

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 87/88 (1926)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton  
**Autor:** Bolomey, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-40921>

### **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:** 04.04.2026

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

INHALT: Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton. — Von der Holzkonserverung. — Ideenwettbewerb für die Ausgestaltung der Seeufer im Gebiet der Stadt Zürich und ihrer Vororte. — Die neuen eidgen. Vorschriften für den Bau von Luftseilbahnen für Personenverkehr. — Aussprache über Aktuelle Fragen des Brücken- und Hochbaues. — Internationale Ausstellung für Bionenschiffahrt und Wasserkraftausnutzung in Basel 1926. — Miscellanea: Ein Dampfturbinen-Aggregat von

160 000 kW. Bogenstaumauer am Salt River. Zweiter Tag zur Förderung der Farbe im Stadtbild, Hannover 1926. Eidgenössische Technische Hochschule. — Nekrologie: Ernst Furrer-Zeller. Willy Schreck. Eduard von Rodt. — Konkurrenzen: Neubau der Schweizer Volksbank in Solothurn. Gewerbeschule und Kunstgewerbemuseum in Zürich. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein.

Band 88.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 3

### Bestimmung der Druckfestigkeit von Mörtel und Beton.

Von J. BOLOMEY, Ing.

(Schluss von Seite 44.)

#### Berechnung des Anmachwassers.

Wie bereits gezeigt worden ist, beeinflussen die granulometrische Zusammensetzung und die Art der Materialien die Anmachwassermenge und somit auch die Druckfestigkeit von Mörtel und Beton sehr stark. Es ist sehr wertvoll, ohne direkte Anmachwasser-Versuche vornehmen zu müssen, die Menge des Wassers bestimmen zu können, die einer gegebenen granulometrischen Zusammensetzung entspricht. Ebenso wichtig ist es zu wissen, wie die Mischung zur Verbesserung der erhaltenen Ergebnisse verändert werden muss.

Wir haben dieses Problem gelöst, indem wir durch direkte Versuche das Anmachwasser gemessen haben für eine grosse Anzahl Mörtel und Beton mit den verschiedensten granulometrischen Zusammensetzungen, Korngrößen, Arten von Materialien, Dosierungen usw. Der Flüssigkeitsgrad blieb aber dabei konstant. Der Vergleich der erhaltenen Ergebnisse erlaubte uns den Schluss, dass die Menge des Anmachwassers dargestellt werden kann durch:

$$W = \frac{PN}{\sqrt[3]{d^2}} \dots \dots \dots (2)$$

wenn  $W$  das Gewicht des Anmachwassers in kg,  $P$  das Gewicht des Sandes oder Kieses vom Durchmesser  $d$  in

kg,  $d$  der Durchmesser des betrachteten Sandes oder Kieses in mm und  $N$  der Proportionalitätskoeffizient, abhängig vom spezifischen Gewicht des Felsens aus dem das Korn  $d$  besteht, der Form der Körner, der Rauhgigkeit der Oberflächen und vom Flüssigkeitsgrad.

Für Flussand und -Kies mit glatter Oberfläche, mit regelmässiger, einem Ellipsoid angenäherter Form, dessen grösste Axe nie das doppelte der kleinsten Axe übersteigt, mit einem spezifischen Gewicht des den Ballast bildenden Felsens von 2,65 und mit einem Flüssigkeitsgrad von 1,7 wurde  $N = 0,100$  gefunden. Für gebrochenen Sand und Kies, der immer raube Oberflächen mit scharfen Kanten besitzt, variiert  $N$  zwischen 0,120 und 0,135 je nach der mehr oder weniger regelmässigen Form der Körper.

Die Abbildung 5 stellt graphisch die Resultate der Formel (2) für einen Flussballast dar (Sand und Kies von Barberine). Die Abszissen und Ordinaten entsprechen statt den eigentlichen Werten von  $d$  und  $F$  den Logarithmen dieser Werte, wonach sich die Gleichung (2) durch eine Gerade darstellen lässt.

Das Anmachwasser variiert wie folgt in Funktion des Durchmessers  $d$ :

- $d = 0,2 \text{ mm}$      $W = 29 \%$  des Sandgewichtes
- $d = 1 \text{ "}$          $W = 10 \%$     "        "
- $d = 10 \text{ "}$         $W = 2,1 \%$    "        Kiesgewichtes
- $d = 100 \text{ "}$        $W = 0,5 \%$    "        "

Die Formel (2) ist infolge des Uebergewichts der Kapazitätseigenschaften nicht verwendbar, wenn der Durchmesser  $< 0,1 \text{ mm}$  (Zement, Kalk, Steinmehl usw.).

Die Wassermengen  $W$ , die diesen Materialien entsprechen, wurden durch direkte Messungen bestimmt, die für einen Flüssigkeitsgrad von 1,7 folgende Werte ergeben:

- $W = 23 \%$  vom Gewicht des Portlandzementes,
- $W = 60 \%$     "        "        Kalkhydrates,
- $W = 38 \%$     "        "        gebrochenen Gneismehles,
- $W = 25 \%$     "        "        gewaschenen Flussandes von 0,1 bis 0,5 mm,
- $W = 48 \%$     "        "        aus den Waschwässern wiedergewonnenen ganz feinen Sandes.

Unsere Formel hat den selben allgemeinen Verlauf wie die von Feret, die übrigens für einen schwächeren Flüssigkeitsgrad übereinstimmt (siehe Abbildung 5). Ihr Annäherungsgrad ist für Beton und Mörtel der selbe, d. h. ungefähr 5%, wenn man  $N = 0,100$  für Flussmaterial und  $N = 0,130$  für gebrochenen Sand und Kies annimmt. Die berechneten Werte sind im allgemeinen zu gross, wenn die Mischung von Sand und Kies ( $S + K$ ) ein grosses Raumgewicht besitzt (wenig Hohlräume); sie sind im Gegenteil zu schwach, wenn die Granulierung und die Art des Materials zu wünschen übrig lassen.

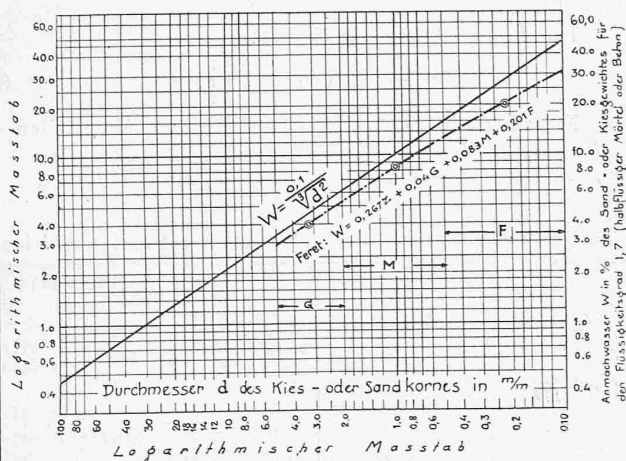
Bei gleicher granulometrischer Zusammensetzung und gleichem Flüssigkeitsgrad erfordern gebrochene Materialien gewöhnlich 30% mehr Anmachwasser als Flussmaterialien, was durch die Unregelmässigkeiten der Oberflächen und das grosse Porenvolumen der gebrochenen Materialien hervorgerufen wird. Mit andern Worten: die Wassermenge, die bei der Verwendung von Brechmaterialien einen leicht zu stampfenden Beton erzeugt, ergibt mit Flussmaterialien bei gleichbleibender Dosierung und Granulierung einen giessbaren Beton.

#### ⑤ Anmachwassermenge in Funktion vom Korndurchmesser des Ballastes

nach der Formel

$$W = \frac{0,1}{\sqrt[3]{d^2}} \cdot P \left\{ \begin{array}{l} W = \text{Gewicht des Anmachwassers} \\ P = \text{Gewicht des Ballastes vom Durchmesser } d \\ \text{Spezifisches Gewicht des Kiesgesteins} = 2,65 \end{array} \right\} \text{ in kg}$$

Gültig für Durchmesser über 0,1 mm bei Flussmaterial. Für gebrochene Materialien müssen die Werte  $W$  der Kurve mit 1,25 bis 1,35 multipliziert werden, je nach dem Grad der Oberflächenrauigkeit und der Regelmässigkeit der Körnerformen.



Material	W in % des Gewichtes Flüssigkeitsgrad 1,7	Grösster Wasserrückhalt in % des Gewichtes
Zement	23	55
Kalkhydrat	60	150
Gneismehl 0-0,5 mm	38	74
Flussand bzw. 0,5-0,1 "	25	44
Flussand " < 0,1 "	48	80

Diese auf eine grosse Zahl von Versuchen gestützten Feststellungen sind der allgemein angenommenen Meinung direkt entgegengesetzt, nach der Sand und Kies mit scharfen Kanten und rauhen Oberflächen den besten Beton ergeben!).

Die Druckfestigkeit von kompaktem Mörtel und Beton ist unabhängig von der Form der Körper und der Natur ihrer Oberflächen. Sie ist mit dem Faktor  $Z/W$  veränderlich.

Die Abbildung 5 hebt den Einfluss der feinen Teile auf die Wassermenge hervor. 1 kg Sand von 1 mm erfordert fünfmal mehr Wasser als das gleiche Gewicht Sand von 10 mm und zwanzigmal mehr als 1 kg Kies von 100 mm Korngrösse. Es ist deshalb von Vorteil, das Verhältnis Sand zu Kies und die Menge des feinen Sandes auf das unumgängliche Mindestmass zu beschränken, um einen kompakten und genügend plastischen Beton zu erhalten.

Der Gehalt an Sand und an feinen Bestandteilen soll jedoch genügend sein:

- a) um die Mischung mit dem Minimum von Hohlräumen, d. h. mit dem grössten Raumgewicht zu erhalten;
  - b) um die innige Verbindung der Materialien zu sichern.
- Der Beton soll genügend plastisch sein, damit er sich nicht entmischt und damit die Einbringung mit den vorgesehenen Installationen unter Berücksichtigung des vorher bestimmten Flüssigkeitsgrades unter guten Bedingungen erfolgen kann.

*Flüssigkeitsgrad und Plastizität.*

Um den Flüssigkeitsgrad (Konsistenz) eines Gemisches so gut als möglich in Zahlen ausdrücken zu können, wurde das von G. M. Williams vorgeschlagene Verfahren mit dem Fliesstich angewendet (siehe „Flowability of concrete and its measurement by means of the Flow-Table“ in „Engineering and Contracting“, 1920). Das weitere hierüber ist aus der Abbildung 6 ersichtlich. Wir haben daselbst als normalen Flüssigkeitsgrad  $F = 1,7$  eingeführt.

Auch über die Plastizität eines Gemisches gibt der Versuch mit dem Fliesstich einigen Aufschluss, wie dies aus den Abbildungen 7 und 8 hervorgeht. Die Plastizität hängt ab von der Sandmenge  $< 0,1$  mm.

Die Partikeln von einem Durchmesser unter  $0,1$  mm besitzen die Eigenschaft, eine grosse Wassermenge zurückzuhalten und mit dieser eine Art von Emulsion zu bilden, deren spezifisches Gewicht je nach dem Flüssigkeitsgrad zwischen 1,5 und 2,0 variieren kann. Ist dieses spezifische Gewicht zu schwach, so fallen die Kiesel, die Materialien trennen sich, der Beton ist nicht plastisch. Ist es hingegen genügend gross, so schwimmen die Sand- und Kieskörner in der Mörtelmasse (flüssiger Beton) oder sind stark damit zusammengehalten (halbflüssiger Beton). Je nach dem Arbeitsvorgang und den Transporteinrichtungen ist der erwünschte Plastizitätsgrad sehr veränderlich.

*Granulometrische Zusammensetzung bei maximalem spezifischem Gewicht.*

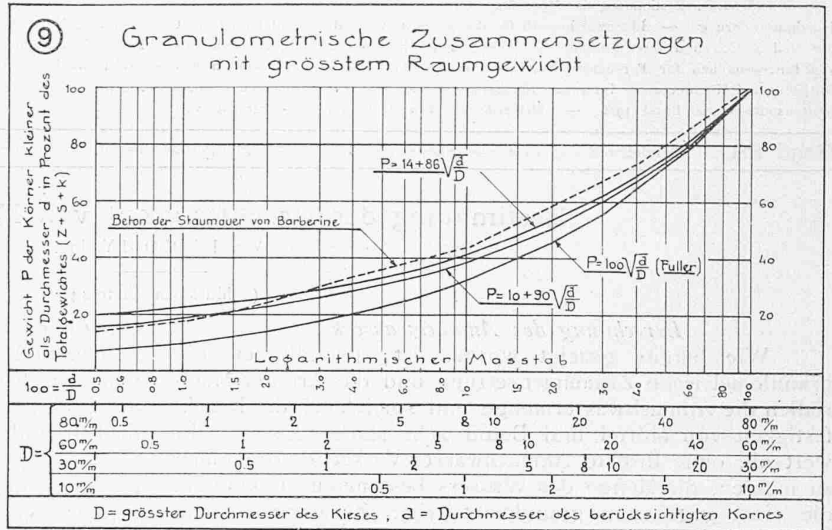
Das Raumgewicht und das Porenvolumen wurden experimentell für verschieden trockenen graduierten und nicht graduierten Sand bestimmt. Die gefundenen Werte sind in der nebenstehenden Tabelle I eingetragen.

Diese Tabelle zeigt deutlich, dass zweckmässig graduiertes Material zu gebrauchen und die Verwendung von Sand und Kies gleichmässiger Grösse zu verhüten ist.

Das Porenvolumen kann durch Verbesserung der granulometrischen Zusammensetzung von 380 auf 230 oder von 460 auf  $300 \text{ l/m}^3$ , d. h. um mehr als einen Drittel vermindert werden.

Das mässige Stampfen vermindert das Volumen des Kieses um 5% und das des Sandes um 10%.

<sup>1)</sup> Die Formen der Körner und die Beschaffenheit ihrer Oberfläche üben hingegen einen ausgesprochenen Einfluss auf die Druckfestigkeit von porösem, stark gestampftem Beton oder Mörtel aus.



Das Raumgewicht des Gemisches ( $S + K$ ) wird umso grösser, je ausgedehnter die Abstufung ist; es bewegt sich von 1,85 für einen Sand von 0 bis 5 mm bis zu 2,04 für ( $S + K$ ) von 0 bis 8 mm. Hingegen ist es fast gleichbleibend für alle Grössen nicht graduierten Sandes und Kieses, nämlich ungefähr 1,60.

*Bestimmung der granulometrischen Zusammensetzung mit maximalem Raumgewicht.*

Eine allgemeine Methode wurde 1907 von W. B. Fuller und S. E. Thompson angegeben („The laws of proportioning concrete“). Die theoretisch granulometrische Zusammensetzung, die mit dem maximalen Raumgewicht und der grössten Druckfestigkeit übereinstimmt, kann durch die Fuller-Parabel definiert werden:

$$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}} \dots \dots \dots (3)$$

worin  $D$  grösster Durchmesser des Kieses,  $d$  beliebiger Durchmesser zwischen 0 und  $D$  und  $P$  % des Gewichtes der Mischung mit kleinerem Durchmesser als  $d$ .

Diese Formel entspricht sehr widerstandsfähigem und dichtem Beton, dem aber die Plastizität fehlt und der schwer einzubringen ist, es sei denn in grossen Massen und tüchtig gestampft. Es ist im allgemeinen vorteilhaft, die Fuller-Parabel durch Einführung einer Konstanten  $B$  zu modifizieren, die dem Zement und dem Feinmaterial mit weniger als 0,5 mm Durchmesser Rechnung trägt und die auch von der Art der Materialien und vom erforderlichen Plastizitätsgrad abhängt.

Die Formel (3) ergibt derart:

$$P = B + (100 - B) \sqrt{\frac{d}{D}} \dots \dots \dots (4)$$

Flussmaterialien	Gebrochene Materialien
$F = 1,7$ $B = 10$	$F = 1,7$ $B = 12$
$F = 2,6$ $B = 12$	$F = 2,6$ $B = 14$

Tabelle I. Raumgewicht und Dichte von Sand und Kies.

Durchmesser der Körner	Gestampft		Ungestampft		
	Raumgewicht	% Porenvolumen	Raumgewicht	% Porenvolumen	
0 bis 0,5 mm	1,61	39	1,39	47,5	
0,5 " 1 "	1,63	38	1,41	47	
1 " 2 "	1,68	36	1,43	46	
2 " 5 "	1,62	39	1,49	44	
5 " 10 "	1,61	39	1,48	44	
20 " 25 "	1,58	40	—	—	
Graduierter Sand	0 " 5 "	1,85	30	1,65	38
Kies	5 " 80 "	1,74	34	1,62	39
$S + K$	0 " 80 "	2,04	23	1,85	30

BESTIMMUNG DER DRUCKFESTIGKEIT VON MÖRTEL UND BETON.

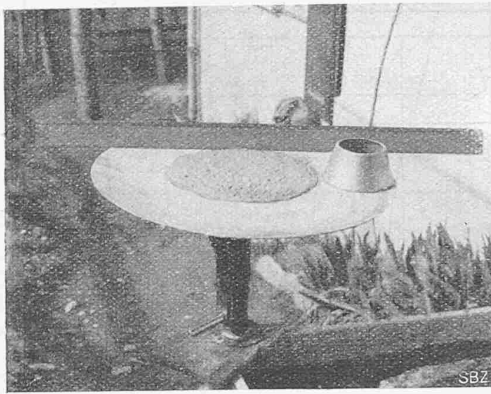


Abb. 7. Plastischer Mörtel. Der Mörtel entmischt sich nicht, trotz des Flüssigkeitsgrades  $F = 2,0$ ;  $(Z + S)$  enthält  $45\% < 0,5 \text{ mm}$ .

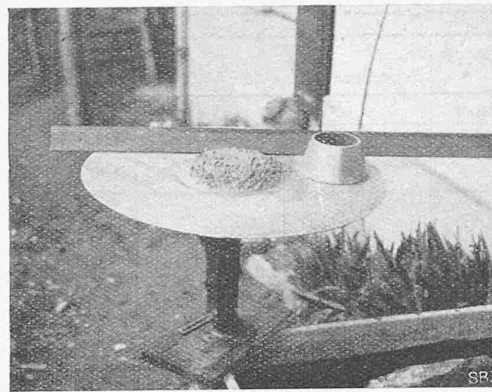


Abb. 8. Unplastischer Mörtel. Am Kuchenrand ist ausgeschiedene Zementmilch sichtbar.  $F = 2,0$ ;  $(Z + S)$  enthält  $25\% < 0,5 \text{ mm}$ .

Die Abbildung 9 gibt die diesen Formeln entsprechenden Werte in Funktion des für den Kies angenommenen max. Durchmessers.

Die Formel (4) lässt sich leicht im Gedächtnis behalten und gibt sehr zutreffende Resultate, die für  $D$  von 10 bis zu 100 mm und für Fluss- und Brechmaterial geprüft wurde. Für  $D < 10 \text{ mm}$  ist es ratsam, sich an die Fuller-Parabel  $100 \sqrt{a/D}$  zu halten, wenn es nicht nötig ist, einen besonders plastischen Mörtel zu erhalten.

Man kann von der theoretischen Zusammensetzung des Ballastes beträchtlich abweichen, ohne die Qualitäten des Beton viel zu beeinflussen, wobei immerhin der Prozentsatz des Feinmaterials  $< 0,5 \text{ mm}$ , das Verhältnis von Sand und Kies und der angemessene maximale Durchmesser  $D$  beizubehalten sind.

*Einfluss des Kiesdurchmessers  $D$ .*

Die Wichtigkeit der Wahl des Kiesdurchmessers  $D$  ist klar ersichtlich aus der nebenstehenden Tabelle II. Das Anmachwasser ist daselbst für  $F = 1,7$ ,

Dichtigkeit = 1,0 und für verschiedene Werte von  $D$  berechnet, wobei Flussmaterialien nach der Parabel  $10 + 90 \sqrt{a/D}$  abgestuft wurden.

Indem man  $D$  von 5 bis 100 mm variieren lässt, gelangt das Raumgewicht des trockenen Materials von 1,97 bis 2,35 und das des Mörtels oder Beton von 2,24 bis 2,48. Gleichzeitig mit der Zunahme des spezifischen Gewichtes fällt die Anmachwassermenge von 270 auf 136  $l/m^3$ .

Indem man für alle diese Mörtel und Beton die gleiche Dosierung von 300 kg annimmt, variiert der Faktor  $Z/W$  von 1,1 bis 2,2 und die wahrscheinliche Druckfestigkeit in 28 Tagen von 92 auf 255  $kg/cm^2$ .

Mit andern Worten, man würde die gleiche Druckfestigkeit in 28 Tagen erhalten bei

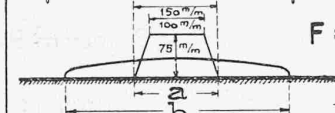
Material	Dosierung
Mörtel o bis 5 mm	1,00
" o " 10 "	0,85
Beton o " 25 "	0,69
" o " 60 "	0,55
" o " 100 "	0,50

Veränderung der Anmachwassermenge in Funktion des Flüssigkeitsgrades

(Die notwendige Menge für den Flüssigkeitsgrad 1,7 als Einheit angenommen)

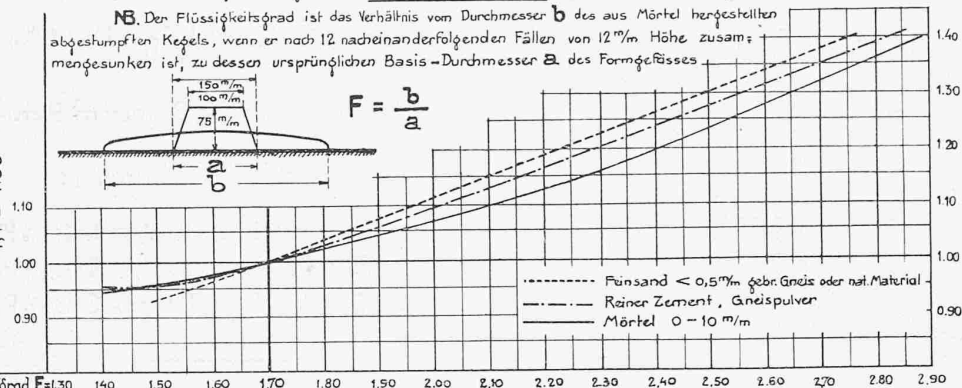
⑥

NB. Der Flüssigkeitsgrad ist das Verhältnis vom Durchmesser  $b$  des aus Mörtel hergestellten abgestumpften Kegels, wenn er nach 12 nacheinanderfolgenden Fällen von  $12 \text{ m}$  Höhe zusammen gesunken ist, zu dessen ursprünglichen Basis-Durchmesser  $a$  des Formgefäßes



$$F = \frac{b}{a}$$

Anmachwasser für Flüssigkeitsgrad 1,7 = 1,00



Flüssigkeitsgrad $F=1,30$	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90
Trockener Mörtel von Hand gestampft	Plastischer Mörtel leichtes Stampfen	Gussmörtel für Gießen von armiertem Beton	Flüssiger Mörtel für Gussbeton	Trennung der Materialien												

Anmerkung: Maschinengestampfter Mörtel (Flüssigkeitsgrad 1,00) braucht nur 70% Wasser, um den Flüssigkeitsgrad 1,7 zu erhalten.

TABELLE II

Einfluss des maximalen Kiesdurchmessers auf die Anmachwassermenge und das Raumgewicht für die Dichte = 1,00  $Z + K + S$  graduiert nach der Formel  $P = 10 + 90 \sqrt{\frac{a}{D}}$ ;  $F = 1,7$

$d =$	0,1 3 $\sqrt{a^2}$	Gewicht $P$ und Anmachwasser $W$ in $kg$ pro $m^3$ Beton									
		o bis 5 mm		o bis 10 mm		o bis 25 mm		o bis 60 mm		o bis 100 mm	
		$P$	$W$	$P$	$W$	$P$	$W$	$P$	$W$	$P$	$W$
$Z +$ o bis 0,5 mm	0,24	750	180	620	148	505	121	410	99	390	92
0,5 " 1 "	0,13	235	31	165	21	110	14	90	12	60	8
1 " 2 "	0,08	335	27	250	20	155	12	95	7	95	8
2 " 5 "	0,05	650	32	490	25	330	16	185	9	160	8
5 " 10 "	0,03			535	16	375	11	300	9	190	6
10 " 25 "	0,016					725	12	440	7	400	6
25 " 60 "	0,009							780	7	585	5
60 " 80 "	0,006									260	2
80 " 100 "	0,005									210	1
Gewicht $(Z + S + K)/m^3$		1970		2060		2200		2300		2350	
Wassergewicht/ $m^3$			270		230		186		150		136
Raumgewicht des frischen Beton		2,24		2,29		2,38		2,45		2,48	

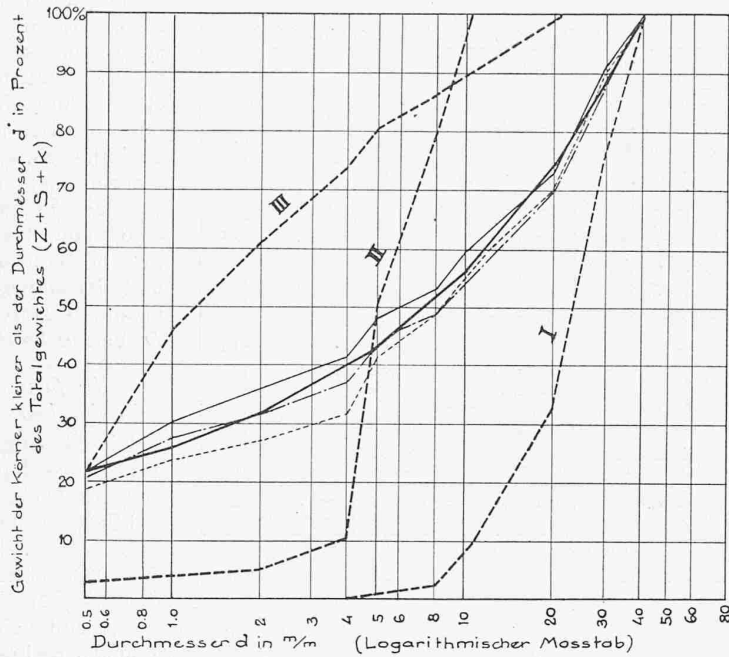
Für  $F = 2,6$  (Gussbeton) findet man auf gleiche Weise folgende Werte:

Gewicht $(Z + S + K)/m^3$	1820	1930	2080	2200	2240
Wassergewicht/ $m^3$		325	285	230	190
Raumgewicht des frischen Beton	2,14	2,22	2,31	2,39	2,41

Bestimmung der günstigsten Zusammensetzung von drei Kies- und Sandarten

10

Zur Verfügung stehendes Material	I Gebrochenes Kies 10-40 m/m	II Gebrochenes Kiessand 4-10 m/m	III Flussmaterial 0-20 m/m
Raumgewicht eingerüttelt	1.50	1.47	1.73
Korngrößen	Granulometrische Zusammensetzung $W = \frac{0.13}{\sqrt{d^2}}$	Granulometrische Zusammensetzung $W = \frac{0.13}{\sqrt{d^2}}$	Granulometrische Zusammensetzung $W = \frac{0.1}{\sqrt{d^2}}$
0 - 0.5 m/m	} 2% x 0.130 = 0.26	3	x 0.330 = 0.99
0.5 - 1		1	x 0.170 = 0.17
1 - 2		1	x 0.105 = 0.10
2 - 4		6	x 0.080 = 0.48
4 - 5		40	x 0.050 = 2.00
5 - 8		29	x 0.036 = 1.04
8 - 10		17	x 0.030 = 0.51
10 - 20		25	x 0.022 = 0.55
20 - 30		43	x 0.016 = 0.70
30 - 40		24	x 0.012 = 0.29
100 %	W=1.9%	100%	W=5.3%
			100%
			W=11%



Theoretische Zusammensetzung Z+S+k

$P = 12 + 88 \sqrt{\frac{d}{D}}$ ;  $D = 40 \text{ m/m}$

Dosierung 300 Kg P.Z. per m<sup>3</sup> Beton

Untersuchte Mischungen:

- ..... A = 45% I + 20% II + 21,7% III + 13,3% P.Z.
- ..... B = 45% I + 12% II + 29,7% III + 13,3% P.Z.
- ..... C = 40% I + 10% II + 36,7% III + 13,3% P.Z.

Nach Tabelle II ist das Gewicht der trockenen Materialien für  $D = 40 \text{ m/m}$  ungefähr 2250 Kg/m<sup>3</sup>

- A** 0,45 I 1010 Kg 0,670 m<sup>3</sup> Kies  
 0,20 II 450 " 0,305 " Feinkies  
 0,217 III 490 " 0,280 " Sand  
 0,133 P.Z. 300 "

$W = 1010 \times 0,019 + 450 \times 0,053 + 490 \times 0,11 + 300 \times 0,23 = 166$

Der direkte Anmachversuch ergibt einen groben und schwer einzubringenden Beton. Um die Verarbeitung zu erleichtern, musste das tatsächlich verwendete Anmachwasser auf 187 Liter per m<sup>3</sup> Beton erhöht werden.

Ergiebigkeit der Mischung

Gem. Kiessand	1950	: 2,65	= 737
Z	300	: 3,07	= 97
W	166	: 1,00	= 166
			1000 Liter

$\frac{Z}{W} = \frac{300}{187} = 1,60$  Wahrscheinliche Druckfestigkeit nach 28 Tagen  $K = 165 \text{ kg/cm}^2$   
 Effektive Druckfestigkeit " 28 " " 150 "  
 " " " " 90 " " 200 "

- B** 0,45 I 1010 Kg 0,670 m<sup>3</sup> Kies  
 0,12 II 270 " 0,185 " Feinkies  
 0,297 III 670 " 0,390 " Sand  
 0,133 P.Z. 300 "

$W = 1010 \times 0,019 + 270 \times 0,053 + 670 \times 0,11 + 300 \times 0,23 = 177$

Der direkte Anmachversuch gibt einen leicht zu verarbeitenden Beton. Verwendetes Anmachwasser 180 Liter per m<sup>3</sup> Beton.

$\frac{Z}{W} = \frac{300}{180} = 1,67$  Wahrscheinliche Druckfestigkeit nach 28 Tagen  $K = 176 \text{ kg/cm}^2$   
 Effektive Druckfestigkeit " 28 " " 150 "  
 " " " " 90 " " 216 "

- C** 0,40 I 900 Kg 0,600 m<sup>3</sup> Kies  
 0,10 II 225 " 0,155 " Feinkies  
 0,367 III 825 " 0,475 " Sand  
 0,133 P.Z. 300 "

$W = 900 \times 0,019 + 225 \times 0,053 + 825 \times 0,11 + 300 \times 0,23 = 190$

Der direkte Anmachversuch mit 200 Liter Wasser per m<sup>3</sup> Beton, ergibt einen halbflüssigen Beton, der sich ohne stampfen einbringen lässt, indem einfach an die Schalung geklopft wird. Der Flüssigkeitsgrad entspricht sehr gut für stark armierten Beton.

$\frac{Z}{W} = \frac{300}{200} = 1,50$  Wahrscheinliche Druckfestigkeit nach 28 Tagen  $K = 150 \text{ kg/cm}^2$   
 Effektive Druckfestigkeit " 28 " " 125 "  
 " " " " 90 " " 160 "

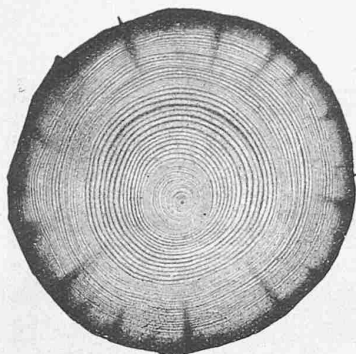


Abb. 2. Schnitt durch ein nach dem Einlageverfahren imprägniertes Rundholz.

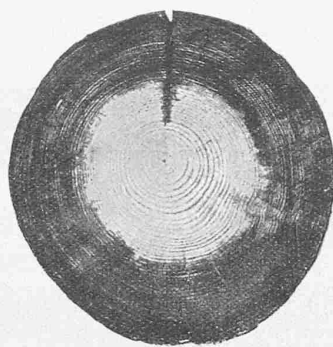


Abb. 3. Schnitt durch ein nach dem Kesseldruckverfahren imprägniertes Rundholz.

Es ist deshalb von grösstem Nutzen, einen möglichst grossen Kiesdurchmesser zu wählen, indem dabei den vorhandenen Installationen und den besondern Verhältnissen der auszuführenden Arbeit Rechnung getragen wird. Die Wahl des Durchmessers  $D$  soll indessen das Einbringen nicht allzusehr erschweren.

Die Hauptsache ist immer, in erster Linie einen dichten Mörtel oder Beton zu erhalten. Die Erfahrung bestimmt, dass die grössten Abmessungen des Kieses  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{5}$  der zu betonierenden Stärke nicht überschreiten sollen, je nachdem es sich um Fluss- oder Brechmaterialien handelt. Wenn diese Regel keine Beachtung findet, wird es schwierig sein, die Bildung von Hohlräumen an den Wänden zu vermeiden, und die Güte des Beton wird stark darunter leiden.

Uebrigens nimmt der Vorteil der grossen Durchmesser rasch ab (parabolischer Verlauf). Wenn man  $D$  von 60 bis 100 mm ansteigen lässt, so ist die Ersparnis nur 9 %, während sie 20 % beträgt, wenn sich  $D$  von 25 bis 60 mm oder von 10 bis 25 mm verändert.

*Schlussfolgerungen.*

Die zweckmässige Untersuchung eines Mörtel oder Beton kann nach folgender Methode vorgenommen werden:

1. Wahl des grössten Kiesdurchmessers bei Berücksichtigung der Installationen und der Betonstärken.
2. Bestimmung der idealen granulometrischen Zusammensetzung nach der Formel (4) unter Annahme eines Wertes für  $B$ , der der gewünschten Plastizität entspricht.
3. Granulometrische Gewichtsanalyse der vorhandenen Materialien, wobei man dem Flussand und -kies den Vorzug gibt. Es ist zweckdienlich, über drei Komponenten zu verfügen (sehr fein, mittel und grob), um sich möglichst an die theoretische Mischung halten zu können.
4. Bestimmung der Verhältnisse in Gewichten, nach denen die verschiedenen Sande und Kiese gemischt

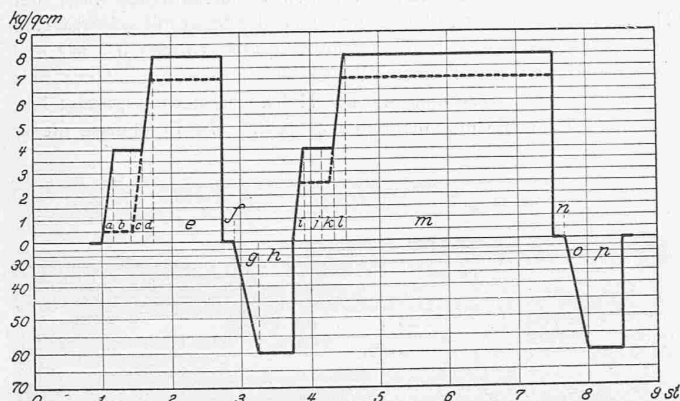


Abb. 1. Druckkurve beim Imprägnieren von Rotbuche mit Teeröl; bei c und j Füllen des Tränkessels mit Oel unter Beibehaltung des Luftdrucks, bei f und n Abl.ssen des Oels vor Herstellung des Vakuums. Das Druckdiagramm für Kieferholz entspricht ungefähr dem linken Teil, das für Eichenholz ungefähr dem rechten Teil des vorliegenden, beide mit nur einmaliger Unterdrucksetzung.

werden sollen, um sich möglichst der theoretischen Zusammensetzung zu nähern.

5. Bestimmung der Raumgewichte der verschiedenen Sande und Kiese, um die Verhältnisse in Volumen zu finden, die den Mischungen in Gewichten nach Ziffer 4 entsprechen. Dabei ist der auf dem Bauplatz praktisch vorhandene Feuchtigkeitsgrad und dessen Einfluss auf das Raumgewicht der Komponenten zu berücksichtigen.

6. Berechnung des Anmachwassers, um die Zementdosierung, die einer vorgeschriebenen Druckfestigkeit entspricht, zu ermitteln; unter Umständen um die wahrscheinliche Druckfestigkeit zu bestimmen, die man für einen gegebenen Flüssigkeitsgrad und für eine gegebene Dosierung erreichen würde.

7. Direkte Anmachversuche, um die oben erhaltenen Resultate nachzuprüfen (Anmachwasser, Flüssigkeitsgrad, Plastizität, Dichte, spezifisches Gewicht, Druckfestigkeit usw.).

Für diese verschiedenen Versuche genügt es, wenn man über eine Wage, einen Satz Siebe, einige Messgefässe und einige Betonformen für Würfel von 20 oder 7 cm Kantenlänge verfügt.

Die vollständige Untersuchung nach der günstigsten theoretischen Zusammensetzung kann somit in ein oder zwei Tagen durchgeführt werden. Die Kontrolle auf dem Bauplatze geschieht durch einzelne direkte Anmachversuche mit trockenem Material.

Die Abbildung 10 (S. 58) gibt ein der Praxis entnommenes Beispiel über die Untersuchung der Verhältnisse, nach denen drei verschiedene Ballaste gemischt werden müssen, um einen die grösste Druckfestigkeit bietenden Beton zu erhalten, indem man dem Plastizitäts- und dem erforderlichen Flüssigkeitsgrade Rechnung trägt.

Die Zusammensetzung A wurde sofort nach dem Anmachversuch fallen gelassen, weil zu mühsam zur Verarbeitung. Die Zusammensetzung B wurde mit Erfolg für schwach armierten Beton verwendet, während wir die Zusammensetzung C für Bauteile benötigten, bei denen infolge Erschwerung des Einbringens durch Eiseneinlagen die Verwendung von ausserordentlich flüssigem und plastischem Beton erforderlich war. Die erreichten Druckfestigkeiten haben den vorberechneten entsprochen.

**Von der Holzkonservierung.**

Von Civil-Ingenieur und Experte RUDOLF SODEMANN, Hamburg.

So weit unsere Kulturgeschichte zurückreicht, kann man nachweisen, dass in den Anfängen das Holz das einzige Baumaterial war, und damit zusammenhängend spielt seit dieser Urzeit bis auf die Neuzeit die Verhinderung dessen Fäulnis eine wesentliche Rolle. Die Holzkonservierung bestand in den Anfängen nun darin, dass man das Bauholz mit Stoffen, die uns heute eigenartig anmuten, wie Jauche, Tabakslauge usw. anstrich, bezw. in diese eintauchte. Man war sich eben über die ausübende Wirkung der einzelnen Mittel nicht klar, wie die gleichzeitige Anwendung des Teeres, die man bis zu Noah's Zeiten nachweisen kann, erkennen lässt.

Mit der Wissenschaft fortschreitend lernte man allmählich den Aufbau des Holzes kennen, und dass die Fäulnis durch Schwammwucherungen hervorgerufen wurde. Ferner war man im Laufe der Jahre imstande, die chemischen Wirkungen der einzelnen Konservierungsmittel zu verfolgen, sodass man das Problem von der wissenschaftlichen Seite anfassen konnte.

Die Konservierung erfolgte vorläufig noch durch Anstrich. Dieser bleibt jedoch immer nur ein unvollkommenes Verfahren, denn der zur Konservierung dienende Stoff dringt nicht tief genug in das Holz ein. Es besteht daher die Gefahr, dass das derartig oberflächlich behandelte Holz der Zerstörung von innen heraus anheimfällt, da die im Holz befindlichen und durch Luftrisse eindringenden Pilzkeime durch die äusserliche Behandlung nicht getötet werden, sondern weiter wuchern können. Die Wirkung ist daher für Hölzer, die der Fäulnis und dem Insektenfrass in erhöhtem Masse ausgesetzt