

Beziehung Nennwert - mittlere Würfeldruckfestigkeit

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **42-43 (1974-1975)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153558>

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.

CEMENTBULLETIN

NOVEMBER 1974

JAHRGANG 42

NUMMER 11

Beziehung Nennwert — mittlere Würfeldruckfestigkeit

Der Nennwert der Würfeldruckfestigkeit als Kennzahl der Betondruckfestigkeit und als Basis für die Berechnung der Bauteile. Wesen des Nennwertes und seine Abhängigkeit von der mittleren Würfeldruckfestigkeit. «Vorhaltemass» für die mittlere Würfeldruckfestigkeit. Qualifizierung der Baustelle.

In der «Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton» (Technische Norm SIA Nr. 162 (1968) werden die geforderten Druckfestigkeiten des Betons in «Nennwerten» angegeben. Diese dürfen gemäss Definition nur von $\frac{1}{6}$ einer grösseren Anzahl von Prüfwerten unterschritten werden. Dadurch ist es möglich, die Sorgen, welche die Streuung der Betonfestigkeit dem verantwortlichen Ingenieur verursacht, zu mindern oder auszuschliessen. Der Festigkeitswert (Nennwert), auf den die Berechnung der Bauteile abstellt, wird somit stets mit der gleichen Wahrscheinlichkeit eingehalten, wenn auch die darüberliegende mittlere Würfeldruckfestigkeit je nach Streuungsmass verschieden hoch liegt.

Die Verhältnisse lassen sich bildlich darstellen mit der sog. Gauss'schen Glockenkurve, welche die Verteilung einer grossen Zahl Prüfergebnisse um deren Mittelwert herum aufzeigt (Abb. 1).

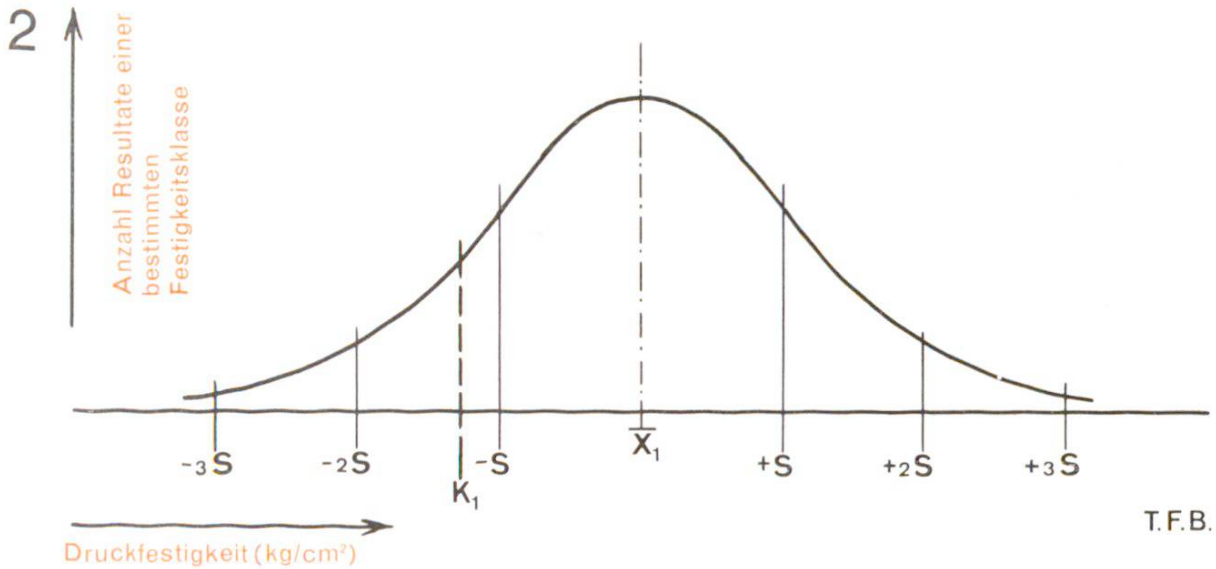


Abb. 1 Die «Gauss'sche Glockenkurve» entsteht, wenn man die Anzahl Prüfergebnisse, die einer bestimmten Festigkeitsklasse zufallen (z.B. zwischen 280 und 290 kg/cm² liegen) in der senkrechten Achse aufträgt. Die Kurve zeigt somit die zahlenmässige Verteilung der Prüfergebnisse, die sich um ihren Mittelwert \bar{x} häufen. S entspricht der Standardabweichung vom Mittelwert. Sie berechnet sich mit der Formel:

$$S \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_n^2}{n-1}}$$

wobei D = Differenz eines Prüfergebnisses vom Mittelwert und
 n = Anzahl der einbezogenen Prüfergebnisse

Die «Normalverteilung» ist dadurch gekennzeichnet, dass der Punkt $-S$ von 16%, $-2S$ von 2,25% und $-3S$ von 0,15% der Resultate unterschritten wird. S ist somit ein Mass für die Streuung. Der Punkt K stellt einen möglichen «Nennwert» dar, der hier bei $-1,28S$ mit einer Unterschreitungsquote von 10% angenommen wurde.

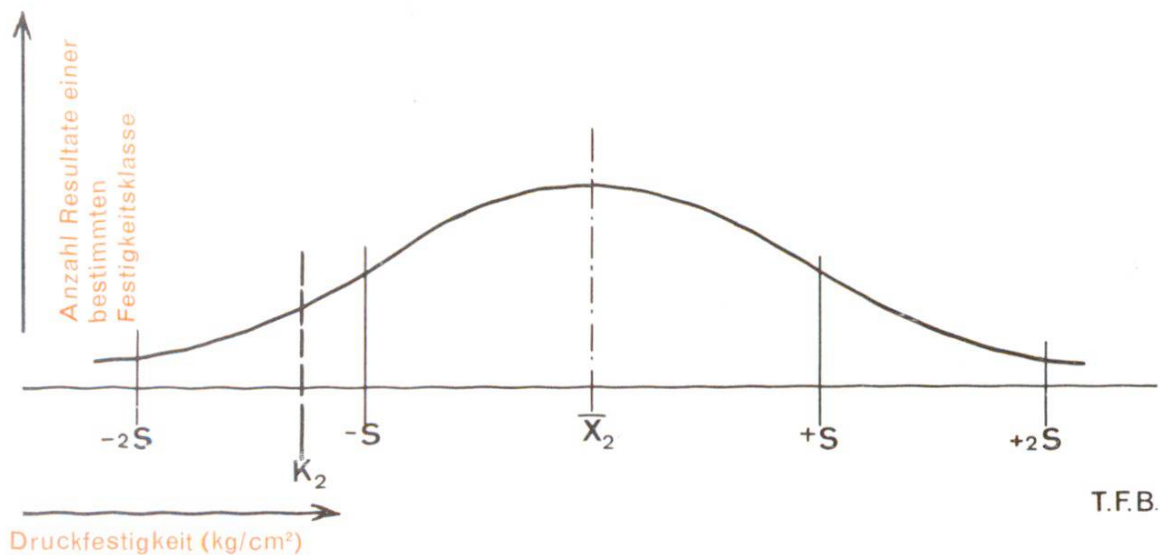


Abb. 2 Verteilungskurve der Prüfergebnisse eines Betons mit grosser Festigkeitsstreuung. Die Schwelle K (10% kleiner – 90% grösser) ist vom Mittelwert weiter entfernt als bei der Verteilung in Abb. 1.

Abb. 2 zeigt die Verteilung der Prüfergebnisse eines Betons, dessen mittlere Festigkeit gleich ist wie Abb. 1, der aber eine viel grössere Qualitätsstreuung aufweist. Will man mit diesem Beton den geforderten Nennwert von Abb. 1 einhalten, so muss eine höhere mittlere Würfelldruckfestigkeit angestrebt werden. Im Bild wird diese Glockenkurve somit nach rechts verschoben (Abb. 3).

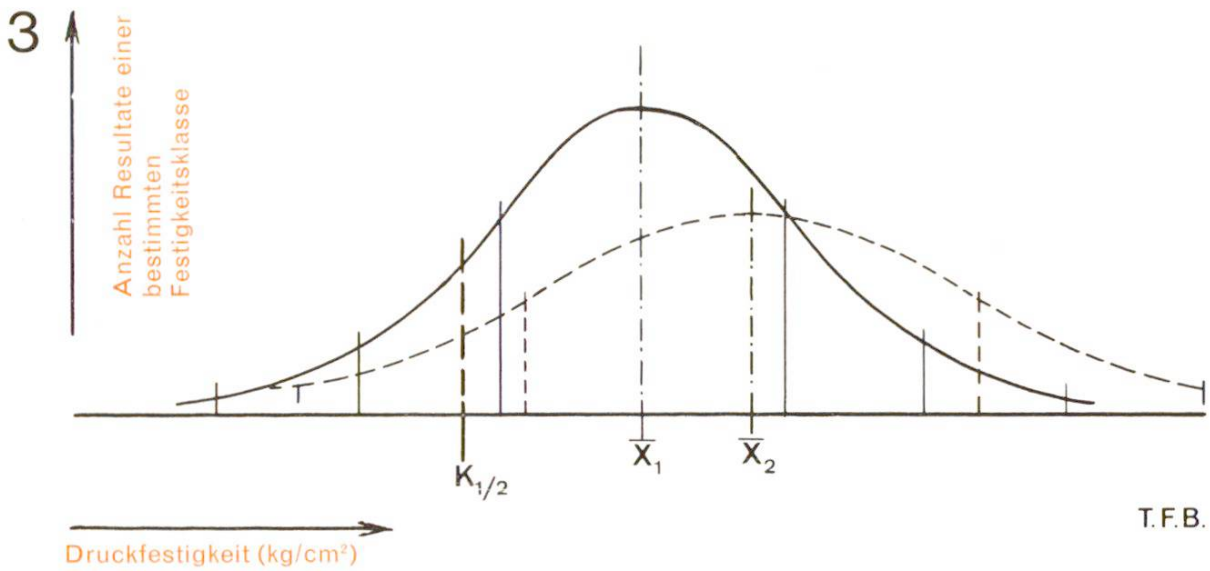


Abb. 3 Bei gleichem Nennwert K (z.B. nur 10% der Prüfergebnisse dürfen 270 kg/cm² unterschreiten) muss bei einem Beton mit hoher Festigkeitsstreuung (Abb. 2) ein entsprechend höher liegender Mittelwert angestrebt und gefordert werden als bei einem Beton mit kleinerer Qualitätsschwankung (Abb. 1).

Andererseits braucht die mittlere Druckfestigkeit eines Betons mit kleinerem Streuungsmass als Abb. 1 nicht so hoch zu liegen, um die gleiche Nennwertbedingung einzuhalten. Eine solche schmale, hohe Glockenform kann dann bildlich gesprochen mehr nach links zu liegen kommen (Abb. 5).

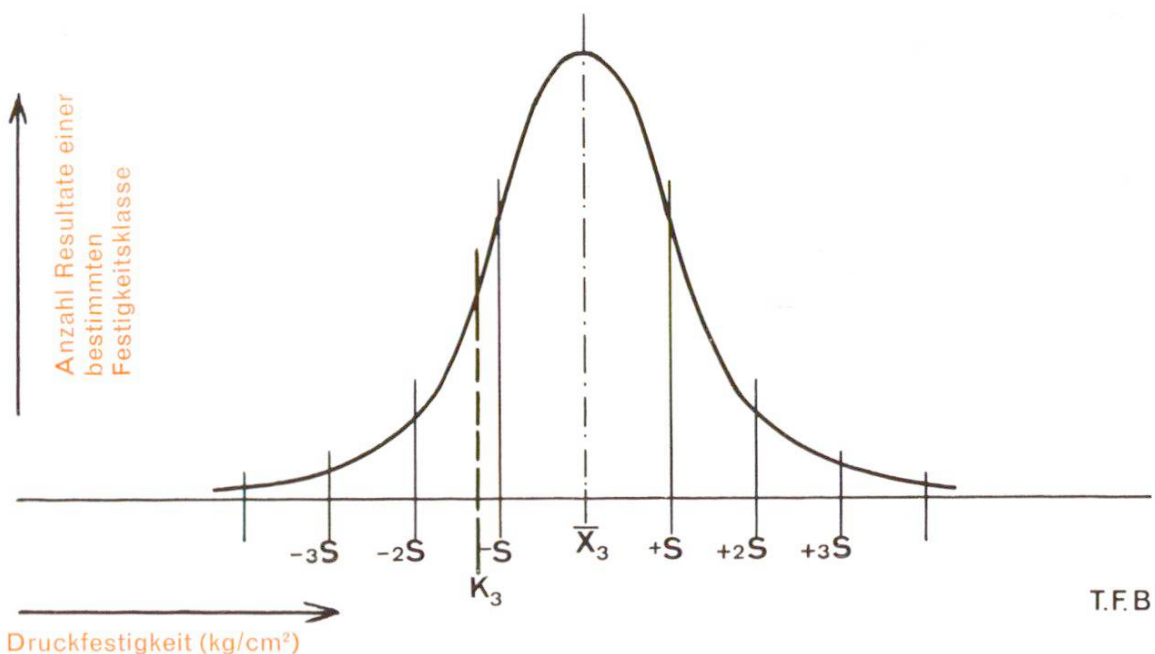


Abb. 4 Ein Beton mit kleiner Festigkeitsstreuung zeigt eine hohe, schmale Verteilungskurve der Prüfergebnisse. Die Einzelwerte scharen sich näher um ihren Durchschnittswert, und der Abstand des Nennwertes K ist entsprechend kleiner.

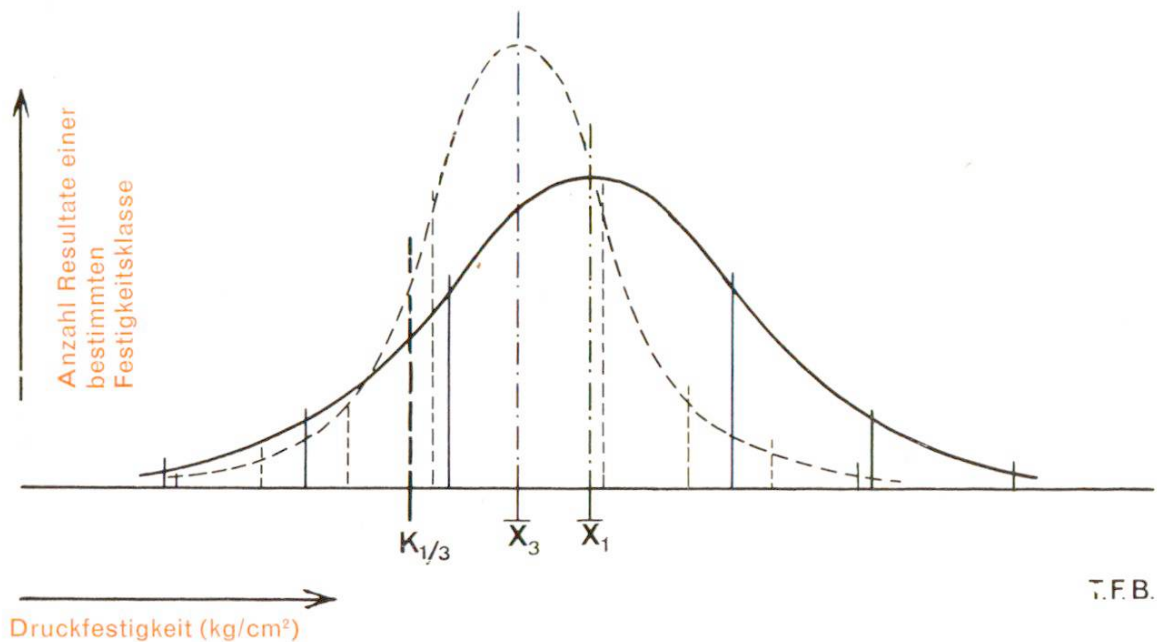


Abb. 5 Mit einem Beton geringerer Festigkeitsstreuung (Abb. 4) genügt eine entsprechend geringere mittlere Druckfestigkeit, um eine bestimmte Nennwerts-Bedingung zu erfüllen.

In der Praxis erheben sich die Fragen, welche mittlere Würfel-druckfestigkeit angezielt werden muss, um einen bestimmten Nennwert einzuhalten oder ob die aus einer kleineren Prüfserie sich ergebende mittlere Würfel-druckfestigkeit die Einhaltung des Nennwertes erwarten lässt (nur mit 12 und mehr Einzelresultaten kann der Nennwert des Betons gemäss Norm genau ermittelt werden). Man sollte den Abstand des Nennwertes von der mittleren Würfel-druckfestigkeit kennen bzw. über ein verlässliches «Vorhaltemass» für das Anvisieren der Festigkeit verfügen.

Das «Vorhaltemass» für die anzustrebende bzw. ausreichende mittlere Würfel-druckfestigkeit ist abhängig vom Streuungsmass der Prüfergebnisse, wobei in der Standardabweichung S (s. Abb. 1) die zuverlässigste Angabe darüber besteht. Die Standardabweichung ist die Abweichung vom Mittelwert, die von ca. 16% aller Prüfergebnisse nach unten bzw. nach oben überschritten wird. Da der Nennwert der schweizerischen Norm von $\frac{1}{6}$ der einzelnen Prüfergebnisse unterschritten werden darf, und $\frac{1}{6} \sim 16,6\%$ sind, entspricht hier das «Vorhaltemass» für die mittlere Würfel-druckfestigkeit praktisch der Standardabweichung.

Wie gross ist nun die Standardabweichung? Tabelle 1 enthält zuverlässige Schätzungen je nach dem Stand der Betonherstellung.

5 Tabelle 1

Standardabweichung von der mittleren Würfeldruckfestigkeit bei verschiedenen Bedingungen der Betonherstellung (Gesamtstreuung inkl. Prüfverfahren bei mittleren Würfeldruckfestigkeiten nach 28 Tagen von 300 und mehr kg/cm²).

| Zumessungsart | | Baustellen- überwachung | Quelle (vgl. Literaturangaben) | | | |
|---------------|----------|----------------------------|-----------------------------------|-------|----|--------------------|
| Zement | Zuschlag | | 1) | 2) | 3) | 4) |
| Gewicht | Gewicht | gut | 37 | | 35 | -35 |
| | | normal | 55 | | 45 | 35-50 |
| | | schlecht | 73 | | | 70- |
| Gewicht | Volumen | gut | 40 | 35-50 | 45 | -50 |
| | | normal | 60 | 50-70 | 55 | 50-70 |
| | | schlecht | 80 | 80- | | 90- |
| Volumen | Volumen | gut | 44 | | 55 | |
| | | normal | 65 | | 65 | |
| | | schlecht | 86 | | | kg/cm ² |

Die Zusammenstellung der Tabelle 1 zeigt gute Übereinstimmung der aus ganz verschiedenen Quellen stammenden Messdaten.

Auch in der Schweiz wurde festgestellt, dass das Streuungsmass der Betonfestigkeit in der Regel auf bestimmten Baustellen mit gleichbleibender Besetzung und Installation in engen Grenzen verharnt.

Das gesuchte «Vorhaltemass» entspricht den Werten der Tabelle, sofern die schweizerische Norm angewandt wird. Wenn der Nennwert mit einer anderen Unterschreitungsquote als 16,6% definiert wird, so kann man das «Vorhaltemass» der Tabelle 1 mit einem entsprechenden Faktor aus Tabelle 2 korrigieren.

6 Tabelle 2

Anpassung des «Vorhaltemasses» bei anderen Nennwertbedingungen

Anteil der Prüfergebnisse, die den Nennwert unterschreiten dürfen

| 1% | 2% | 5% | 10% | 16% | 25% |
|------|------|------|------|------|------|
| 2,33 | 2,05 | 1,64 | 1,28 | 1,00 | 0,66 |

Faktor, um welchen der Wert der Tabelle 1 vermehrt werden muss, um das entsprechende «Vorhaltemass» zu erhalten.

Es verbleibt noch die Frage, wie die einzelne Baustelle qualifiziert werden kann, ob die Überwachung gut, normal oder schlecht sei. Diese Beurteilung hängt im wesentlichen von drei Punkten ab:

1. Die Zusammensetzung des Zuschlages, besonders der Feinsandanteil, wird mehr oder weniger konstant gehalten.
2. Die Konsistenz des Frischbetons wird mehr oder weniger konstant gehalten.
3. Die Probenahme sowie die Herstellung und Lagerung der Probekörper wird mehr oder weniger einheitlich und fachmännisch durchgeführt.

Tabelle 3 gibt eine Hilfe zur Einschätzung der Baustelle:

7 Tabelle 3

Qualifizierung der Baustelle hinsichtlich der Überwachung bzw. Regelmässigkeit der Betonqualität

| | «gut» | «normal» | «schlecht» |
|--------------------|---|---|--|
| Zuschlag: | häufige Siebanalysen zur Kontrolle. Verpflichtung des Lieferanten | nur gelegentliche Siebanalysen | nur gelegentliche Kontrolle von Auge |
| Konsistenz: | Wasserzugabe immer unter Beurteilung der Betonkonsistenz im Mischer | gelegentliche Prüfung der Betonkonsistenz beim Entleeren des Mixers | keine Überwachung der Betonkonsistenz. |
| Proben: | Herstellung der Proben genau nach Normenvorschrift | gelegentliche Abweichungen von Verfahrensvorschriften | häufige Abweichungen von Verfahrensvorschriften. Unregelmässigkeiten beim Verdichten und Lagern. |

Gesamthaft zeigen diese Angaben, dass das «Vorhaltemass» niemals genau, sondern nur schätzungsweise bestimmt werden kann. Tr.

Literaturangaben:

1. **H. C. Erntroy**, Research Report, Cement and Concrete Association. London, Nov. 1960.
2. **ACI-Committee 214**, Recommended Practice for Evaluation of Compression Test Results of Field Concrete. J. Am. Concr. Inst. **29**, 1 (1957).
3. **J. Bonzel, W. Manns**, Beurteilung der Betonfestigkeit mit Hilfe von Annahmekennlinien. «beton», **7**, 303 (1969).
4. **G. Dreux, F. Gorisse**, Contribution à l'étude statistique des contrôles de béton. Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics, N° 302, 145 (févr. 1973).
5. **B. W. Shacklock**, Concrete Constituents and Mix Proportions. Cement and Concrete Association, London 1974.
6. **E. Kreyszig**, Statistische Methoden und ihre Anwendung. Göttingen 1972.
7. **SIA** (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein). Technische Norm 162. Norm für die Berechnung, Konstruktion und Ausführung von Bauwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton (Zürich 1968).

TFB

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