolge wird bei der offenen Zement-Unterdosierung primär der Bauherr neben einem bescheidenen finanziellen Vorteil an den Folgen der Minderqualität zu leiden haben.

Bei der verheimlichten Zement-Unterdosierung trägt die Verantwortung der Bauunternehmer. Er hat die Lieferung nicht gemäss Werkvertrag ausgeführt, macht sich strafbar, und der Bauherr hat das Recht auf Minderung. Weiterhin haftet der Bauunternehmer laut Werkvertrag für den Erfolg (Erfolgsobligation und nicht nur Haftung für Selbstverschulden wie beim Auftragsverhältnis), wobei die Garantierechte des Bauherrn erst nach fünf Jahren, für absichtlich verschwiegene Mängel nach zehn Jahren verjähren. Nach der Entdeckung einer verheimlichten Zement-Unterdosierung wird die gesetzliche Verjährung der Garantierechte von zehn Jahren (absichtlich verschwiegener Mangel) unterbrochen, und eine neue Verjährungsfrist von zehn Jahren beginnt von diesem Zeitpunkt an zu laufen.

Die möglichen negativen Folgen solcher Handlungsweise des Bauunternehmers übertreffen bei weitem den allfällig erzielbaren Gewinn, nicht zuletzt auch wegen des erhöhten Risikos betreffend Sicherheit der Bauten. Die Koinzidenz mehrerer negativer Einflüsse, wie Unterdosierung, ungenügende Überdeckung der Armierung, schlechte Qualität des Zuschlagstoffes usw., ist des öfters Ursache von Bauschäden.

Bei der verheimlichten Zement-Unterdosierung trägt auch die Bauleitung Verantwortung, wenn sie die Sorgfalt in der Ausführung ihrer Kontrollpflichten vernachlässigt hat.

In der Tabelle 2 sind die Verantwortungs-Zusammenhänge dargestellt.

#### Überwachungs-Instrumentarium für die Zementdosierung

In der Norm SIA 162 heisst es im Art. 8.04<sup>1</sup>: «Die Einhaltung der vorgeschriebenen Zementdosierung ist zu kontrollieren.» Eine einfache Kontrollmethode ist in der Richt-

linie 24 der erwähnten Norm beschrieben. Es handelt sich um den Ergiebigkeitsversuch, bei welchem die in der Norm verlangte Zementmenge auf 1 m<sup>3</sup> verdichteten Beton überprüft werden kann. Mit Hilfe einer Probekiste wird das Volumen der Betonmischung abgemessen und mit dem Gewicht des zugegebenen Zements verglichen. Durch eventuelle Korrekturen der Zementmenge wird die gewünschte normkonforme Betonmischung hergestellt. Dieser Ergiebigkeitsversuch verlangt eine genaue Kontrolle der Zementwaage vor jeder grösseren Betonieretappe. Neben dem Ergiebigkeitsversuch sind gemäss Richtlinie 24 auch empfohlen:

- Ergiebigkeitsprobe am Bauwerk durch Vergleich der erwarteten mit der effektiven Anzahl Betonmischungen.
- Vergleich des theoretischen mit dem effektiven Zementverbrauch.

Die in der Norm verankerte Kontrollpflicht gehört zu den Aufgaben der Bauleitung und muss von ihr regelmässig und sorgfältig erfüllt werden.

#### Zusammenfassung

Es wurde eine Übersicht über die den Zementgehalt betreffenden Bestimmungen und Richtlinien der Norm SIA 162 gegeben, mit Hinweisen auf die Qualitäts-Eigenschaften des Betons als Funktion normgemässer Zementdosierung.

Im weiteren sind die verschiedenen Unterdosierungsarten und -Motive untersucht und die Pflichten sowie die Verantwortungsverhältnisse der Baubeteiligten in bezug auf die Zementdosierung dargestellt worden.

Das richtige Vorgehen, von der Devisierung über die Ausführung bis zur Kontrolle, gewährleistet qualitativ einwandfreie Betonbauten. Das Qualitätsbewusstsein aller Baubeteiligten, in kritischer Abwägung der Folgen fragwürdiger Zementersparungen, wird auch hier den richtigen Weg weisen.

Adresse des Verfassers: N. R. Weiss, dipl. Ing. SIA, Verein Schweiz. Zement-, Kalk- und Gips-Fabrikanten, Talstrasse 83, 8001 Zürich.

## Umschau

### Laser-Strahl von 15 Billionen Watt

Die bisher grösste Leistung eines Lasers glauben amerikanische Physiker vor kurzem in den Labors von Los Alamos (New Mexico) erreicht zu haben. Ein achtstrahliges Laser-Gerät erbrachte dort für die sehr kurze Zeit von weniger als einer milliardstel Sekunde eine kombinierte Leistung von rund 15 Billionen (15mal 10<sup>12</sup>) Watt.

Die besondere Bedeutung dieses Experiments, das am 12. April mit einem Kohlendioxid-Laser vorgenommen wurde, sehen die Wissenschaftler für die Forschungen über die Laser-Kernfusion. In etwa sechs bis neun Monaten wollen sie in einer zweiten Versuchsphase den Laserstrahl gegen ein kleines «pellet» aus schwerem und überschwerem Wasserstoff (Deuterium und Tritium) lenken. Sie hoffen, dass dann in dem Brennstoff-Klumpchen eine energieliefernde Kernfusion eintritt - Bestätigung dafür, dass künftige Fusionsreaktoren in dieser Weise funktionieren könnten.

Der Fusionsprozess, in dem Kerne des schweren und des überschweren Wasserstoffs zu Helium verschmelzen, kommt erst bei Temperaturen um rund 100 Millionen Grad Celsius in Gang. Die Laser-Kernfusion dient neben anderen Konzepten, der Menschheit eine praktisch unerschöpfliche Energiequelle zu erschliessen.

### Öl-Kohle-Schlamm für den Kraftwerksbetrieb

(AD) Die Verwendung einer Mischung aus pulverisierter Kohle und Öl soll dazu beitragen, den Erdöl- und Erdgasverbrauch durch Heizkraftwerke zu vermindern. Auf der Basis von Kontrakten, die die amerikanische Bundesenergiebehörde 1977 an *Elektrizitätsgesellschaften in San Antonio* (Texas) und *Westborough* (Massachusetts) vergab, werden von der Bundesregierung für die Zeit von knapp dreieinhalb Jahren fast 40 Millionen Dollar an Fördermitteln bereitgestellt, um geeignete Demonstrationsprojekte zu entwickeln. Die Unternehmen werden bestehende Kesselanlagen umbauen und in Verbindung mit neuen Anlagen zum Mischen von Kohlepulver und Öl und für den Transport des Schlammes im Betrieb erproben.

Die Kraftwerke, die bisher ausschliesslich Erdgas (San Antonio) und Erdöl (Westborough) verwendeten, haben sich ausserdem verpflichtet, Öl-Kohle-Schlamm sowohl mit verschiedenen Kohlesorten, z.B. Magerkohle aus Wyoming und Kohle aus den amerikanischen Oststaaten, als auch mit Erdöl amerikanischer wie ausländischer Herkunft herzustellen und auf seine Eignung im Heizkraftwerksbetrieb zu untersuchen. Inzwischen liessen auch einige Industrieunternehmen Interesse an diesem Verfahren erkennen.