

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117 (1999)
Heft: 9

Vereinsnachrichten

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

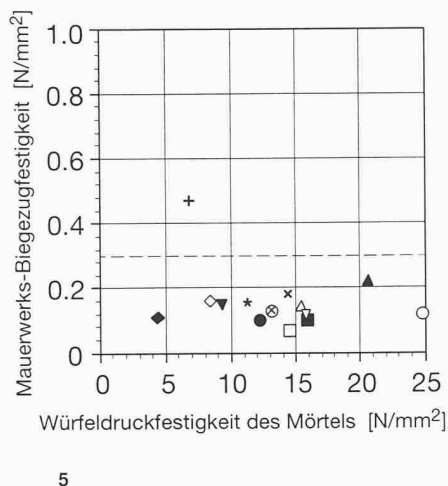
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 14.01.2026

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



5
Biegezugfestigkeit von Kalksandsteinmauerwerk in Abhängigkeit von der Würfeldruckfestigkeit des Mörtels. Die verschiedenen Symbole beziehen sich auf die verwendeten Mörtelsorten

An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass der bei der eingestürzten KS-Wand verwendete Mauermörtel nicht unter den oben erwähnten Mörteln mit einer besonders hohen Biegezugfestigkeit figuriert. Aufgrund der Graphik in Bild 5 kann daher mit guten Gründen davon aus-

Literatur

- [1]
Empa-Untersuchungsbericht Nr. 172 953, 1998
- [2]
Maissen A.: Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Mauerwerk. Empa-Bericht Nr. 228, 1994, S. 1 bis 22
- [3]
Hard AG, Volketswil: Planung von Wandkonstruktionen aus KS-Mauerwerk

gegangen werden, dass die Biegezugfestigkeit der eingestürzten KS-Wand 0,10 bis höchstens 0,15 N/mm² betragen hatte.

Beurteilung der Einsturzursache

Ein Vergleich der unter Windbeanspruchung auftretenden Biegezugspannungen mit der effektiven Biegezugfestigkeit der eingestürzten Kalksandsteinwand zeigt folgendes Bild:

Biegezugspannungen unter Windbeanspruchung
Druckeinwirkung: $\sigma_{fx} = 0,31 \text{ N/mm}^2$
Sogeinwirkung: $\sigma_{fx} = 0,22 \text{ N/mm}^2$
Vorhandene
Biegezugfestigkeit: $f_{tx} = 0,10 - 0,15 \text{ N/mm}^2$

Der Vergleich zeigt eindeutig, dass die vorhandene Biegezugfestigkeit der Aussenschale wesentlich kleiner war als die unter Windkräften auftretenden Biegezugspannungen. Versagt haben demnach nicht die vorhandenen Anker, sondern die Wand selber. Die vier fehlenden Spiralanker, deren Lage in Bild 3 angegeben ist, wurden nämlich beim Einsturz der Wand aus dem Beton gerissen. Somit kann folgendes festgehalten werden: Mit der Anordnung von nur einer Ankerreihe pro Geschoss wurden die Spannweiten der einzelnen Wandscheiben und damit auch die entsprechenden Biegezugspannungen zu gross. Diese Feststellung deckt sich auch mit den Konstruktionsrichtlinien der KS-Hersteller, die in ihren Unterlagen «Planung von Wandkonstruktionen aus KS-Mauerwerk» je zwei Ankerreihen pro Geschoss bei einer Stockwerkshöhe von

2,70 m empfehlen [3]. Mit der Wahl eines geeigneten Mörtels hätte die Situation hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit eindeutig verbessert werden können (grössere Rissesicherheit). Die Standsicherheit der Wand wäre dadurch jedoch immer noch ungenügend gewesen.

Sanierungsvorschlag

Für den Wiederaufbau der eingestürzten KS-Wand und die Sicherung der übrigen drei noch stehenden Aussenschalen empfahl die Empa je eine zusätzliche horizontale Ankerreihe in Feldmitte der drei Geschosse. Angesichts der Tatsache, dass die Aussenschalen keine Aussteifungen oder Ecken an den freien Rändern aufweisen (Bild 1), regte die EMPA zudem je eine vertikale Ankerreihe an den freien Seitenrändern der KS-Wände an. Für das Aufmauern der neu zu erstellenden Wand sollte im weiteren ein geeigneter, auf die KS-Steine abgestimmter Sichtmauermörtel verwendet werden, der im Empa-Gutachten näher bezeichnet wurde. Mit dem Einsatz dieser Mörtelsorte kann die Biegezugfestigkeit der Aussenschale wesentlich verbessert werden, eine fachkundige Ausführung natürlich vorausgesetzt. Zum Schluss legte die Empa dem Bauherrn nahe, die vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen durch einen ausgewiesenen Bauingenieur projektieren und die Ausführung überwachen zu lassen.

Adresse des Verfassers:

Aluis Maissen, dipl. Ing. ETH SIA, Empa, Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf

Arbeitsgruppe SIA 162-4

Festlegung und Bestimmung des Wasserzementwerts

Der Wasserzementwert (WZ-Wert) ist eine der wichtigsten betontechnologischen Grössen. Er hat einen massgebenden Einfluss auf praktisch alle Festboneigenschaften. Deshalb wird vielfach ein Maximalwert vorgeschrieben. Er ist definiert als:

$$\text{WZ} = \frac{W_o}{Z}$$

Der WZ-Wert kann nur am Frischbeton direkt bestimmt werden. Der Wassergehalt (W_o) wird in einem Darrversuch ermittelt (Norm SIA 162/1, Prüfung Nr. 19). Der Zementgehalt (Z) ergibt sich aus einer Ergiebigkeitsprüfung (Norm SIA 162/1, Prüfung Nr. 18) oder es wird dafür die Zementdosierung nach Rezept eingesetzt. Unter dem Begriff «Zement» sind die gemäss Norm SIA 215.002 definierten Ze-

mentarten (CEM I, II usw.) zu verstehen, nicht aber neben dem Zement zugegebene Betonzusatzstoffe wie z.B. Flugasche oder Mikrosilica. Zur Frage der Anrechenbarkeit von Betonzusatzstoffen sei auf die Mitteilung der Begleitkommission SIA 162 «Betonbauten» betreffend «Neue Zementnorm - neue Betonbezeichnungen» verwiesen (z.B. SI+A 30/31 vom 22. Juli 1996 oder IAS 10 vom 16. April 1996).

In letzter Zeit sind zunehmend Probleme entstanden, da die vorgeschriebenen, meist tiefen Werte für WZ nur noch knapp oder nicht mehr erreicht werden konnten, weil gleichzeitig hohe Anforderungen an die Verarbeitbarkeit gestellt

wurden und die Preise «gedrückt» waren. Teilweise wurden die Probleme gelöst, indem der gemessene Wassergehalt um die sogenannte «Kernfeuchte» oder um den Wassergehalt in Zusatzmitteln reduziert wurde. Dies wird manchmal damit begründet, dass dieses Wasser nicht wirksam sei und Anforderungen an den «wirksamen» und nicht an den «totalen» WZ-Wert gestellt werden müssten, wie aus Norm SIA 162/1, Ziffer 319 41, hervorgehe: «Bei Leichtbeton ist für die Berechnung des wirksamen Wasserzementwertes die Saugfähigkeit der Zuschlagstoffe zu berücksichtigen.»

In Bezug auf das Wasser in Zusatzmitteln – und Zusatzstoffen z.B. Mikrosilica-Slurry – ist leicht einzusehen, dass die oben beschriebene Korrektur des WZ-Werts nicht zulässig ist. Dieses Wasser unterscheidet sich nicht von «normalem» Zugabewasser und ist deshalb vollständig als «wirksam» zu berücksichtigen. Dies ist im Einklang mit den Bestimmungen in der kommenden europäischen Betonnorm prEN 206.

Bezüglich der Kernfeuchte, d.h. des Wassers, das in den Poren der Zuschlagskörner adsorbiert ist, erscheint eine Korrektur des WZ auf den ersten Blick gerechtfertigt. Bei näherer Betrachtung erweist sich diese Art der «Problemlösung» aber aus praktischen Gründen als nicht zweckmässig, wie im Folgenden erläutert wird. Die Bestimmung des Wassergehalts durch Austrocknen (Prüfung Nr. 19) ist äusserst einfach und liefert – bei der notwendigen Sorgfalt – eindeutige Ergebnisse. Interne Vergleichsversuche an der Empa haben gezeigt, dass der totale Wassergehalt W_o im Beton etwa auf ± 2 bis 4% genau ermittelt werden kann.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Wassergehalte, die sich aus zwei verschiedenen Frischbetonkontrollen der gleichen Lieferung ergeben, um 5 bis 15 kg/m³ voneinander abweichen können, was etwa der maximal möglichen «Kernfeuchte» von «normalen» Zuschlagstoffen entspricht. Die Kernfeuchte liegt also im «Normalfall» im Bereich der Messunsicherheit.

In diesem Zusammenhang soll darauf hingewiesen werden, dass die Schweizerische Vereinigung Privater Labors für Baustoffprüfung und Forschung (VPL) Empfehlungen für vereinheitlichte Arbeitsanweisung für verschiedene Betonprüfungen erarbeitet hat, so z.B. auch für:

- Bestimmung der Kernfeuchte von Zuschlagstoffen
- Wassergehalt und Wasser/Zement-Wert im Frischbeton

Hinsichtlich der Bestimmung der Kernfeuchte von Zuschlagstoffen sei zudem auch auf die prEN 1097-6 «Determination

of particle density and water absorption» verwiesen.

Bei porösem Zuschlag – z.B. Blähton, Backsteinabbruch, Betongranulat – kann die Wasseraufnahmefähigkeit wesentlich grösser als die Messunsicherheit bei der Bestimmung des Wassergehalts sein. In ausgedehnten Untersuchungen an der Empa hat sich jedoch gezeigt, dass die tatsächliche Wasseraufnahme der Körner im Frischbeton etwa dem Wert entspricht, der bei Unterwasserlagerung nach einer Minute erreicht wird. Eine «korrekte» Berücksichtigung der Kernfeuchte ist deshalb auch hier nicht möglich, da die Ein-Minuten-Wasseraufnahme aus technischen Gründen nicht direkt gemessen werden kann. Dieser Wert muss aus einer Zeitreihe zurückextrapoliert werden. Zudem müsste im Einzelfall auch bekannt sein, wie gross der Wassergehalt der Körner vor der Zugabe zum Mischer war.

Aus diesen Gründen erachtet es die Arbeitsgruppe SIA 162-4 «Beton» der Begleitkommission SIA 162 als unzulässig, den gemäss Prüfung Nr. 19, Norm SIA 162/1, ermittelten Wassergehalt mit einer «Kernfeuchte» oder dem Wassergehalt in Zusätzen zu korrigieren. Die Definition des WZ-Werts muss aus Gründen der Überprüfbarkeit auf den totalen Wassergehalt W_o , der sich aus dem Darrversuch ergibt, bezogen werden und lautet: Das eingangs erwähnte Problem mit dem WZ-Wert entsteht dadurch, dass sowohl an die Steuergrössen (z.B. WZ, Zementgehalt) als auch an die Zielgrössen (z.B. Verarbeitbarkeit, Festigkeit usw.) Anforderungen gestellt werden. Dies führt fast zwangsläufig zu Widersprüchen, da die Beziehungen zwischen den einzelnen Grössen nicht konstant sind, sondern von vielen weiteren Faktoren und Randbedingungen abhängen.

So ist z.B. die Beziehung zwischen WZ und Druckfestigkeit von der Zementfestigkeitsklasse, vom Zementgehalt, von der Kombination Zement – Zuschlag – Zusatz, von der Korngrößenverteilung des Zuschlags, von der Form, Oberflächenrauigkeit und Kantigkeit der Zuschlagskörner und – in speziellen Fällen wie Betongranulat, Mischabbruch, Leichtzuschlag – von der Wasseraufnahme der Zuschlagskörner abhängig. Alle diese Faktoren sind dem ausschreibenden Ingenieur nicht bekannt, hingegen sollte der Betonproduzent Bescheid wissen. Deshalb ist es nicht sinnvoll, dass der Ingenieur durch eine Vorschrift zur Steuergrösse zumindest teilweise die Verantwortung dafür übernimmt, dass bei Einhaltung dieser Vorschrift die Anforderungen an die Frisch- oder Festbetoneigenschaften (=Zielgrössen) erreicht werden.

Eine Lösung des Problems mit dem WZ-Wert ist demnach nur dadurch zu erreichen, dass der Beton (wie in der prEN 206 vorgesehen) entweder als «Entwurfsbeton» oder als «vorgeschriebener Beton» festgelegt wird (Kasten).

Dass der Hersteller beim «Entwurfsbeton» respektive der Ingenieur beim «vorgeschriebenen Beton» die Saugfähigkeit der Zuschlagstoffe für die Berechnung des wirksamen WZ-Werts berücksichtigen muss, ist selbstverständlich.

Die entsprechende Korrektur ist aber bei den Anforderungen vorzunehmen und nicht bei den Prüfergebnissen, indem der maximal zulässige WZ-Wert um einen entsprechenden Betrag erhöht wird:

- z.B. WZ («wirksam») = 0,48

$$WZ \text{ (gefordert)} \leq 0,51$$

Dabei muss gleichzeitig klar festgelegt werden, ob diese Forderung für jeden Einzelwert oder für den Mittelwert gilt. Im ersten Fall muss nämlich die Prüfstreuung von $\pm 0,02$ bis $\pm 0,03$ vom Hersteller berücksichtigt und ein entsprechend tieferer WZ-Wert angestrebt werden, während sie im zweiten Fall vom Besteller (Ingenieur, Bauunternehmen) als «Toleranzband» zu akzeptieren ist. Die folgenden Beispiele erläutern diesen Sachverhalt:

- Anforderung an jeden Einzelwert:
z.B. WZ (gefordert) $\leq 0,51$
WZ (angestrebt) $\leq 0,48$
- Anforderung an den Mittelwert:
z.B. WZ (gefordert) $\leq 0,51$
WZ (akzeptiert) = 0,48 bis 0,54

Verfasser:

W. Studer, F. Hunkeler, Arbeitsgruppe SIA 162-4 «Beton» der Begleitkommission SIA 162