

Die Vorausbestimmung der Festigkeiten von Mörtel und Beton

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **12-13 (1944-1945)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-153196>

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 1944

JAHRGANG 12

NUMMER 11

Die Vorausbestimmung der Festigkeiten von Mörtel und Beton

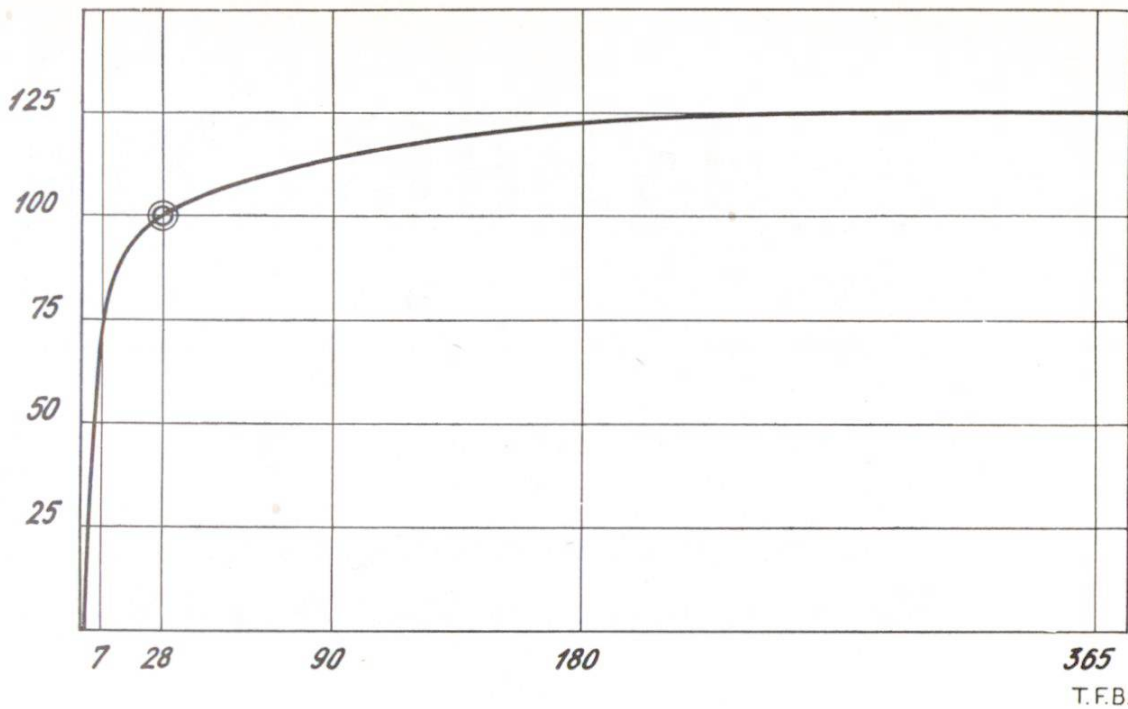
Zweck und Voraussetzungen für Vorausbestimmungen von Betonfestigkeiten. Formeln zur Vorhersage von Festigkeiten. Beziehungen zwischen früheren und späteren Druckproben. Schnellprüfungen. Interpretation von Kurzprüfungen. Literatur.

In welchen Fällen ist eine Vorausbestimmung der Betonfestigkeiten erforderlich?

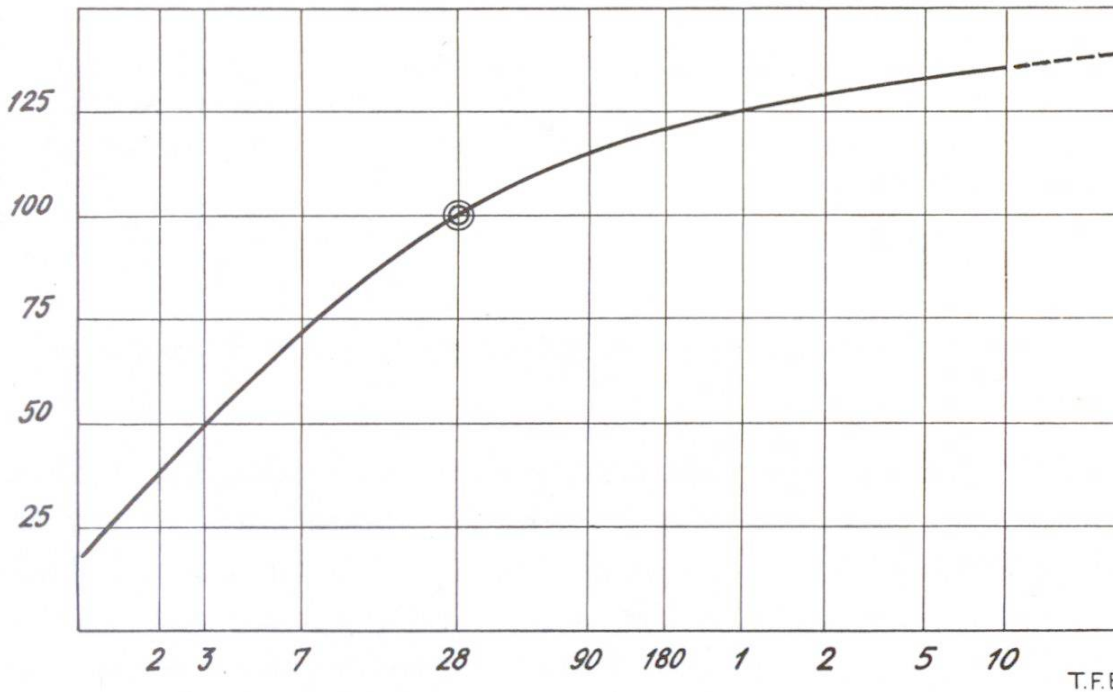
Bekanntlich hängt die Festigkeit, welche ein Bindemittel in einer Mörtel- oder Betonmischung entwickelt, weitgehend von der **Erhärtungszeit** ab. Die Festigkeit z. B. eines Betons ist also nicht endgültig bestimmt, sondern sie steigt ständig an, um nach Jahren oder Jahrzehnten einem **Grenzwert** zuzustreben. Diese endgültige Festigkeit durch den Versuch zu bestimmen, würde also praktisch nicht durchführbare Versuchszeiten beanspruchen, weshalb man sich bei der praktischen Festigkeitsprüfung mit verhältnismässig kurzen Prüfterminen begnügen muss. Als **massgebend** gilt die 28-Tageprobe, bei wichtigen Bauwerken werden im Allgemeinen noch weitere Prüftermine vorgesehen, z. B. 7, 90, 180, 365 oder mehr Tage.

Die Wahl kurzer Prüftermine ist dadurch im Bereich der Möglichkeit, als das wichtigste, hydraulische Bindemittel, der Portlandcement, schon in kurzer Zeit einen **hohen Prozentsatz** der **endgültigen Festigkeit** entwickelt.

Für viele Zwecke der Praxis sind aber sogar ein- und mehrwöchige Versuchszeiten noch zu lang. Da öfters Festigkeitsproben erst kurz vor oder während des Bauvorgangs vorgenommen werden und



T.F.B.



T.F.B.

Festigkeitsverlauf mit zunehmendem Alter des Betons

Die Festigkeit im Alter von 28 Tagen ist mit 100% angenommen

Oben = Zeitmasstab in Tagen linear dargestellt (gewöhnlicher Masstab)

Unten = Die Erhärtungszeit (in Tagen, bzw. Jahren) ist in logarithmischem Masstab aufgetragen. Dadurch werden die kürzeren Erhärtungszeiten auseinandergezogen und die längeren stark zusammengedrängt. Sowohl der Verlauf der Anfangs-, als auch der Endhärtung wird besser erkenntlich.

sie dementsprechend rasch zu Ergebnissen führen sollten, ist man auf **Kurzprüfungen** angewiesen. Solche kurzfristigen Versuche sind z. B. angezeigt, wenn es sich darum handelt, etwa die Eignung von verschiedenen Zuschlagsmaterialien (Sand, Sandkies, etc.) oder die Festigkeit im Zeitpunkt des Ausschalens rasch festzustellen. Auch ist, wie in der Cementwarenindustrie, manchmal das Bedürfnis vorhanden, aus sehr kurzfristigen Prüfergebnissen auf die Festigkeiten im Moment der Ablieferung, bzw. auf eine später zu erwartende Festigkeit schliessen zu können.

3 Voraussetzungen für eine Vorausbestimmung von Betonfestigkeiten.

Die Vorausbestimmung von Betonfestigkeiten ist insofern erheblich erleichtert, als

1. die verschiedenen Portlandcementmarken, soweit sie wie die einheimischen den schweizerischen Bindemittelnormen entsprechen, einen annähernd **einheitlichen Festigkeitsverlauf** aufweisen und
2. die Erhärtung, bzw. **Festigkeitsentwicklung während längerer Zeiträume** für die schweizerischen hydraulischen Bindemittel (Portlandcemente und hydraulische Kalke) eingehend bekannt ist.

Zudem sind für die Cemente durch die schweizerischen Bindemittelnormen **Minimalfestigkeiten** garantiert, die innerhalb bestimmter Zeiten erreicht sein müssen. Die Mindestdruckfestigkeiten sind für die genannten Bindemittel wie folgt festgelegt:

Tabelle 1.

Minimal- und effektive, mittlere Druckfestigkeiten schweiz. Cemente, ermittelt an Prismen aus plastischem Normenmörtel 1 : 3, angemacht mit 11 0/0 Wasser.

Alter der Probekörper Tage	Vorgeschriebene Minimalfestigkeit in kg/cm ²	Verhältniszahlen 28-Tage-Festigkeit = 100	Effektive Normenfestigkeit in kg/cm ²	Verhältniszahlen 28-Tage-Festigkeit = 100
Portlandcemente				
3	—		165	52
7	180 (—10 0/0)	65.4	236	74
28	275 (—10 0/0)	100	318	100
90	—		381	120
180	—		413	130
365	—		429	135
Hochwertige Portlandcemente.				
3	250 (—10 0/0)	59.5	273	58
7	340 (—10 0/0)	81	401	85
28	420 (—10 0/0)	100	472	100
90	—		486	103
180	—		501	106
365	—		520	110

Voraussage der Betonfestigkeiten.

In **erster Annäherung** kann man (gutes Zuschlagsmaterial, plastische bis steifplastische Konsistenz des Betons, guter Verarbeitung, Temperatur von 15⁰C vorausgesetzt) für einen Beton im Alter von

4 28 Tagen etwa soviele Kilo per Quadratcentimeter Würfeldruckfestigkeit erwarten als seine **Cementdosierung in Kilo/m³** Beton beträgt. Erdfeuchte Mischungen geben bedeutend höhere, flüssige Mischungen bedeutend niedrigere Festigkeiten (s. C. B. Nr. 7, 1944).

Da der **Einfluss des Anmachwasserzusatzes** auf die Betonfestigkeiten gut bekannt ist, kann mit grösserer Genauigkeit die Festigkeit vorausberechnet werden, wenn man Dosierung und Wasserzusatz im Zeitpunkt des Betonmischens genau kennt. Es gibt hierfür verschiedene Formeln, die nach ihren Urhebern genannt sind:

Formeln zur Vorausberechnung von Betondruckfestigkeiten.

In diesen Formeln bedeuten:

Nach Féret $B_T = K_T \left(\frac{c_0}{c_0 + w_0 + p_0} \right)^2$ B_T = Betondruckfestigkeit im Alter von T Tagen

K_T = eine Konstante, die für jedes Prüfalter, Cementmarke, etc. vorher durch Versuche bestimmt sein muss

Nach Graf (modif.) $B_T = \left(\frac{c}{w} \right)^2 \frac{M_T}{3}$ K_t = eine Konstante, die für jedes Prüfalter, Cementmarke, etc. vorher durch Versuche bestimmt sein muss (nicht identisch mit K_T ,

c = Kg Cementdosierung/m³ Beton

Nach Bolomey $B_T = K_t \left(\frac{c}{w} - 0.50 \right)$ w = Anmachwasser + Sandkiesfeuchtigkeit in Litern per m³ Beton

c_0 = absolutes Volumen des Cements im Beton

w_0 = absolutes Volumen des Wassers

p_0 = absolutes Volumen der Poren

Nach Bendel $B_T = -1.5 w + c + 1000 (R - 2.14)$ M_T = Festigkeit des Normenmörtels im Alter von T Tagen (siehe Tab. 1)

R = Raumgewicht des frischen, verarbeiteten Betons

Die oben genannten Konstanten K_T und K_t lassen sich leicht durch Versuche vorausbestimmen, indem Betonproben für verschiedene Prüftermine angefertigt werden und indem man in diesen Betonproben die Dosierung und den Wasserzusatz genau bestimmt. Bequemer, wenn auch nicht immer so treffsicher sind die Formeln, die ohne diese Vorversuche auskommen.

Vorausberechnung von späteren Betondruckfestigkeiten aus jüngeren Proben.

Sofern ein normaler Erhärtungsverlauf vorausgesetzt werden kann, ist es mit guter Treffsicherheit möglich, aus der Festigkeit einer

5 jüngerer Probe auf die wahrscheinliche, spätere Festigkeit zu schliessen. Die **Genauigkeit** dieses Verfahrens ist **umso grösser**, je **näher** dem interessierenden **Termin** geprüft wird, denn in diesem Fall kommen äussere Einflüsse (nasse oder trockene Lagerung, Temperatur) weniger zur Geltung. Zur Umrechnung vom Prüfungsergebnis auf den zu erwartenden Wert dienen die in Tab. 2 angegebenen Umrechnungsfaktoren:

Tabelle 2.

		Mittlere Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der Betondruckfestigkeit im Alter von Tagen									
		2	3	7	28	90	180	1 J.	2 J.	5 J.	10 J.
Bei Bestimmung einer Betondruckfestigkeit im Alter von Tagen	2	1.00	1.3	1.9	2.6	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6
	3	0.76	1.00	1.44	2.0	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7
	7	0.53	0.70	1.00	1.39	1.6	1.7	1.75	1.8	1.85	1.87
	28	0.38	0.50	0.72	1.00	1.14	1.22	1.25	1.30	1.33	1.35
	90	0.33	0.44	0.63	0.88	1.00	1.07	1.10	1.14	1.17	1.18
	180	0.31	0.41	0.59	0.82	0.93	1.00	1.03	1.07	1.09	1.11
	1 J.	0.30	0.40	0.57	0.80	0.91	0.98	1.00	1.04	1.06	1.08
	2 J.	0.29	0.38	0.55	0.77	0.88	0.94	0.96	1.00	1.02	1.04
	5 J.	0.28	0.37	0.54	0.75	0.86	0.92	0.94	0.98	1.00	1.02
	10 J.	0.28	0.37	0.53	0.74	0.85	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00

Bemerkung: Die obigen Faktoren gelten für Normaltemperaturen von 15°, bei Verwendung von normalem Portlandcement schweiz. Herkunft, Dosierung über P 200, bei mindestens 4wöchiger Feuchtlagerung des jungen Betons.

- 6 Beispiel: Eine Serie Betonproben hat im Alter von 7 Tagen und nach normaler Erhärtung 210 kg/cm^2 Würfeldruckfestigkeit ergeben. Wie gross werden voraussichtlich die Festigkeiten nach 28 Tagen, sowie nach 1 Jahr sein? Aus Tab. 2 entnimmt man in der wagrechten Zeile für 7 Tage in den betreffenden senkrechten Kolonnen für 28 Tage den Faktor 1.39 und für 365 Tage den Faktor 1.75. Durch Multiplikation mit der gefundenen 7-Tage-Festigkeit erhält man die voraussichtliche
- Festigkeit nach 28 Tagen $1.39 \times 210 = 292 \text{ kg/cm}^2$
Festigkeit nach 365 Tagen $1.75 \times 210 = 368 \text{ kg/cm}^2$

Bei höheren Temperaturen sind die Anfangsfestigkeiten höher und, da die Endfestigkeiten durch höhere Temperatur nicht namhaft beeinflusst werden, ist dementsprechend der spätere Festigkeitszuwachs geringer. Umgekehrt wirken tiefere Temperaturen.

Frühes, intensives Austrocknen beeinträchtigt die Nacherhärtung, wodurch in solchen Fällen die Berechnung falsche Werte ergeben würde.

Ferner gibt es Unterschiede in der Anfangs- bzw. Nacherhärtung der verschiedenen Cemente. So zeigen die hochwertigen Portlandcemente und der Tonerdecement eine besonders energische Anfangserhärtung, während die weitere Zunahme in der Erhärtung nicht so ausgeprägt ist wie bei den normalen Portlandcementen. Aus diesem Grund können auch für die erstgenannten Cemente die obigen Umrechnungsfaktoren nicht angewandt werden.

Schnellprüfungen.

Ausser den beschriebenen Kurzprüfungen sind noch eigentliche **Schnellprüfverfahren** entwickelt worden. Diese gestatten z. B. schon nach 8 Stunden eine Festigkeitsprüfung vorzunehmen und damit die 28-Tage-Festigkeit vorauszubestimmen. Man füllt hierbei eine Form mit Frischbeton und stellt sie in ein isoliertes Wasserbad, das mit einem bestimmten Quantum siedendem Wasser gefüllt ist. Die Isolation ist so bemessen, dass sich Wasser und Beton innerhalb von 7 Stunden auf Normaltemperatur abkühlen, worauf der erhärtete Beton geprüft wird. Die verdreifachte Festigkeit soll der nach 28 Tagen zu erreichenden Festigkeit entsprechen. (Näheres s. Concrete, Märzheft 1939.)

Interpretation von Kurzprüfungen.

Kurzprüfungen an Beton sind **niemals ein Ersatz für Dauerversuche**. Nur die letzteren vermitteln massgebende Zahlen. Bei kurzfristigen

7 Versuchen machen sich äussere, zeitweilig wirkende Faktoren viel stärker bemerkbar als bei längeren Terminen, wo ein **Ausgleich** dieser Einflüsse eintreten kann.

Jedenfalls darf nicht auf die berechnete Zahl als solche, sondern nur auf deren Grössenordnung abgestellt werden, wobei aus der persönlichen Erfahrung heraus die Zuverlässigkeit und bestimmte, äussere Einflüsse zu beurteilen und zu würdigen sind.

Unter diesen Voraussetzungen vermögen aber Kurzprüfungen in vielen Fällen recht **wertvolle Informationen** zu vermitteln.

8 Literatur:

- J. Bolomey, Durcissement des bétons (Rouge & Cie. S. A., Lausanne, 1936).
- M. Rös, Anleitung zur Vorausbestimmung der Würfeldruckfestigkeit von Mörtel und Beton nach R. Féret (Beilage zu Diskussionsbericht EMPA Nr. 7).
- O. Graf, Der Aufbau des Mörtels und des Betons, 3. Auflage, Verlag J. Springer, 1930.
- O. G. Patch, Beschleunigte Betonprüfung auf kleineren Baustellen, Concrete (Chic.), März 1939.
- Cementbulletin Nr. 8 (1935), Die Dauerhaftigkeit der Betonbauten.
- Cementbulletin Nr. 13 (1941), Wie bestimmt man die Festigkeit von Mörtel und Beton?
- Cementbulletin Nr. 7 (1944), Das Cement/Wasser-Verhältnis.