

Zeitschrift: Cementbulletin
Band: 56-57 (1988-1989)
Heft: 21

Artikel: Betonfestigkeiten nach Norm SIA 162 (1989)
Autor: Hegner, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153736>

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: 17.11.2024

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

CEMENTBULLETIN

SEPTEMBER 1989

JAHRGANG 57

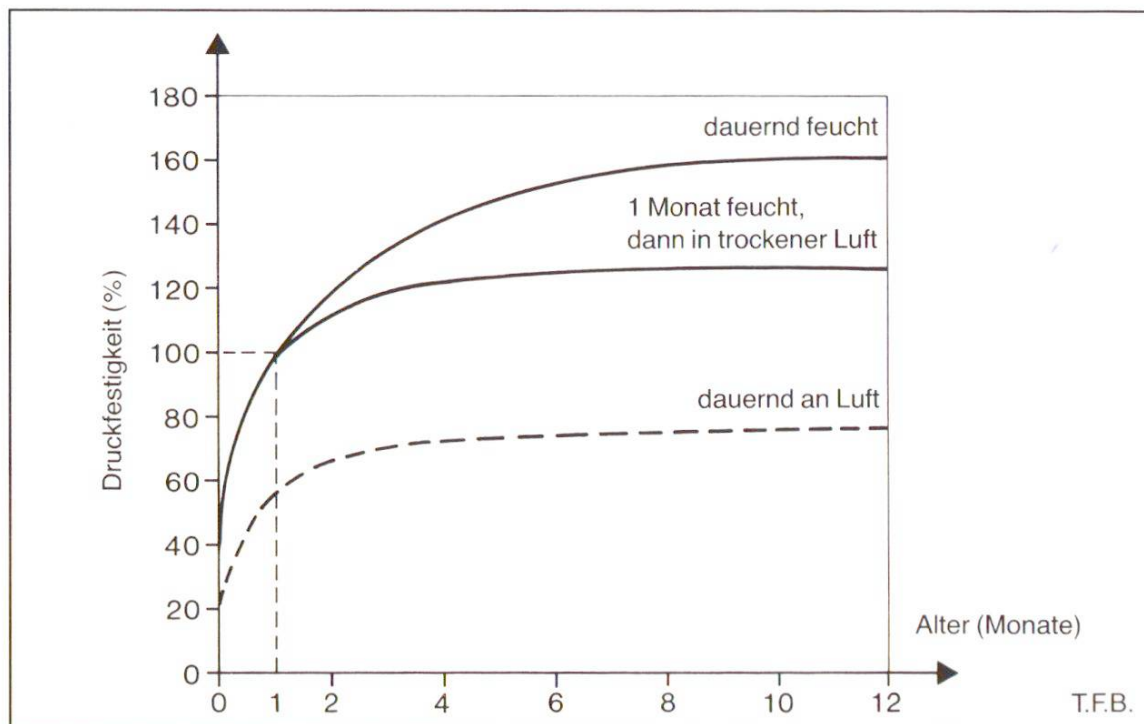
NUMMER 21

Betonfestigkeiten nach Norm SIA 162 (1989)

Gesetzmässigkeiten der Statistik und die neuen Festigkeitsklassen. Festigkeitsnachweis. Vergleich zur bisherigen Norm.

Die wohl wichtigste Kenngrösse eines Baustoffes, der eine tragende Funktion zu erfüllen hat, ist seine Festigkeit. Dies trifft auch für den Beton zu, obwohl seine Festigkeiten keine feststehenden, vielmehr über lange Zeit sich verändernde, zumeist wachsende und in ihrer Entwicklung auch von äusseren Bedingungen abhängige Grössen sind (Abb. 1). Bei der Beurteilung eines Einzelwertes müssen daher

Abb. 1 Festigkeitsentwicklung und Endfestigkeit von Beton. Einfluss der Erhärtungsbedingungen, aus «Informationsblätter für Baufachlehrer <Beton>».



2 sowohl das Alter des Betons als auch die Erhärtungsbedingungen (Betontemperatur, Feuchtigkeit) in Betracht gezogen werden.

Die revidierte Norm SIA 162 (1989) benützt – wie die Ausgabe 1968 und frühere – als eines von mehreren Elementen zur Bezeichnung der Betonsorten die *Druckfestigkeiten* f_{cw} , die vom Beton nach 28 Tagen erreicht und an Würfeln von 20 cm Kantenlänge gemessen werden. Ein Probewürfel ergibt einen Prüfwert. Für Bohrkerne gelten besondere Bedingungen. (Zur Bezeichnung des Betons vgl. «Cementbulletin» Nr. 19/1989.)

Das chargenweise Mischen des Betons aus mehreren abzumessenden Komponenten, sein inhomogener Aufbau, Verarbeitungseinflüsse (Entmischungen, Verdichtungsunterschiede) und wechselnde Erhärtungsbedingungen machen es leider unmöglich, Beton herzustellen, der eine vorgegebene Festigkeit genau erreicht. Es ist deshalb naheliegend, Festigkeitswerte als Mindestwerte festzulegen und zu fordern, dass sie im Prinzip nicht unterschritten werden dürfen.

Der Mindestwert einer Serie kann bei einer grossen Zahl von Prüfwerten f_{cw} nach den Gesetzen der Statistik ermittelt werden. Durch Ordnen wird man feststellen, dass sich diese Werte als Normalverteilung um den arithmetischen Mittelwert f_{cwm} gruppieren (Gaußsche Glockenkurve). Ihre Standardabweichung s ist ein Mass für die Streuung. Sie besagt aber auch, dass im Bereich $f_{cwm} \pm s$ beidseits des Mittelwertes etwa $\frac{2}{3}$ aller Einzelwerte (genauer 68,26%) zu finden sein werden. Unterhalb und oberhalb dieser Mittelgruppe werden je etwa 16% der Prüfergebnisse liegen (sog. 16-%-Fraktile), vgl. Abb. 2.

Setzt man Grenzen im Abstand von $2s$, also der zweifachen Standardabweichung beidseits des Mittelwertes, so werden bei Normalverteilung etwa 96% aller Versuchsergebnisse innerhalb dieser Grenzen anfallen und somit je etwa 2% unterhalb und oberhalb des Bereichs $f_{cwm} \pm 2s$ liegen (2-%-Fraktile).

Die neuen Festigkeitsklassen

Die revidierte Norm 162 verwendet die eben dargestellten Gesetzmässigkeiten der Statistik und klassifiziert die Festigkeiten durch Zahlenpaare von 28-Tage-Festigkeitswerten in N/mm^2 , z.B. Leichtbeton LB 20/10, Beton B 25/15 ... B 40/30 usw. Die bisherigen Klassen BN, BH und BS fallen weg. Statt dessen können noch besondere Eigenschaften vorgeschrieben werden.

Der zweite, kleinere und wichtigere Wert eines solchen Zahlenpaares ist der geforderte Mindestwert $f_{cw,min}$, der nicht bzw. von höchstens 2% aller Prüfwerte unterschritten werden darf. Diese sog.

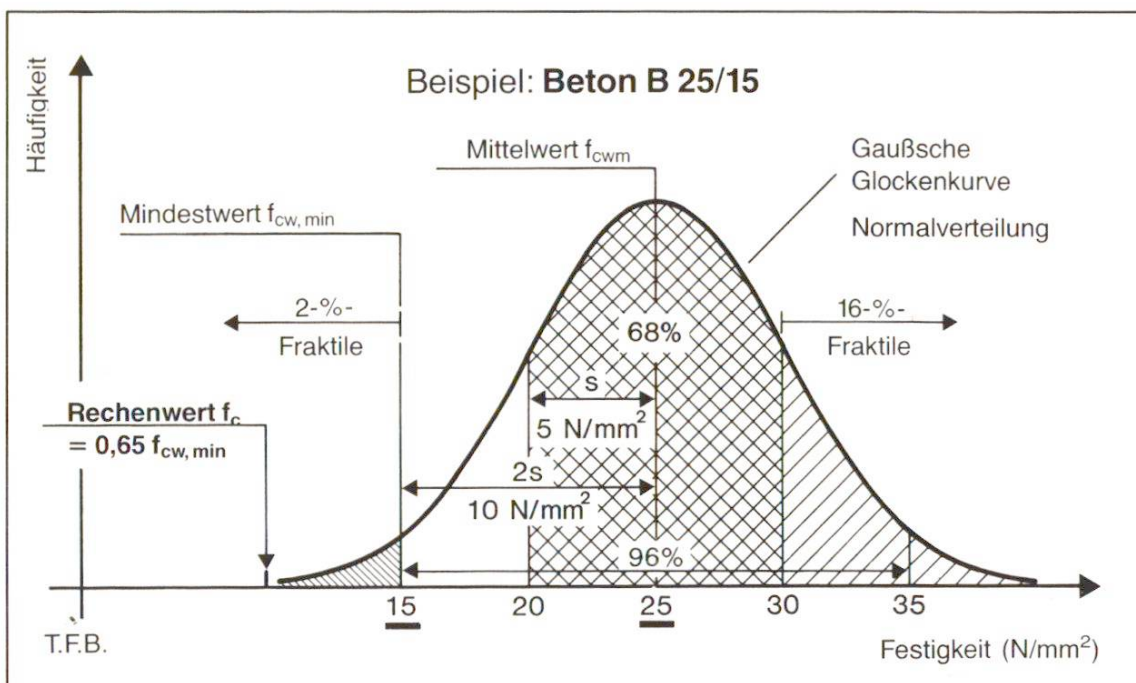


Abb. 2 Klassifikation der Betonfestigkeit gemäss Norm SIA 162 (1989). Grundlage für das Beispiel: Resultate der Prüferserie eines Betons B 25/15.

2-%-Fraktile bedeutet beispielsweise 1 Ergebnis von 50 Prüfwerten. 98% aller Prüfwerte müssen also grösser oder mindestens gleich dem Mindestwert $f_{c_{w,min}}$ sein.

Für die statische Berechnung der Tragwerke ist dieser Mindestwert massgebend. Als Rechenwert f_c wird vorgeschrieben: $f_c = 0,65 \cdot f_{c_{w,min}}$, vgl. Art. 3 23 12. Daraus ist ersichtlich, weshalb der Mindestwert nicht unterschritten werden darf.

Der grössere, erste Wert der Zahlenpaare entspricht dem Mittelwert $f_{c_{wm}}$ der Serie, ausgehend vom geforderten Mindestwert $f_{c_{w,min}}$ und unter Voraussetzung einer angenommenen Standardabweichung $s = 5 \text{ N/mm}^2$.

Die Zahlenpaare der neuen Betonbezeichnung liegen also um die zweifache Standardabweichung s auseinander. In der Norm beträgt diese Differenz jeweils 10 N/mm^2 . In der Praxis werden die Prüfwerte aber mehr oder weniger stark streuen, was beim Festigkeitsnachweis von Bedeutung sein wird.

Festigkeitsnachweis

Ein Betonhersteller, der alle diese Bedingungen z.B. für die Betonart B 35/25 erfüllen will, könnte also versuchen, seinen Beton so zu produzieren, dass der Mittelwert $f_{c_{wm}}$ aus einer grossen Zahl von Prüfungen ($n > 100$) bei der Zielgrösse 35 N/mm^2 liegt (d.h. $s = 5 \text{ N/mm}^2$). Dann darf er damit rechnen, dass nicht mehr als 2% der Prüfwerte den Mindestwert $f_{c_{w,min}} = f_{c_{wm}} - 2s = 25 \text{ N/mm}^2$ unter-

4 schreiten werden. Der Hersteller hätte damit für die Betonklasse genau die der neuen Klassifikation zugrundeliegenden Verhältnisse reproduziert. Für den praktischen Festigkeitsnachweis stehen ihm aber einfachere und vorteilhaftere Wege offen:

Stichproben (Art. 5 13 14): Kann der Betonhersteller von einer bestimmten Prüfsérie nur 15 oder weniger Werte vorweisen, müssen diese Resultate folgende zwei Bedingungen erfüllen:

- a) Der Mittelwert der wenigen Prüfungen muss um 10 N/mm^2 über dem geforderten Mindestwert $f_{\text{cw, min}}$ liegen, **und**
- b) die Differenz Δf_{cw} zwischen Höchstwert und niedrigstem Resultat darf folgende Werte nicht überschreiten:

Zahl der Prüfwerte n	=	3	6	9	12	15	Stück
zulässige Differenz $\Delta f_{\text{cw}}(n)$	=	9	11	13	15	16	N/mm^2

Dazu ein Beispiel: Beton B 30/20, d. h. $f_{\text{cw, min}} = 20 \text{ N/mm}^2$

n	=	6	Prüfkörper mit: 29, 32, 22, 32, 33, 32 N/mm^2
$\Sigma f_{\text{cw}, 1 \dots 6}$	=	$33 + (3 \times 32) + 29 + 22$	= 180 N/mm^2
f_{cwm}	=	$180 : 6$	= 30 N/mm^2 Bedingung a) erfüllt.
Δf_{cw}	=	$33 - 22$	= 11 N/mm^2 Bedingung b) erfüllt.

Dass obige Normvorschriften richtig sind, zeigt folgende Kontrollrechnung:

Standardabweichung $s(n) = 4,15 \text{ N/mm}^2$

$$f_{\text{cw, min}} = 20 \text{ N/mm}^2 < f_{\text{cwm}} - 2s = 30 - 8,3 = 21,7 \text{ N/mm}^2 < 22 \text{ N/mm}^2$$

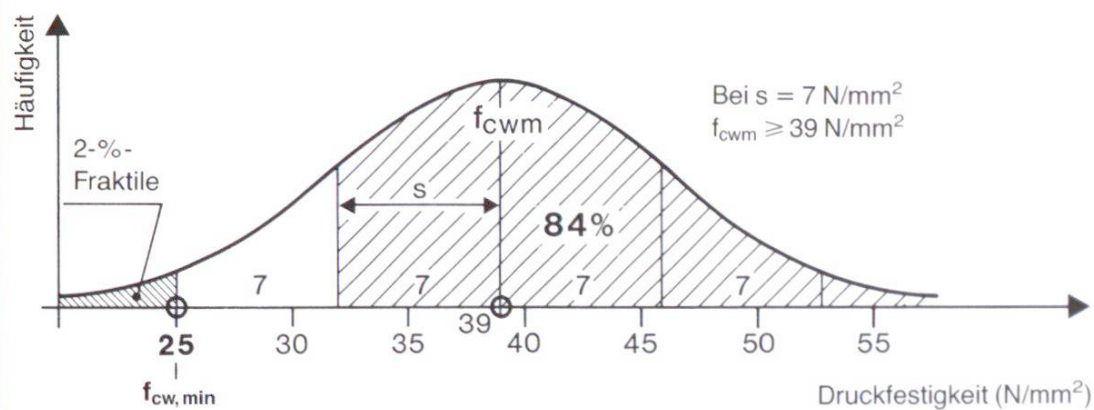
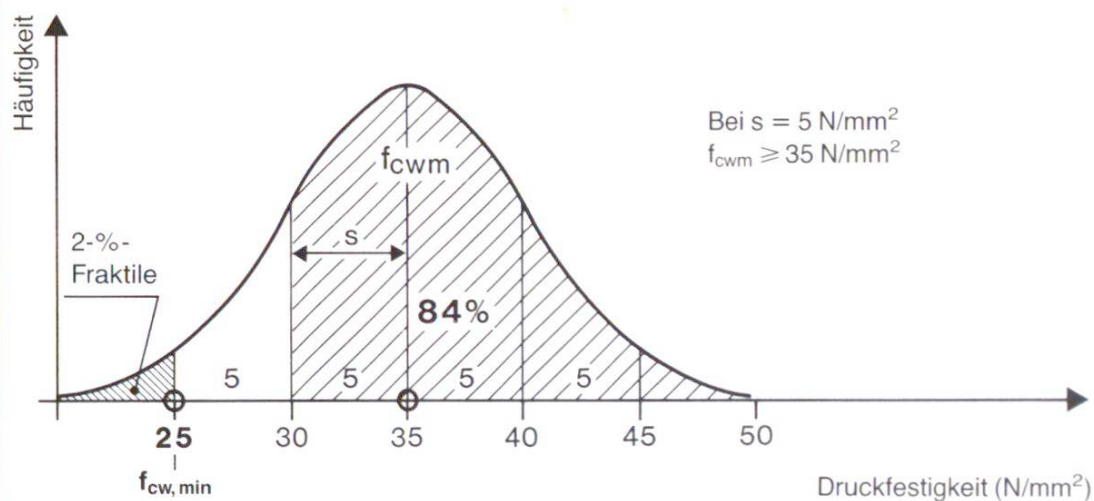
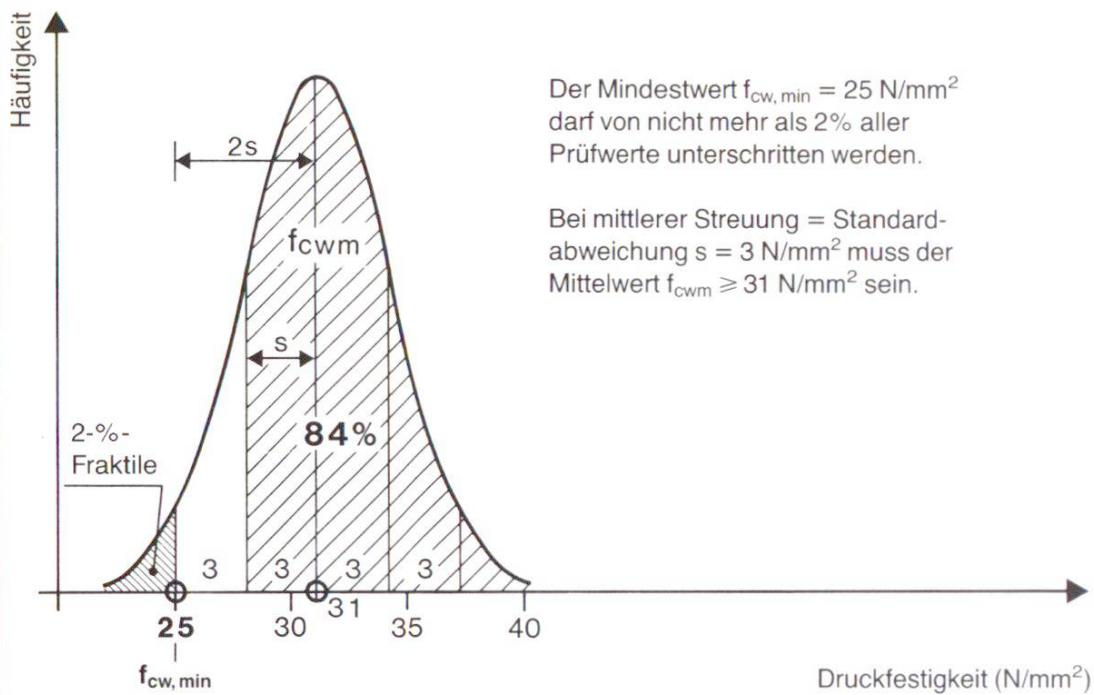
Da nur sechs Prüfwerte vorliegen, setzt die Norm den zulässigen Mindestwert aus Sicherheitsgründen höher an, als aus der Klassifizierung hervorgeht.

In jedem Fall sind *mindestens drei Prüfwerte* erforderlich.

Laufende Kontrolle (Art. 5 13 12): Liegen mehr als 30 Prüfwerte vor, deren Prüfkörper unter gleichen Bedingungen hergestellt wurden, spricht man von einer «laufenden Kontrolle». In diesem Fall darf das Einhalten des Mindestwertes nach den Regeln der Statistik nachgewiesen werden. Die vom Betonwerk eingehaltene Streuung zeigt eine Standardabweichung s . Bei gegebenem Mindestwert ergibt sich daraus $2s$ als *Vorhaltemass* für den Mittelwert.

Ein Betonwerk, das für eine bestimmte Betonklasse geringe Qualitätsschwankungen nachweist (= kleine Standardabweichungen s), darf einen niedrigeren Mittelwert anvisieren als ein anderes, das grosse Streuungen nicht vermeiden kann. Für das zweite Werk gilt ein grösseres Vorhaltemass $2s$. In Abb. 3 wird versucht, diese Verhältnisse für den Fall von 100 und mehr Proben und drei ver-

Beispiel: **Beton B 35/25**
Drei Prüferien mit mehr als je 100 Werten



T.F.B.

Abb. 3 Laufende Kontrolle an einem Beton B35/25: drei verschiedene Prüferien mit unterschiedlicher Streuung. Einzuhalten ist der Mindestwert. Bei grosser Streuung ist der Mittelwert als Zielgrösse entsprechend höher anzusetzen.

6 Tabelle 1 Korrekturfaktor λ in Abhängigkeit der Standardabweichung s bei 30... 100 Proben und zugehöriges Vorhaltemass

Anzahl Probekörper n Beiwert λ (n)	30	40	50	75	> 100
	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0
Standardabweichung s	Vorhaltemass: λ (n) · s (n) in N/mm ²				
7 N/mm ²	17,5	16,8	16,1	14,7	14,0
5 N/mm ²	12,5	12,0	11,5	10,5	10,0
3 N/mm ²	7,5	7,5	6,9	6,3	6,0

schiedene Standardabweichungen $s = 3$, $s = 5$ und $s = 7$ N/mm² darzustellen. Das Vorhaltemass $f_{\text{cwm}} - f_{\text{cw, min}} = 2s$ beträgt also 6 N/mm², 10 oder 14 N/mm².

Liegen gesamthaft nur 30 bis etwa 100 Proben vor, muss das Vorhaltemass noch etwas grösser gewählt werden, damit der geforderte Mindestwert mit Sicherheit nicht unterschritten wird. Die neue Norm führt deshalb einen von der Probenzahl abhängigen Beiwert λ (n) ein. Die Standardabweichung s (n) der vorhandenen Prüfwerte ist mit λ (n) zu multiplizieren:

$$f_{\text{cwm}} > f_{\text{cw, min}} + \lambda(n) \cdot s(n), \text{ vgl. Tab. 1.}$$

Die so festgelegten Mittelwerte können auch aus zwei Graphiken in der Norm SIA 162/1 (Art. 3 01 381) herausgelesen werden.

Bei Werkbeton, dessen Standardabweichung bekannt ist, kann die laufende Kontrolle einer bestimmten Betonsorte auch mit weniger als 30 Prüfwerten vorgenommen werden. Der Beiwert λ (n) ist entsprechend zu erhöhen, vgl. Art. 5 13 13.

Vergleich der neuen mit der bisherigen Klassifizierung

Die Normrevision macht es notwendig, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Betonbezeichnungen nach alter bzw. neuer Norm darzustellen, denn Projektverfasser, Betonhersteller und Unternehmer müssen sich darüber klarwerden, wie die altbewährten Betonsorten nach neuer Lesart zu bezeichnen sind.

Beide Klassierungssysteme verwenden die Druckfestigkeit von Probewürfeln im Alter von 28 Tagen und gehen von der statistischen Normalverteilung aus. Die *Ausgabe 1968* klassierte die Betonsorten zunächst grob in die drei Gruppen BN, BH und BS und differenzierte

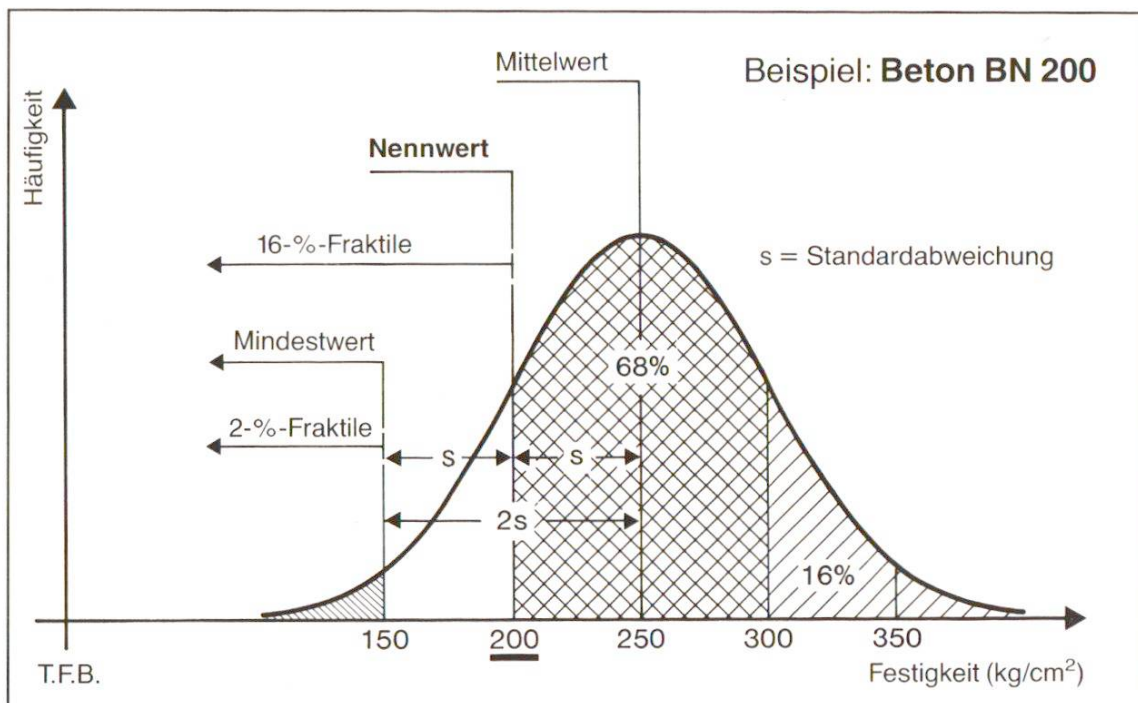


Abb. 4 Klassifikation der Betonfestigkeit gemäss Norm SIA 162 (1968). Grundlage für das Beispiel: Resultate der Prüferserie eines Betons BN 200.

dann weiter mit Festigkeitswerten, die als *Nennwerte* bezeichnet wurden, z. B. Beton BH 300 (d. h. $\beta_{w28} = 300 \text{ kg/cm}^2$), vgl. «Cementbulletin» Nr. 11/1974.

Bei einer kleinen Zahl von Prüfwerten ($n < 17$) durften die Nennwerte von keinem Prüfwert unterschritten werden, bei 30 Prüfwerten von dreien und bei mehr als 60 Prüfwerten von $\frac{1}{6}$, also von der 16-%-Fraktile. Der Nennwert war definiert als Mittelwert abzüglich Standardabweichung s (Art. 9.07), vgl. Abb. 4.

Im weiteren waren für alle drei Gruppen *Mindestwerte* festgelegt, die nicht bzw. bei einer grossen Zahl von Prüfungen nur von 1...2% der Werte unterschritten werden durften. Die Spannen zwischen Mindestwert und Nennwert betragen für Beton BN 25%, für Beton BH 20% und für Beton BS 15% der jeweiligen Nennwerte.

Mit dieser Vorschrift waren die *Standardabweichungen* s als Differenzen der Nennwerte abzüglich der Mindestwerte auch zahlenmässig festgelegt. Ein als Zielwert anzuvisierender Mittelwert f_{cwm} konnte als Summe von Nennwert plus zugehöriger Standardabweichung berechnet werden. Unter der Voraussetzung, dass die Standardabweichung der Prüfwerte eines Betonwerkes für Beton BH, Nennwert 300 kg/cm^2 tatsächlich 60 kg/cm^2 nicht überschritt, konnte der Hersteller dieses Betons den *Mittelwert* von 360 kg/cm^2 als *Zielgrösse* anstreben. Er wird auch bei einer grossen Zahl von Proben nicht mehr als 2% der Werte unter dem Mindestwert von 240 kg/cm^2 vorgefunden haben.

Tabelle 2 Betonfestigkeiten gemäss Norm SIA 162 (1968) und (1989) im Vergleich

	Betonarten	BN			BH	BS		
		100	150	200		375	400	450
1968	Nennwerte	kg/cm ²			300			
	Mindestwerte	%			80 %	85 %		
	umgerechnet in	75	112,5	150	240	318,75	340	382,5
	Nennwert – Mindestwert = Standardabweichung s	25	37,5	50	60	56,25	60	67,5
1989	Nennwert + s = Mittelwert f _m (Zielwert)	125	187,5	250	360	431,25	460	517,5
	zweifache Standardabweichung	(5)	(7,5)	(10)	(12)	(11,25)	(12)	(13,5)
	Nennwert ¹⁾	10	15	20	30	37,5	40	45
Mittelwert/Mindestwert		20/10	25/15	35/25	42,5/32,5	45/35	50/40	
zweifache Standardabweichung 2 s		10	10	10	10	10	10	

¹⁾ «Nennwert» gemäss Definition der Norm SIA 162 (1968)

- 9 Der *Übergang* von den bisherigen auf die neuen Betonklassifizierungen macht keine Schwierigkeiten, nachdem die Gemeinsamkeiten beider Systeme erkannt sind. In Tabelle 2 sind in den Kolonnen der einzelnen Betonsorten nach bisheriger Bezeichnung auch die neuen Bezeichnungen eingetragen. Diese Zuordnung hat über die Nennwerte $f_{cwm} - s$ bzw. $f_{cw, min} + s$ zu erfolgen. Dann entsprechen sich:

Beton BN 200 und B 25/15

Beton BH 300 und B 35/25

Beton BS 400 und B 45/35

Die Graphik in Abb. 5 lässt diese Zusammenhänge vielleicht noch augenfälliger werden, als dies die Tabellen vermögen.

Betonherstellung nach neuer Norm

Eine neue Betonmischung wird zunächst einmal die für *Stichproben* geltenden Bedingungen zu erfüllen haben: Der Mittelwert der wenigen Proben muss um 10 N/mm^2 über dem geforderten Mindestwert liegen, und die Streubreite der Einzelwerte darf bei drei Werten höchstens 9 N/mm^2 , bei 15 Werten nicht mehr als 16 N/mm^2 betragen. Kann später, bei Vorliegen einer grossen Zahl von Prüfwerten, nachgewiesen werden, dass die Standardabweichung s unter 5 N/mm^2 liegt, darf der Mittelwert auf $f_{cw, min} + 2s$ heruntergeholt oder der Mindestwert kann auf einem höherem Niveau angesetzt werden.

Nicht minder wichtig als die Kennzeichnung eines Betons durch Festigkeitsklasse, Zementart und -dosierung sind für den Betonhersteller *vollständige Angaben* über die vom Besteller erwarteten, für die Gebrauchstauglichkeit wichtigen «besonderen Eigenschaften». Die Norm nennt im besonderen Wasserdichtigkeit, Frost- und Frost-Tausalz-Beständigkeit, Beständigkeit gegen chemische Angriffe und Abriebfestigkeit. Bei der Bestellung müssen aber auch die erwarteten Frischbetoneigenschaften (Konsistenz, Pumpbarkeit usw.) vom Unternehmer bekanntgegeben oder vom Betonlieferanten nachgefragt werden, vgl. «Cementbulletin» Nr. 8/1986.

Kritik

Rückblickend ist zu vermuten, dass der als Festigkeitskennwert gemäss bisheriger Norm dienende Nennwert wohl oft falsch, nämlich als zulässiger Mindestwert interpretiert worden ist. Wer erinnerte sich schon, dass $\frac{1}{6}$ aller Festigkeitswerte eines Betons BH 300 zwischen 240 und 300 kg/cm^2 liegen durfte? – Ferner sieht man, dass die

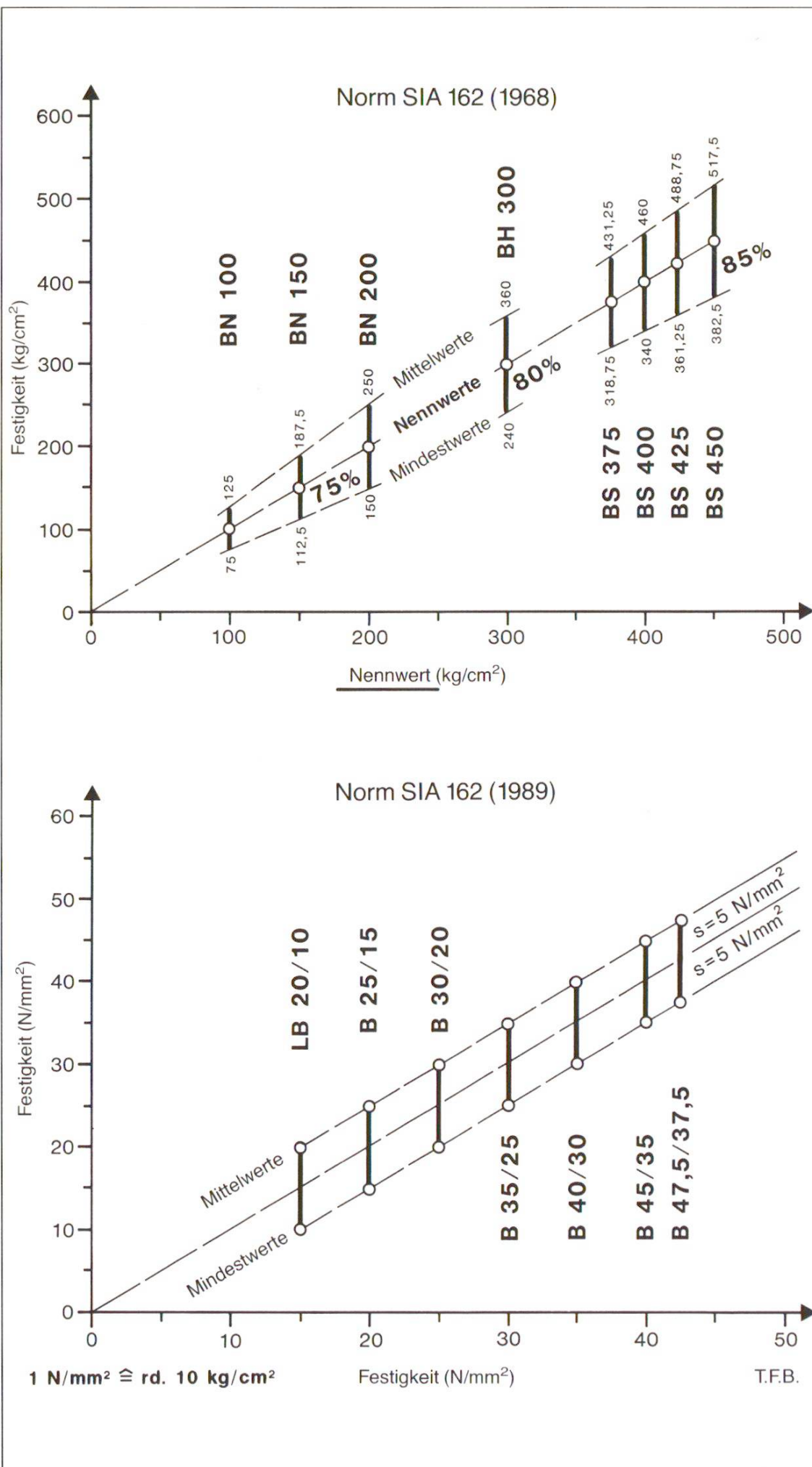


Abb. 5 Die Kennwerte der Betonfestigkeiten gemäss Norm SIA 162 im Vergleich. Oben: Ausgabe 1968, unten: Ausgabe 1989.

11 bisherige Norm für zunehmende Betonqualität bzw. für Beton mit höherer Festigkeit zwar eine geringere Streuung anstrebte, sie allerdings nur prozentual vorschrieb. Auf die absoluten Werte bezogen, konnte nämlich ein Beton BS eine weitaus grössere Standardabweichung aufweisen als ein Beton mit niedrigen Qualitätsansprüchen (vgl. Abb. 5).

Die neue Kennzeichnung durch jeweils zwei Festigkeitswerte bringt gegenüber der bisherigen Regelung einen echten *Fortschritt*, denn es wird sowohl ein eindeutiger Mindestwert genannt und vorgeschrieben, der von höchstens 2% der Prüfwerte unterschritten werden darf, als auch ein Mittelwert, der solange als Zielgrösse dient, als über die Streuungen der Prüfwerte Erfahrungen noch fehlen.

Verfasser: *Rudolf Hegner*

Redaktion: *Bruno Meyer*

Berichtigung

Im «Cementbulletin» Nr. 20/89 ist uns ein bedauerlicher Fehler unterlaufen. Mit technischer Dokumentation zu Rasengittersteinen, Rasen-Mohr und Sicker-Pflastersteinen haben uns auch die Firmen **Müller-Steinag Baustoff AG**, Rickenbach LU, und **Favre Baustoff AG**, Tagelswangen ZH, unterstützt.

Verwendete Symbole

f_{cw}	Prüfwert des Probewürfels (Bruchfestigkeit bei Druckbelastung)
n	Anzahl Prüfwerte einer Serie
f_{cwm}	Mittelwert der Würfeldruckfestigkeit
$f_{cw, min}$	Mindestwert der Würfeldruckfestigkeit
s	Standardabweichung einer Prüfserie
$\Delta f_{cw}(n)$	zulässige Differenz zwischen Höchstwert und niedrigstem Wert einer Serie mit $n = 15$ oder weniger Prüfwerten
$\lambda(n)$	Korrekturfaktor zur Berechnung des Vorhaltemasses bei einer Serie zwischen 30 und 100 Prüfwerten
f_c	Rechenwert der Betondruckfestigkeit für die statische Berechnung (Art. 3 23 12)

Die Festigkeiten und die Standardabweichungen werden in N/mm^2 ausgedrückt. 10 kg/cm^2 gemäss alter Norm entsprechen etwa 1 N/mm^2 .

Literatur

Norm SIA 162 «Betonbauten». Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich. 1989

Norm SIA 162/1 «Betonbauten. Materialprüfung». Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich. 1989

«Beton». Informationsblätter für Baufachlehrer. TFB Wildegg. 1987

«Cementbulletin» Nr. 11/1974, Nr. 8/1986, Nr. 19/1989. TFB Wildegg