

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 24-25 (1956-1957)
Heft: 22

Artikel: Die Unregelmässigkeiten der Betondruckfestigkeit
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153352>

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: 15.03.2025

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

CEMENTBULLETIN

OKTOBER 1957

JAHRGANG 25

NUMMER 22

Die Unregelmäßigkeiten der Betondruckfestigkeit

Die Ursachen und Folgen der Unregelmäßigkeiten in der Betonherstellung. Die Bewertung von Würfeldruckfestigkeiten und Beurteilung des Streuungsmasses in einer grösseren Serie von Druckfestigkeitsproben. Anhang: Berechnung der Streuungsverhältnisse anhand eines Beispiels.

Im CB Nr. 16/1955 wurde die Herstellung von Probewürfeln besprochen und dabei drei Prüfungsziele unterschieden:

- a) Vorprüfung zur Erlangung von Daten über die vorgesehenen Materialien und deren Zusammensetzung.
- b) Prüfung der auf dem Bau erzielten Druckfestigkeit.
- c) Bestimmung des zeitlichen Erhärtungsverlaufes.

Die Unregelmässigkeiten in der Betondruckfestigkeit, von denen in diesem Bulletin die Rede sein soll, werden bei den unter b) genannten Prüfungen in einer grösseren Zahl von Resultaten aus äusserlich identischen Versuchen sichtbar.

Ferner wurden im CB Nr. 16/1957 die Beziehungen zwischen Betonarten und Betonfestigkeiten behandelt, so wie sie sich aus den «Normen für die Berechnung und Ausführung von Beton- und Eisenbetonbauten» ergeben. In jenen Ausführungen wurde die Betonfestigkeit als Basis für die Bemessung der Bauteile betrachtet und vorgeschlagen, die starr festgelegten Würfeldruckfestigkeiten und zulässigen Druckspannungen für BN und BH durch vermehrte Anwendung der beweglich umschriebenen BS zu umgehen. Es erfolgte in diesem Zusammenhang auch ein Hinweis auf die Be-

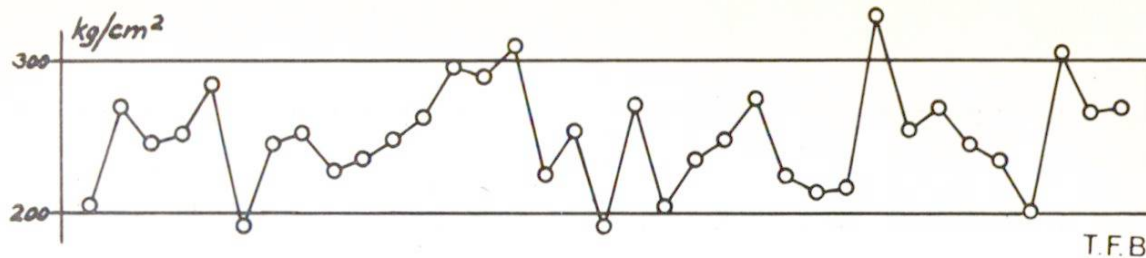


Abb. 1 Einfaches Streuungsbild. Die Prüfergebnisse von Tabelle 1 sind in chronologischer Reihenfolge aufgezeichnet.

deutung der praktisch auftretenden Festigkeitsschwankungen mit der Folge, dass verhältnismässig grosse Sicherheitsmargen angelegt werden müssen und somit der Beton noch weit davon entfernt ist, voll ausgenutzt zu sein.

Aus dem zuletzt genannten Grunde beginnt man heute in der Betontechnologie den Streuungsverhältnissen grössere Aufmerksamkeit zu schenken. Man geht den Ursachen der Unregelmässigkeiten näher auf den Grund und sucht ihre Wirksamkeit herabzumindern. Neben den Festigkeitsziffern an sich wird deshalb auch das Mass ihrer Streuung beurteilt.

Was sagen die Prüfergebnisse aus?

Eine **einzelne Würfeldruckprobe** kann über die tatsächliche Betonbeschaffenheit recht wenig Auskunft geben. Wenn ein Ergebnis einen guten Wert zeigt, so ist damit noch nicht erwiesen, dass die erstellte Betonstruktur entsprechend hohe Festigkeit aufweist. Umgekehrt ist es unbegründet, sich wegen eines einzelnen Probewürfels von niedriger Festigkeit Sorgen zu machen. Diese Feststellungen gehen aus den relativ grossen Streuungen der Resultate einer ganzen Gruppe von Festigkeitsprüfungen hervor (s. Abb. 1). Das **arithmetische Mittel** aus drei oder mehr Prüfungsergebnissen gilt als das eigentliche Mass für die durchschnittliche Tragfähigkeit einer Betonstruktur. Je grösser die Zahl der Proben, desto genauer erweist sich die Aussage des Mittelwertes. Es ist aber durchaus denkbar, dass trotz einer guten mittleren Würfeldruckfestigkeit ganze Partien des Bauwerks, beispielsweise eine Tagesleistung, von niedriger Qualität sind. Der Mittelwert allein sagt über die Unregelmässigkeiten in der Betonherstellung nichts aus.

Bestimmt man das **Mass der Streuung** in einer Gruppe von Prüfungsergebnissen, so erhält man eine bestimmte Aussage über den Schwankungsbereich der Betonfestigkeit und somit über die Sorgfalt, welche auf dem Bauplatz der Betonbereitung entgegengebracht wird. Eine übermässige Streuung oder ein plötzliches Anwachsen derselben wäre ein Alarmzeichen und würde nach vermehrten Kontrollen und eingehender Überprüfung der Messeinrichtungen, insbesondere der Wasseruhr, rufen. Um ein genaueres Bild der Streuung zu erhalten, bedarf es einer grösseren Zahl von Festigkeitsziffern derselben Betonmischung. Ein Unternehmer kann leicht eine ungefähre Beurteilung vornehmen, wenn

- 3 er die erzielten Betonfestigkeiten wie in Abb. 1 laufend aufzeichnet, wobei allerdings nur äusserlich identische Betonmischungen verglichen werden können.

Wie entstehen die Streuungen der Prüfergebnisse?

Die Unregelmässigkeiten der Prüfergebnisse, wie sie sich aus den Versuchen ergeben, entstehen:

- a) aus Schwankungen in der Qualität der **Grundmaterialien**,
- b) aus Unregelmässigkeiten in der **Abmessung**,
- c) aus ungleichmässiger Mischung.

Die Einflüsse aus dem Einbringen, Verdichten und Nachbehandeln des Betons auf dem Bau kommen in den Würfeldruckproben nicht zum Ausdruck, hingegen treten hinzu:

- d) die Unregelmässigkeiten in der Probenahme,
- e) die ungleichmässige Herstellung und Nachbehandlung der Probekörper und
- f) die Streuungen aus dem physikalischen Prüfverfahren.

Die Sorgfalt der Betonbereitung, die wir ja durch das Streuungsbild der Prüfergebnisse beurteilen wollen, bezieht sich nur auf die unter a), b) und c) genannten Ursachen. Deshalb soll der Streuungsanteil aus der zweiten Gruppe d), e) und f), wenn er sich auch nicht vollständig ausschliessen lässt, so doch möglichst niedrig und konstant gehalten werden. Dies geschieht durch höchstmögliche Regelmässigkeit in den Manipulationen und durch Aufstellung von Verfahrensvorschriften für die Probenahme, Herstellung und Nachbehandlung der Probekörper und für das Prüfverfahren selbst.

Wie bestimmt man das Mass der Streuung?

In Abb. 1 sind die Resultate einer Versuchsserie der Reihe nach aufgetragen. Die Unregelmässigkeiten sind wohl offensichtlich aber noch nicht ziffernmässig festgehalten. Ein schon besseres Bild erhält man, wenn die Anzahl von in bestimmten Intervallen liegenden Prüfungsergebnissen nebeneinander aufgezeichnet werden. Durch die Anhäufung der Ergebnisse um den Mittelwert entsteht dabei ein Feld, das durch eine glockenförmige Kurve, der sog. Gauss'schen Wahrscheinlichkeitskurve, eingeschlossen wird. Bei einer kleinen Streuung erscheint die Kurve hoch und schmal, bei einer grossen niedrig und abgeflacht.

Aus einer Anzahl von Prüfungsergebnissen kann rechnerisch der Mittelwert \bar{x} , die Standard-Abweichung σ und der Variationskoeffizient V ermittelt werden.

Wenn $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ die Einzelergebnisse von n Prüfungen sind, so bestimmt sich der **Mittelwert**:

$$4 \quad \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_n}{n}$$

Die **Standard-Abweichung** σ wird nach folgender Formel bestimmt:

$$\sigma = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2}{n - 1}}$$

wobei A die Abweichung eines Ergebnisses vom Mittelwert ist, z. B. $A_2 = x_2 - \bar{x}$.

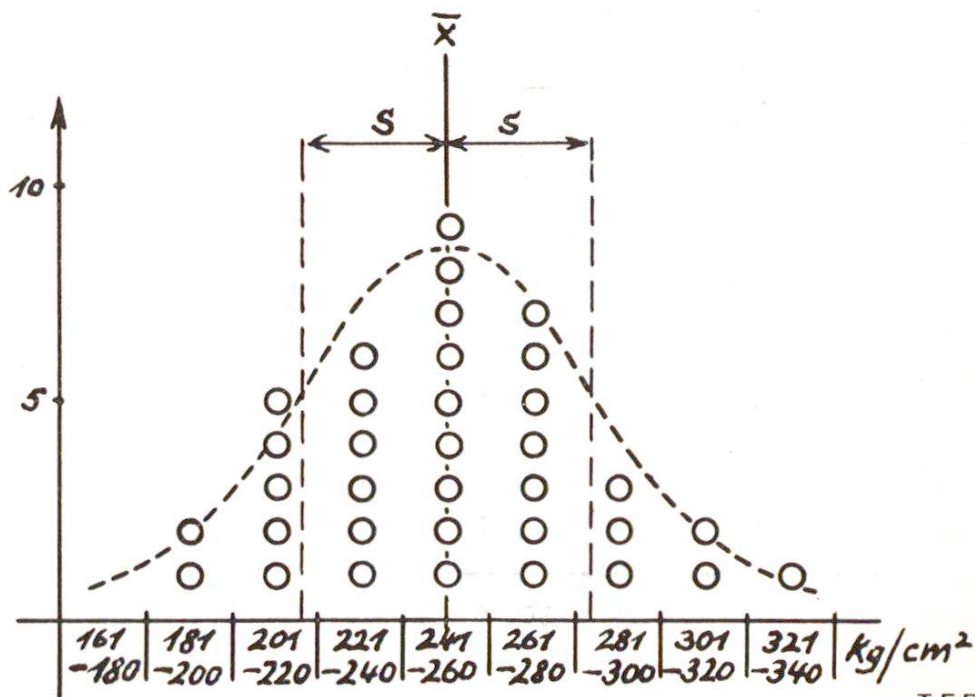
σ kann in % des Mittelwertes ausgedrückt werden. Man spricht dann vom **Variationskoeffizienten**:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

Amerikanische Sachverständige setzen die Regelmässigkeit in der Betonherstellung wie folgt in Beziehung zum Variationskoeffizienten:

Regelmässigkeit in der Betonherstellung:	Variationskoeffizient	
	— im Gesamten:	(— aus dem Prüfverfahren:)
sehr gut:	unter 10 %	unter 4 %
gut:	10 bis 15 %	4 bis 5 %
weniger gut:	15 bis 20 %	5 bis 6 %
schlecht:	über 20 %	über 6 %

Abb. 2 Statistisches Streuungsbild. Bei der Aufzeichnung der Anzahl von Prüfergebnissen, die innerhalb bestimmter Intervallen liegen, wird eine Anhäufung um das arithmetische Mittel erkennbar. (S = Standard-Abweichung).



5 Anhang: Rechnungsbeispiel

In einem Bauwerk wurden grössere Mengen einer einheitlichen Betonmischung BN, P. 300 verarbeitet. Täglich wurden mehrere Probewürfel aus verschiedenen Mischchargen hergestellt, wobei man der Probenahme, der Herstellung und Nachbehandlung alle Sorgfalt entgegenbrachte. Das Prüfalter der Probekörper betrug 28 Tage. Die Resultate und die damit angestellten Rechnungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Sie liegen auch den Abb. 1 und 2 zugrunde.

Prüfresultate

Berechnung des Mittels der Standard-Abweichung und des Variationskoeffizienten

x	A (x- \bar{x})	A ² (x- \bar{x}) ²
205	-45	2025
270	+20	400
247	-3	9
252	+2	4
284	+34	1156
191	-59	3481
246	-4	16
253	+3	9
228	-22	484
234	-16	256
249	-1	1
261	+11	121
295	+45	2025
290	+40	1600
310	+60	3600
224	-26	676
255	+5	25
194	-56	3136
270	+20	400
204	-46	2116
236	-14	196
249	-1	1
278	+28	784
222	-28	784
213	-37	1369
218	-32	1024
336	+86	7396
256	+6	36
268	+18	324
244	-6	36
235	-15	225
202	-48	2304
307	+57	3249
267	+17	289
269	+19	361

Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{8762}{35} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

Standard-Abweichung:

$$\frac{39918}{34} = 1174$$

$$\sigma = \sqrt{1174} = 34.3 \text{ kg/cm}^2$$

Variationskoeffizient:

$$v = \frac{34.3}{250} \cdot 100 = 13.7 \%$$

8762

39918

n = 35

- 6 Die mittlere 28-Tage-Würfeldruckfestigkeit von BN P. 300 muss gemäss den Normenbestimmungen 220 kg/cm^2 betragen, wobei Einzelresultate diesen Wert nicht mehr als um 25% unterschreiten, also nicht tiefer als 165 kg/cm^2 liegen sollten. Wenn die Annahme gemacht wird, dass diese Limite dennoch von einem unter 50 Resultaten unterschritten wird, so würde der Normenbestimmung ein Variationskoeffizient von $12,5\%$ zugrunde liegen. Mit einem Variationskoeffizienten von $13,7\%$ erfüllt unser Beton die Normenbestimmung in diesem Sinne nur, weil das Mittel aller Resultate diese um 30 kg/cm^2 übertrifft.

Literatur:

Recommended Practice for Evaluation of Compression Test Results of Field Concrete.

J. Am. Concr. Inst., **29**, 1 (1957, July)

und die vorangehenden Diskussionen:

J. Am. Concr. Inst., **28**, 1165 (1956, Dec.), **28**, 1277 (1957, June).

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die

TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE DER E. G. PORTLAND
WILDEGG, Telephon (064) 8 43 71