Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 109 (1991)

Heft: 3

Artikel: Betonbezeichnungen: unsere Erfahrungen mit der neuen Bezeichnung gemäss Norm SIA 162 (1989)

Autor: Studer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85874

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: 07.01.2026

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

Betonbezeichnungen

Unsere Erfahrungen mit der neuen Bezeichnung gemäss Norm SIA 162 (1989)

Die neue Norm SIA 162 [1] ist nun seit etwas mehr als einem Jahr in Kraft, und seit dem 1. August 1989 werden von der EMPA für die Würfeldruckfestigkeitsprüfung an separat hergestellten Prüfkörpern Formulare verwendet, die auf diese Norm abgestimmt sind. Darin wird - im Gegensatz zu früher - die Betonbezeichnung nach Norm ausdrücklich verlangt, und die Resultate der Prüfung nach 28 Tagen werden beurteilt.

Wenn man bedenkt, dass sich die Betonbezeichnung

P 300

bis heute gehalten hat und sich kaum durch die Norm-Bezeichnungen aus dem Jahre 1968 [2] wie

Beton BH
$\beta w_{28} \geqq 300$ kg/cm²
PC 300 kg/m³

verdrängen liess - die Bezeichnungen B.N. und B.H. waren übrigens schon in den SIA-Normen von 1935 und 1956 [3], [4] enthalten -, so erscheint es sinnvoll, genügend früh alles zu unternehmen, damit der 89er Bezeichnung nicht das gleiche widerfährt.

Ein weiteres Argument, möglichst schnell die neuen Bezeichnungen anzuwenden, ist der Anspruch, der Beton sei jetzt zu einem High-Tech-Produkt geworden.

Dazu gehört doch sicher, dass man ihn zielsicher und genau herstellen kann. Jedem Betonfachmann ist klar, dass dazu die Einhaltung der Zementdosierung allein in keiner Weise genügt - im Gegensatz zu dem, was durch die Bezeichnung P 300 eigentlich zum Ausdruck kommt. Mit der neuen Bezeichnung z.B.

B 35/25
PC 300 kg/m³
frosttausalzbeständig

gibt der Ingenieur bekannt, was er vom Beton verlangt, und der Betonproduzent deklariert, was der Beton im erhärteten Zustand zu leisten imstande ist. Er kann so zeigen, dass er sein Metier beherrscht und die Produktion unter Kontrolle hat.

Im vorliegenden Artikel werden die Erfahrungen der EMPA mit der neuen Bezeichnung in bezug auf die Festigkeitsklasse bekanntgegeben. Es wird auf die wesentlichsten Probleme eingegangen und versucht, die offenbar bestehende Meinung, es sei alles viel komplizierter geworden, zu entkräften.

VON WERNER STUDER, DÜBENDORF

Damit wird das Ziel verfolgt, den neuen Bezeichnungen nicht nur in den Preislisten der Transportbetonwerke, sondern auch im Bewusstsein der Betonfachleute zum Durchbruch zu verhelfen. Dies scheint uns bitter nötig, da einerseits die alte Norm Ende Jahr ungültig wird und anderseits noch eine grosse Unsicherheit spürbar ist.

Festigkeitsklassen

Die Festigkeitsklasse ist im ersten Teil der Betonbezeichnung enthalten.

Mit dem Buchstaben B resp. LB wird angegeben, ob es sich um normalgewichtigen oder Leichtbeton handelt. Die Grenze zwischen B und LB liegt bei einer Rohdichte von 2000 kg/m³. Aus praktischen Gründen gilt dabei nicht die Trockenrohdichte (wie in der europäischen Vornorm [5]), sondern die Rohdichte des verdichteten Frischbetons.

Die Festigkeitsklasse wird mit zwei Zahlen deklariert, die um 10 auseinander liegen. Die erste, grössere gibt an, welche Festigkeit in N/mm², gemessen an normgemäss hergestellten und gelagerten Würfeln im Alter von 28 Tagen, im Mittel mindestens erreicht werden muss.

Dieser Wert ist für die Produktion - und daneben auch für die Prüfung der Würfel an der EMPA - massgebend.

Die zweite, kleinere Zahl gibt an, welche Festigkeit in N/mm², gemessen an normgemäss hergestellten und gelagerten Würfeln im Alter von 28 Tagen, in etwa 98% aller Fälle mindestens erreicht werden muss. Dieser Wert bildet die Grundlage für die Bemessung der Bauteile.

Diese Doppelbezeichnung hat - erwartungsgemäss - zu Schwierigkeiten geführt, auf die später noch eingegangen wird. Vermutlich ist sie auch ein Grund dafür, dass die neuen Normbestimmungen in der Praxis als wesentlich komplizierter angesehen werden als jene aus dem Jahr 1968. Dabei wird aber meist vergessen, dass man die SIA 162 (1968) nur in Ausnahmefällen wirklich angewandt hat:

- Wer hat schon von jeder Tagesbetonieretappe (oder jeder zweiten) drei, aus verschiedenen Mischungen hergestellte Würfel geprüft?
- Wer hat schon gemäss Norm an mindestens 12 Prüfkörpern die Nennfestigkeit nachgewiesen?
- Wer hat den Begriff Nennfestigkeit verstanden und gewusst, dass βw_{28} für BH tatsächlich nur 300 kg/cm² betrug?

Entsprechend internationalen Gepflogenheiten wurden die Klassen in Fünferstufen festgelegt, beginnend bei LB 20/10 und endend bei (L)B 45/35. In Anbetracht der Streuung der Betoneigenschaften erscheint diese Abstufung zu eng zu sein. Sie wurde auch nicht in der Absicht gewählt, dass jedes Betonwerk, jeder Unternehmer und jeder projektierende Ingenieur je nach Bedarf jede der Klassen anbietet oder anwendet, sondern um die bekannten regionalen Unterschiede berücksichtigen zu können.

Es ist empfehlenswert, sich auf 3 Festigkeitsklassen zu beschränken, z.B. in Anlehnung an die Einteilung der 68er Norm:

Bezeichnung nach SIA 162 (1968)	Festigkeitsklasse
BN →	B 25/15
BH →	B 35/25
BS →	B 45/35 oder B 40/30

Nur angedeutet sind in der Norm höhere Festigkeitsklassen als B 45/35 in der Meinung, dass diese nur in Ausnahmefällen anzuwenden seien. Bleibt man z.B. bei den Fünferschritten, so wäre die nächsthöhere Klasse B 50/40 was bedeutet, dass man einen WZ-Wert von etwa 0.45 nie überschreiten dürfte. Dass dies - wenigstens heute noch - nicht ohne besondere Anstrengungen routinemässig zu erreichen ist, dürfte kaum bestritten werden.

Besondere Eigenschaften

Dass mit dem Festlegen der Festigkeitsklasse der Beton nur in bezug auf seine Festigkeit definiert ist, sei hier deutlich angemerkt. Aufgrund unserer Erfahrung ist dies gar nicht so selbstverständlich, wie man es eigentlich annehmen dürfen sollte. Noch viel zu oft wird, auch von projektierenden Ingenieuren, einfach eine höhere Festigkeitsklasse verlangt, wenn man einen qualitativ «besseren» Beton will. Dabei zeigen die in letzter Zeit in die Schlagzeilen gerückten Betonschäden nur zu deutlich, dass diese Gleichsetzung von Festigkeit und Qualität höchstens in Einzelfällen zulässig ist.

Wir erachten es deshalb als wesentlichen Fortschritt, dass neu schon in der Bezeichnung ausdrücklich anzugeben ist, wenn besondere Anforderungen an Eigenschaften wie Wasserdichtigkeit, Frostbeständigkeit usw. erfüllt werden müssen.

Dies bedeutet nämlich zuerst einmal, dass man sich über diese Eigenschaften Gedanken machen muss und klar und eindeutig definiert, was z.B. unter dem Begriff «frosttausalzbeständig» im vorliegenden Fall verstanden wird.

Dann bedeutet dies aber auch, dass die Prüfung der Festigkeit keinesfalls als Nachweis von besonderen Eigenschaften dienen kann. Hier wird die Bedeutung der Würfelprüfung von unseren Kunden noch oft überschätzt, obwohl wir im Formular und im Merkblatt dazu auf diesen Punkt hinweisen [6].

Dieses Thema soll aber hier (nochmals betont: nur aus Platzgründen) nicht weiter behandelt werden.

Zweck der Würfelprüfung

Die Würfelprüfung dient zur Bestimmung der Würfeldruckfestigkeit des Betons, was auf den ersten Blick ziemlich lapidar erscheint. Bei der Beurteilung der Resultate muss dies aber im Auge behalten werden.

Grundsätzlich gelten die Prüfwerte nämlich nur für die Prüfkörper selbst. Die Aussage soll jedoch für den eingebauten und demzufolge nicht geprüften Beton gelten. Daraus lässt sich ableiten, dass der Prüfkörper für den Beton, aus welchem er stammt, repräsentativ sein muss und demzufolge die Probenahme richtig zu erfolgen hat. Dazu gibt die Norm einige Hinweise, die auch allgemein gut befolgt werden. So kann angenommen werden, dass die gemessene Festigkeit dem Mittelwert der gesamten Mischung ziemlich gut entspricht.

Wichtig für die Beurteilung des Betons in bezug auf die Tragsicherheit des Bauteils ist jedoch der sogenannte Mindestwert, der gemäss Definition der neuen Norm nur in 2...3% aller Fälle unterschritten wird. Man muss deshalb neben dem Mittelwert auch die Streuung der Festigkeit kennen, und diese ist umso grösser, je länger der Produktionszeitraum ist, den man betrachtet.

In einer einzelnen oder in unmittelbar aufeinanderfolgenden Mischungen z.B. für ein Transportfahrzeug, sind alle wesentlichen Produktionsbedingungen, insbesondere die Feuchtigkeit und die Korngrössenverteilung des Sandes, praktisch konstant. Die Streuung ist nur von der Dosiergenauigkeit der Anlage abhängig und entsprechend klein.

Während des Tages kann sich dann vor allem die Sandfeuchte relativ stark verändern und zudem «vergisst» der Maschinist mit der Zeit, wie er zu Beginn nachdosiert und korrigiert hat. Die Streuung wird erheblich grösser.

Deshalb wird in der Norm festgehalten, dass aus einer Mischung immer nur ein Festigkeitswert gewonnen werden kann, unabhängig von der Anzahl der Prüfkörper, die daraus hergestellt werden.

Bei längeren Produktionsdauern kommen dann noch Streuungen in den Eigenschaften der Ausgangsstoffe insbesondere des Zementes dazu. Daraus ergeben sich sprunghafte Veränderungen der mittleren Betonfestigkeit, die nach der Erfahrung ungefähr im Abstand von 14 Tagen auftreten.

Aus all dem ergeben sich etwa folgende Richtwerte für die Streuung der Druckfestigkeit:

Produktionsdauer	Streuung
1 Mischung...2h	±1...2 N/mm²
1 Tag...~ 14 Tage	±3...4 N/mm²
> 14 Tage	±5...6 N/mm²

Beurteilung der Resultate

In den Kriterien, nach welchen die Resultate der Würfelprüfung beurteilt werden, ist neben statistischen Überlegungen auch diese Erfahrung berücksichtigt worden.

Grundsätzlich werden die laufende Produktionskontrolle und die Stichprobe unterschieden.

Wie der Name sagt, geht es bei der Produktionskontrolle darum, nachzuweisen, dass der Beton regelmässig und sicher die Anforderungen an die deklarierte Festigkeitsklasse erfüllt. Es erscheint als selbstverständlich, dass dazu während der gesamten Produktionszeit regelmässig Würfel geprüft werden.

Es ist offenbar vorgekommen, dass an einem Tag 30 Mischungen untersucht wurden, um den vom Ingenieur verlangten Nachweis nach Norm erbringen zu können. Dies ist natürlich nicht im Sinn der Norm, und der so zustande gekommene «Nachweis» war höchstens dazu geeignet, die Produktionsstreuung des Werkes an jenem Tag festzustellen.

Die in der Norm minimal geforderte Anzahl von 30 Prüfwerten für den Nachweis der Festigkeitsklasse ergab sich aus der üblichen Fixierung auf die Jahresproduktion und der minimalen Prüffrequenz von 1 pro 14 Tage, die sich wegen der oben erwähnten Qualitätssprünge aufdrängt.

Die Prüfung einer Stichprobe hat den Zweck, festzustellen, ob der jeweils gelieferte Beton die Anforderungen an die Festigkeit erfüllt. Mit ihr kann keine Information über die Güte der Produktion gewonnen werden. Und im Prinzip ist es eigentlich auch gleichgültig, ob der Beton aus einer guten Produktion stammt oder nicht. Wesentlich ist hingegen, dass die Prüfkörper für die zu beurteilende Betonmenge repräsentativ sind.

Um den Unterschied zur Produktionskontrolle klar zu zeigen, wurde der Umfang der Stichprobe bewusst auf 3...15 Prüfwerte begrenzt, in der Meinung, dass diese Art der Prüfung auf Produktionsdauern von höchstens 2 Wochen beschränkt sein sollte. Leider ist die Lücke zwischen Stichprobe und Produktionskontrolle in der endgültigen Fassung der Norm dann wieder geschlossen worden.

Wegen der kleinen Anzahl der Prüfwerte, wegen des anderen Zwecks und um die Beurteilung für die Betonverarbeiter verständlich zu machen, gelten der Mittelwert und die maximale Differenz zwischen zwei Einzelwerten der Serie als Beurteilungskriterien. Der Mittelwert muss grösser sein als die erste, höhere Zahl in der Bezeichnung. Die maximale Differenz muss kleiner sein als ein Tabellenwert, der so gewählt ist, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, die Streuung sei kleiner als ±5 N/mm².

Im Prinzip ist diese Art der Beurteilung in der 35er Norm schon festgelegt – und nach unserer Erfahrung in der Praxis in den meisten Fällen bis heute angewandt worden: Wie oft wurde doch der Mittelwert der Prüfkörperserie mit dem Nennwert nach SIA 162 (1968) verglichen!

Die Anforderungen wurden so festgelegt, dass die Stichprobenprüfung etwa gleich streng ist wie die Produktionskontrolle, allerdings unter der Voraussetzung, dass die Produktionsstreuung tatsächlich ungefähr ±5 N/mm² beträgt.

Sind die Streuungen bedeutend geringer, so sind die Abnahmeregeln bei Stichproben extrem strenger, wie das folgende Beispiel zeigt:

B 35/25 50 Prüfwerte; f_{cwin} = 34 N/mm² $s(f_{cwi})$ = ± 3 N/mm²

Produktionskontrolle:
$f_{cw,\,min}$ = 34–2,3 · 3 = 27,1 > 25
Festigkeit nur in 1‰ aller Fälle < 25 N/mm²
Beurteilung → gut

Stichprobe:
Mittelwert in etwa 50 aller Fälle < 35 N/mm²
Beurteilung → schlecht

Widersprüche

Solche Widersprüche sind unvermeidlich. Es gibt kein Prüfsystem, das unabhängig von der Probenzahl und der Streuung das geprüfte Gut immer gleich streng beurteilt. Deshalb gibt es aber auch eine einfache Lösung des Problems:

Die Produktion muss so eingestellt werden, dass der Beton sowohl das eine als auch das andere Kriterium erfüllt.

Als gut könnte, nach internationalen Gepflogenheiten, eine Produktion bezeichnet werden, die das strengere Kriterium in 95% aller Fälle erfüllt. Dies ist der Fall, wenn die angestrebte mittlere Festigkeit um eine Standardabweichung höher liegt als der geforderte Mittelwert. Mit den angegebenen Erfahrungswerten ergibt dies:

Festigkeitsklasse	anzustrebende mittlere Festigkeit
B 25/15	30 N/mm²
B 35/25	40 N/mm²
B 45/35	50 N/mm²

Es ist zu vermuten, dass solche Überlegungen – möglicherweise unbewusst – schon immer gemacht wurden. In einer statistischen Untersuchung aller im Jahr 1976 an der EMPA durchgeführten Würfelprüfungen ergab sich nämlich für die etwa 5000 Würfel aus BH (= B 35/25) eine mittlere 28-Tage-Druckfestigkeit von 44 N/mm² bei einer Standardabweichung von ± 8 N/mm² [7].

Damit wäre auch «bewiesen», dass bis jetzt als gut geltender Beton auch nach neuer Norm ein guter Beton bleibt. Der wesentliche Vorteil der neuen Bezeichnung ist nur, dass damit die Qualität des Betons eindeutig und klar deklariert wird und deshalb ebenso eindeutig und klar überprüfbar ist. Die Überprüfung ist in bezug auf die Festigkeit auch wesentlich einfacher als früher, sind doch nur noch drei Würfel (statt zwölf) dazu notwendig und geschieht doch die Beurteilung aufgrund des Mittelwertes und der Differenz zwischen dem grössten und kleinsten Einzelwert (statt aufgrund der 16%-Fraktile, d.h. des Nennwertes).

Kritische Schlussbemerkung

Es ist deshalb nicht leicht einzusehen, weshalb die neuen Betonbezeichnungen nur so zögernd von unseren Kunden verwendet werden. Noch unverständlicher wird das, wenn man bedenkt, dass wir nur Stichproben prüfen, und diese gemäss Norm nur dann notwendig sind, wenn «die Betonfestigkeit einen wesentlichen Einfluss auf die Tragfähigkeit des Bauteils hat».

Gehen wir davon aus, dass nicht unnötig viel geprüft wird, können wir also annehmen, dass unsere Kunden genau wissen, welche Festigkeit die Würfelserien erreichen müssen, die sie uns zur Prüfung zusenden. Weshalb sollten sie dann diesen Wert nicht angeben, um so ausnützen zu können, dass die Prüfresultate auch noch beurteilt werden?

Liegt der Grund dafür vielleicht darin, dass man Angst davor hat, feststellen zu müssen, dass die Betonproduktion eben nicht so zielsicher und genau ist, wie man glaubt?

Dieser Verdacht beschleicht uns schon, wenn wir sehen, dass einerseits B 35/25 oftmals eine mittlere Festigkeit von mehr als 45...50 N/mm² erreicht, während anderseits B 45/35 manchmal Mühe bekundet, über 35 N/mm² zu kommen. Wenn tatsächlich die Produktionsstreuung im allgemeinen unter ±5 N/mm² liegen soll – und deshalb, wie oben gezeigt und oft behauptet, Schwierigkeiten mit der Doppelbezeichnung entstehen – so dürften solche Diskrepanzen zwischen angestrebtem und erreichtem Wert jedenfalls nicht auftreten!

Vorhaltemasse von 3...4mal der Standardabweichung gegenüber dem geforderten Mittelwert sind übrigens unwirtschaftlich und stehen im Widerspruch zu den preislichen Abstufungen zwischen den einzelnen Festigkeitsklassen!

Vermutlich kommen diese unverhältnismässig grossen Vorhaltemasse davon her, dass viele Ingenieure und Bauherren, aber auch Betonproduzenten, noch meinen, ein Beton sei umso «besser», je höher seine Festigkeit liege. Tatsächlich ist die Güte einer Produktion aber daran zu messen, wie zuverlässig und genau der angestrebte Wert eingehalten wird.

Mit diesen direkten Bemerkungen möchten wir schliessen und warten jetzt darauf, dass die Betonproduzenten, die Unternehmer und Ingenieure zeigen, dass unser Verdacht unbegründet und unsere Interpretation der bisherigen Erfahrung falsch ist.

Einen ersten Schritt zu diesem «Beweis» würden wir darin sehen, dass die neue Betonbezeichnung immer verwendet wird. Damit wäre auch eine Grundlage dafür geschaffen, dass sich der Beton tatsächlich zu einem High-Tech-Produkt entwickeln kann.

[1] Norm SIA 162: Betonbauten
SIA 162/1: Betonbauten Materialprüfung Ausgabe 1989

[2] Norm SIA 162: Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton Ausgabe 1968

[2] Norm SIA 162: Normen für die Berechnung und Ausführung der Beton- und Eisenbetonbauten Ausgabe 1956

[4] Normen des S.I.A.: Über die Berechnung, die Ausführung und den Unterhalt der Bauten aus Stahl, Beton und Eisenbeton Ausgabe 1935

[5] Vornorm ENV 206: 1990 D: Betoneigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis CEN, Brüssel, März 1990

[6] EMPA: Merkblatt zum Ausfüllen des neuen Formulars «Auftrag zur Ermittlung der Würfeldruckfestigkeit (SIA 162/1 Ziffer 3 01)» Dübendorf, Juli 1989

[7] EMPA: Statistische Auswertung von an der EMPA durchgeführten Betonprüfungen Untersuchungsbericht Nr. 10 568 Dübendorf, August 1978

Adresse des Verfassers: *W. Studer*, dipl. Ing. ETH/SIA, EMPA, 8600 Dübendorf.