



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300746

Heft 13.

**Versuche über den Einfluß von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton.** Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West im Jahre 1911. Bericht erstattet von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.

Mit 15 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 1,60 M.

Heft 14.

**Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Stoßverbindungen der Eiseneinlagen.** Ausgeführt in der Königl. Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Dresden. Bericht erstattet von Professor **H. Scheit**, Geh. Hofrat, Direktor der Versuchsanstalt und Privatdozent Dipl.-Ing. **O. Wawrziniok**, Adjunkt der Versuchsanstalt.

Mit 144 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 4 M.

Heft 15.

**Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton.** Ausgeführt in der Großh. Materialprüfungs-Anstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt in den Jahren 1909 bis 1911. Bericht erstattet von Professor **O. Berndt**, Geh. Baurat, Vorstand der Materialprüfungs-Anstalt, Professor Dr. **K. Wirtz**, Geh. Hofrat, unter Mitwirkung von Privatdozent Dr.-Ing. **E. Preuß**.

Mit 214 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 4,60 M.

Heft 16.

**Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Beton und Eisenbeton gegen Verdrehung.** Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 114 Textabbildungen und 14 Zusammenstellungen.

1912.

Geheftet Preis 4,60 M.

Heft 17.

**Versuche mit Stampfbeton.** Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West in den Jahren 1905 bis 1910. Bericht erstattet von Geheimem Regierungsrat Professor **M. Rudeloff**, Direktor, und Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.

Mit 71 Textabbildungen und 64 Tabellen.

1912.

Geheftet Preis 9,60 M.

Heft 18.

**Die Beziehung zwischen Formänderung und Biegemoment bei Eisenbetonbalken** (abgeleitet aus den bis Ende 1911 durchgeführten Versuchen). Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. **E. Mörsch**.

Mit 12 Textabbildungen.

1912.

Geheftet Preis 1,20 M.

Heft 19.

**Prüfung von Balken zu Kontrollversuchen.** Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt, und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit 26 Textabbildungen und 10 Zusammenstellungen.

1912.

Geheftet Preis 2,40 M.

xxx  
233



Heft 20.

**Versuche mit Eisenbeton-Balken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte.**

DRITTER TEIL. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 bis 1912. Bericht erstattet von Dr.-Ing. **C. Bach**, K. württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.

Mit **188** Textabbildungen und **29** Zusammenstellungen.

1912.

Geheftet **Preis 10,60 M.**

Heft 21.

**Untersuchungen über den Einfluß der Köpfe auf die Formänderungen und Festigkeit von Eisenbeton-Säulen.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde-West im Jahre 1912. Bericht erstattet von Professor **M. Rudeloff**, Geheimer Regierungsrat, Direktor im Königlichen Materialprüfungsamt.

Mit **44** Textabbildungen und **64** Tabellen.

1912.

Geheftet **Preis 6 M.**

*Bruckhoff*  
DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON

---

---

## VERSUCHE

ÜBER DEN

EINFLUSS VON KÄLTE UND WÄRME AUF  
DIE ERHÄRTUNGSFÄHIGKEIT VON BETON

AUSGEFÜHRT IM

KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT

ZU

GROSS LICHTERFELDE - WEST

IM JAHRE 1911

BERICHT ERSTATTET VON

PROFESSOR M. GARY

ABTEILUNGSVORSTEHER IM KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT

MIT 15 TEXTABBILDUNGEN



BERLIN 1912

VERLAG VON WILHELM ERNST &amp; SOHN

*G. 190*  
*75.*

XXX  
233



III 19949



III - 307180

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Oskar Bonde in Altenburg

Akc. Nr.

404/59

084-0228/2018

## Inhaltsverzeichnis.

---

	Seite
Einleitung . . . . .	1
Das Probematerial . . . . .	1
Vorversuche . . . . .	5
Ergebnisse der Abbindeproben . . . . .	7
Hauptversuche . . . . .	7
Herstellung der Probekörper für die Druckversuche . . . . .	7
Beobachtungen an den Körpern . . . . .	8
Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Erhärtung . . . . .	9
Fetter Beton. Druckfestigkeit . . . . .	11
Magerer Beton „ . . . . .	17
Allgemeine Schlüsse . . . . .	27

---





# Bericht

betreffend

## Versuche über den Einfluss von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton.

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde im Jahre 1911.

### Einleitung.

Die im Arbeitsplan III des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton unter I A a 3 und 4 aufgeführten Versuche sollten sich laut Beschluß des Deutschen Ausschusses vom 7. Mai 1910 (Blatt 23 der Niederschrift) auf Versuche zur Feststellung des Einflusses von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton mit Hilfe von Druckfestigkeitsprüfungen beschränken.

In Aussicht genommen waren zu den Prüfungen 2 langsambindende Portlandzemente in Mischung mit Kies, und zwar eine fette und eine magere Mischung, im erdfeuchten und im weichen Zustande einzurammen, und die Prüfung nach 7, 14, 28 und 90 Tagen Alter der Proben. Zu den Versuchen sollten Würfel von 30 cm Kantenlänge benutzt werden. Den Versuchen lag der nachstehende Arbeitsplan (Tab. 1) zugrunde, der auch die nachträglich von Herrn Kommerzienrat Eugen Dyckerhoff gewünschten Ergänzungsreihen enthält.

### Das Probematerial.

Als Bindemittel dienten 2 Portlandzemente, die aus dem Handel beschafft wurden, und zwar Zement I als Vertreter der aus Muschelkalk trocken aufbereiteten und in Drehrohröfen gebrannten Zemente und Zement II als Vertreter der aus Kreide auf nassem Wege hergestellten und im Schachtofen gebrannten Zemente. Die Eigenschaften der Zemente sind aus Tab. 2 ersichtlich.

Als Zuschlagmaterial wurde Kies von Cossebaude benutzt, der in 3 Körnungen abgeseibt war, nämlich

- a) 0 bis 8 mm
- b) 8 „ 18 „
- c) 18 „ 24 „

Die Körnungen wurden im Verhältnis 2 : 1 : 1 nach Raumteilen gemischt. Die Litergewichte der einzelnen Körnungen und des Gemisches sind aus Tab. 3 ersichtlich.

Tab. 1. **Arbeitsplan** für die Versuche über den Einfluß der Temperatur auf die Festigkeit von Beton.  
Zu vergleichen die Zusammenstellung der Mittelwerte in gleicher Anordnung in Tab. 14.

Reihen- bezeich- nung	Mischung Raumteile	Wasser- zusatz (Zustand des frischen Betons)	Herstellung Lagerung der Proben	Anzahl der Proben bei den Altersstufen				Gesamt- Zahl der Würfel	Bemerkungen						
				7 Tage	14 Tage	28 Tage	90 Tage								
4	A	erdfeucht	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)	Lagerung und Prüfung	3	3	3	3	12	—					
					Lagerung	3	3	3	3						
				bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°	Lagerung	3	3	3		3	9	Je 3 Proben werden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Kühlraum entnommen und bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.		
						Lagerung	3	3	3		3				
				bei 0 bis + 5 C° <sup>1)</sup>	bei Zimmer- wärme	Lagerung	3	3	3		3	9			
						Lagerung	3	3	3		3				
				d	bei Zimmer- wärme	bei - 5 bis - 10 C°	Lagerung	3	3		3	3		9	Je 3 Körper werden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.
							Lagerung	3	3		3	3			
d <sub>1</sub>	bei - 5 C° <sup>2)</sup>	Lagerung	3	—	3	—	6								
			Lagerung	3	—	3	—								
e	bei Zimmer- wärme	bei + 25 bis + 30 C°	Lagerung und Prüfung	3	3	3	3	12							
			Lagerung	3	3	3	3								
f	+ 25 bis + 30 C° <sup>1)</sup>	Lagerung	3	3	3	3	9	Je 3 Proben werden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Wärmeraum entnommen und bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.							
			Lagerung	3	3	3	3								
4	B	weich	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)	Lagerung und Prüfung	3	3	3		3	12	—				
					Lagerung	3	3		3	3					
				bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°	Lagerung	3		3	3		3	9	Je 3 Körper werden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Kühlraum entnommen und bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.	
						Lagerung	3		3	3		3			
				bei 0 bis + 5 C° <sup>1)</sup>	bei Zimmer- wärme	Lagerung	3		3	3		3	9		
						Lagerung	3		3	3		3			
				d	bei Zimmer- wärme	bei - 5 bis - 10 C°	Lagerung	3	3	3		3	9		Je 3 Körper 7, 14 und 28 Tage im Frostraum, dann bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.
							Lagerung	3	3	3		3			
d <sub>1</sub>	bei - 5 C° <sup>2)</sup>	Lagerung	3	—	3	—	6								
			Lagerung	3	—	3	—								
e	bei Zimmer- wärme	bei + 25 bis + 30 C°	Lagerung und Prüfung	3	3	3	3	12							
			Lagerung	3	3	3	3								
f	+ 25 bis + 30 C° <sup>1)</sup>	Lagerung	3	3	3	3	9	Je 3 Körper 7, 14 und 28 Tage in der Wärme, dann bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.							
			Lagerung	3	3	3	3								
8	A	erdfeucht	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)	Lagerung und Prüfung	3	3	3		3	12	—				
					Lagerung	3	3		3	3					
				bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°	Lagerung	3		3	3		3	9	Je 3 Körper 7, 14 und 28 Tage im Kühlraum, dann bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.	
	Lagerung	3	3			3	3								
	e	bei + 25 bis + 30 C°	Lagerung	3	3	3	3		9						
				Lagerung	3	3	3		3						
B	weich	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)	Lagerung und Prüfung	3	3	3	3	12	—						
				Lagerung	3	3	3	3							
			bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°	Lagerung	3	3	3		3	9	Je 3 Körper 7, 14 und 28 Tage im Kühlraum, dann bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.			
Lagerung	3	3			3	3									
b	bei Zimmer- wärme	bei + 25 bis + 30 C°	Lagerung	3	3	3	3	9		Je 3 Körper 7, 14 und 28 Tage in der Wärme, dann bis 90 Tage Alter bei Zimmerwärme gelagert.					
			Lagerung	3	3	3	3								
e	bei + 25 bis + 30 C°	Lagerung	3	3	3	3	9								
			Lagerung	3	3	3	3								

<sup>1)</sup> Die Betonstoffe sollen ebenfalls vorher bei + 5 C° bzw. 25 bis 30 C° gelagert werden. Die Proben lagern 2 Tage in der Form, die übrige Zeit an der Luft.

<sup>2)</sup> Da der Beton in diesem Zustande nicht verarbeitet werden konnte, wurde er unmittelbar vor dem Einstampfen etwas aufgetaut, so daß er frei von Klumpen und Eisstücken war, ohne doch warm zu werden.

Tab. 2. Ergebnisse der Prüfung der Zemente I und II nach den Normen.

Zement- marke	Gewichte			Abbindeverhältnisse			Mahlfeinheit			Raum- beständig- keit			Festigkeit <sup>1)</sup> in kg/qcm				
	Liter- gewichte eingelau- fen <i>R<sub>l</sub></i>	eingelau- fen rüttelt <i>R<sub>r</sub></i>	Spezifisches Gewicht $\delta$ bei An- lieferung geglüht	Glüh- verlust $\rho/0$	Wärme- erhö- hung <i>C</i> <sup>0</sup>	Erhär- tungs- an- fang nach	Ab- binde- zeit	Rückstand $\rho/0$	Siebe mit der über- geschriebenen Anzahl Maschen für 1 qcm			Zug 7 Tagen	Druck nach 7 Tagen	Druck nach 28 Tagen	kombi- nierte Er- härtung Druck nach 28 Tagen		
									240	324	600					900	5000
I	1,263	2,089	3,154	3,247	1,07	0,9	5 Stun- den	Auf den Sieben	0,0	0,2	0,8	1,0	24,2	20,9	224	345	388
									Zwischen je zwei Sieben			0,0	0,2				
II	1,137	1,948	3,162	3,248	0,55	1,8	4 <sup>3/4</sup> Stun- den	Auf den Sieben	0,0	0,4	1,8	2,0	15,5	24,4	276	373	438
									Zwischen je zwei Sieben			0,0	0,4				

<sup>1)</sup> Mittel aus je 5 Versuchen.

$r$  = Mittleres Raumgewicht 24 Stunden nach dem Einschlagen.

Tab. 3. Litergewichte der 3 Kiessiebungen und des Gemisches.

(Im 10-Liter-Gefäß ermittelt.)

Nr.	Körnung	Ein Liter wog (eingefüllt Rf) kg	
1	Siebung von	0—8 mm	
2		8—18 mm	
3		18—24 mm	
4	Gemisch aus 1, 2 und 3 im Verhältnis 2 : 1 : 1		1,598

Tab. 4. Abbindeverhältnisse zweier Zemente bei verschiedenen Temperaturen.  
(Vorversuche).

Versuch No.	300 g Zement zu einem steifen Brei angemacht ergaben				Bei dem Versuch betrug die				Bemerkungen	
	bei einem Wasser- zusatz von %	die Wärme- erhöhung von C°	den Er- härtungs- anfang nach Stunden	die Ab- binde- zeit Stunden	Wärme der Luft C°	Wärme des An- mache- wassers C°	Wärme des Zementes C°	Luft- feuchtig- keit %		
<b>Zement I.</b>										
1	23,0	0,9	5	10	<b>16,7</b>	17,0	17,0	53	normengemäß.	
2	23,0	3,0	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	23 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<b>1,9</b>	0,7	1,6	91	Vergl. auch Wärmekurve (Abb.3) des Thermograph.	
3	23,0	0,6	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<b>16,7</b>	17,0	17,0	47	Nach 3 Stunden Lagerung der Kuchen in der Eis- grube bei — 6 bis 10 C° waren dieselben gefroren, so daß die Vikatnadel in den Kuchen nicht mehr eindringen konnte. Beim Auftauen wurde die Masse wieder weich.	
4	23,0	1,2	6 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	21	<b>4,3</b>	17,0	17,3	94		
5	23,0	1,7	4	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	<b>27,0</b>	22,0	23,5	65		
6	23,0	0,3	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10	<b>17,8<sup>1)</sup></b>	17,0	17,6	57 <sup>1)</sup>		
7	23,0	0,5	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	13	<b>17,5<sup>1)</sup></b>	17,0	17,0	56 <sup>1)</sup>		
8	23,0	0,2	28	35	<b>17,5<sup>1)</sup></b>	16,0	16,7	59 <sup>1)</sup>		
9	23,0	0,2	26	34	<b>17,9<sup>1)</sup></b>	17,0	17,6	57 <sup>1)</sup>		
10	23,0	0,0	— <sup>2)</sup>	51	<b>17,2<sup>1)</sup></b>	17,3	17,0	56 <sup>1)</sup>		
<b>Zement II.</b>										
1	26,0	1,8	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17,4	17,0	17,2	57		normengemäß.
2	26,0	0,9	13	22	3,3	4,0	3,2	98	Vergl. auch Wärmekurve (Abb.4) des Thermograph.	
3	26,0	1,1	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9	17,3	17,0	17,1	57	Wie zu 6—10 bei Zement I.	
4	26,0	0,4	11	18 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	4,3	17,0	17,0	95		
5	26,0	5,7	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	5	27,2	22,0	24,5	66		
6	26,0	2,5	7	9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	18,0	17,0	17,0	61		
7	26,0	0,7	9	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	17,8	17,0	17,0	56		
8	26,0	2,1	26 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	29 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	18,0	16,2	17,8	61		
9	26,0	1,6	26	29	18,0	17,0	17,0	59		
10	26,0	0,1	— <sup>2)</sup>	51	17,2	17,0	17,0	56		

1) Beim Anmachen festgestellt.

2) Der Erhärtungsanfang konnte nicht festgestellt werden, da der Kuchen nach dem Auftauen nicht mehr weich genug wurde, so daß die Nadel nur noch etwa 1 mm eindringen konnte.

## Vorversuche.

Um festzustellen, inwieweit die Abbindezeit der verwendeten Zemente von den Temperaturen abhängig ist, sind besondere Abbindeversuche ausgeführt worden, deren Ergebnisse in Tab. 4 zusammengestellt und in Abb. 1 und 2 aufgetragen sind.

Die Versuchsausführung bei den Prüfungen auf Abbindezeit war folgende:

1. Normgemäß,
2. Zement bei 0 bis  $-5\text{ C}^0$  im Freien gelagert und angemacht und bei 0 bis  $+5\text{ C}^0$  abgebunden,

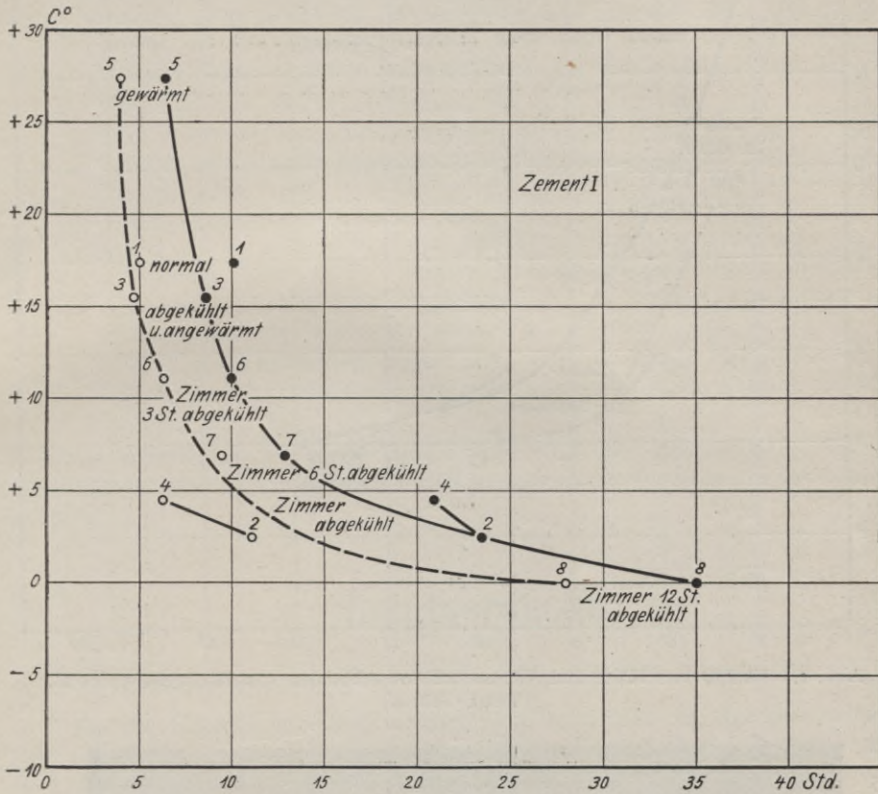


Abb. 1. Einfluß von Kälte und Wärme auf das Abbinden von Portland-Zement I.  
(Vergl. Tab. 4.)

3. Zement bei 0 bis  $-5\text{ C}^0$  im Freien gelagert, dann eine Stunde im Zimmer gewärmt, angemacht und abgebunden,
4. Zement im Zimmer gelagert und angemacht, dann bei 0 bis  $+5\text{ C}^0$  abgebunden,
5. Zement bei 25 bis  $30\text{ C}^0$  gelagert, angemacht und abgebunden,
6. Zement im Zimmer gelagert und angemacht, dann während 3 Stunden bei  $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$  in der Eisgrube gelagert und hierauf im Zimmer aufgetaut und abgebunden,
7. Wie vor, jedoch 6 Stunden im Frost von  $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$ ,
8. Wie vor, jedoch 12 Stunden im Frost von  $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$ ,
9. Wie vor, jedoch 24 Stunden im Frost von  $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$ ,
10. Wie vor, jedoch 48 Stunden im Frost von  $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$ .

Zu dem Versuch unter 2. wurde ein Parallelversuch zur Bestimmung der Abbindeverhältnisse mittels des Thermographen (Bauart Gary) ausgeführt. Die hierbei ermittelten Wärmekurven sind aus den Abbildungen 3 und 4 ersichtlich. Die Kurven verzeichnen die Bewegung des Quecksilberfadens eines Thermometers, welches die Wärmeänderung des im Abbinden begriffenen Zementbreies angibt, während eine photographische Platte mit bestimmter Geschwindigkeit hinter dem Thermometer vorbeigeführt wird.

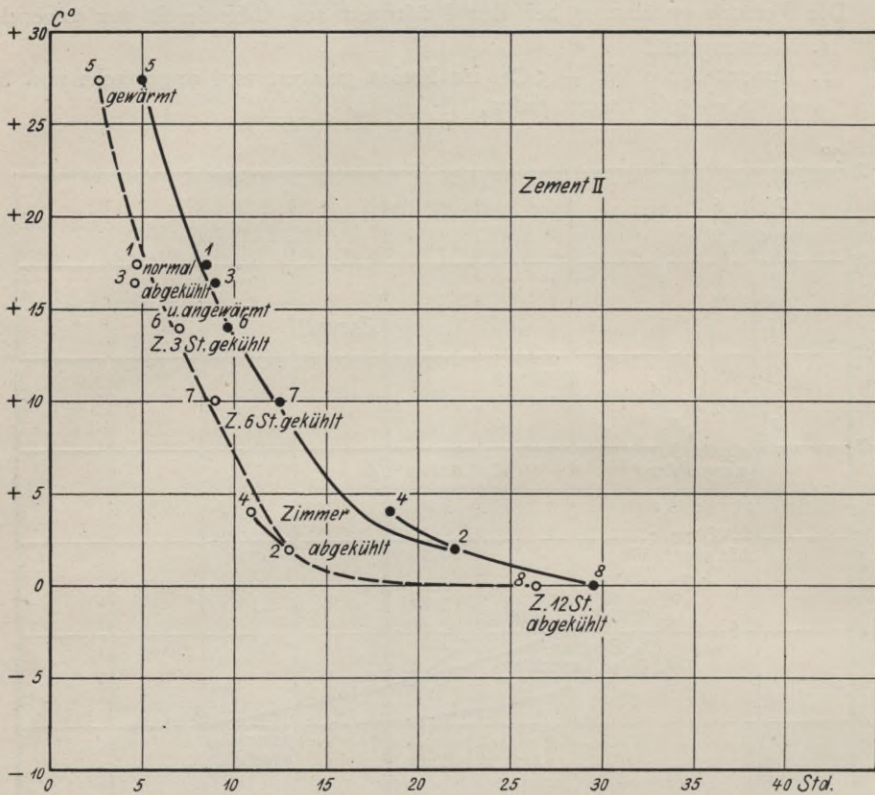


Abb. 2. Einfluß von Kälte und Wärme auf das Abbinden von Portland-Zement II. (Vergl. Tab. 4.)

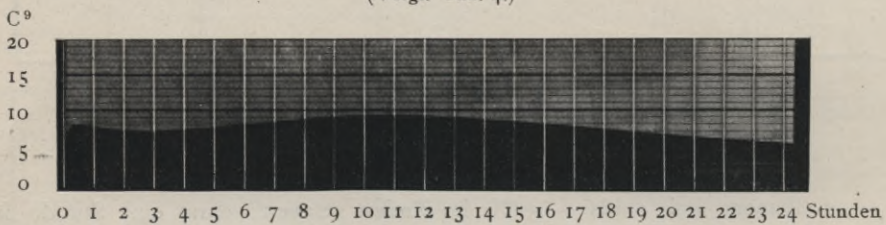


Abb. 3. Zement I, bei 0 bis  $-5\text{ C}^{\circ}$  gelagert und bei 0 bis  $+5\text{ C}^{\circ}$  angerührt.

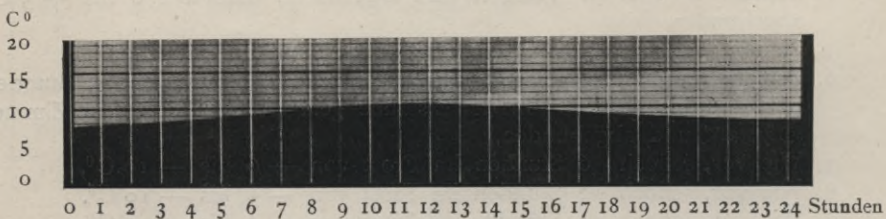


Abb. 4. Zement II, bei 0 bis  $-5\text{ C}^{\circ}$  gelagert und bei 0 bis  $+5\text{ C}^{\circ}$  eingerührt.

### Ergebnisse der Abbindeproben.

Die Ergebnisse in Tab. 4, insbesondere aber die Abbildungen 1 und 2, lassen erkennen, daß die Einflüsse von Wärme und Kälte auch auf Zemente mit annähernd gleicher, völlig normaler Abbindezeit sich nicht ganz gleichartig äußern. Der Zement II scheint gegen den Einfluß kühler Luft weniger empfindlich zu sein als I. (Vergl. auch die Ergebnisse der Festigkeitsversuche Tab. 6 bis 9, Abb. 5 und 6). Allgemein können aus den Vorversuchen folgende Schlüsse gezogen werden.

1. Wärme beschleunigt das Abbinden des Portlandzementes, Kälte verzögert es. Schon bei  $+5\text{ C}^0$  tritt bei normalen Zementen wesentliche Verzögerung des Abbindens ein (Reihen 2 und 4)<sup>1)</sup>.
2. Je wärmer der Zement (innerhalb der Versuchsgrenzen) vor dem Anmachen und Abbinden bei 0 bis  $+5\text{ C}^0$  gelagert hat, um so rascher bindet er ab; Erhärtungsanfang und -ende liegen bei dem wärmer gelagerten Zement weiter auseinander, der Erhärtungsbeginn tritt früher ein. (Abb. 1 und 2, Reihen 2 und 4 der Tab. 4.)
3. Die Abbindedauer eines Zementes wird um so größer, je länger der Zement während des Erhärtens dem Frost ausgesetzt wird (Reihen 6 bis 10). Drei Stunden Frost ( $-6$  bis  $-10\text{ C}^0$ ) hatten auf frisch und bei Zimmerwärme angerührten Zement nur wenig Wirkung (Reihen 6) und auch 6 Stunden Frost bewirken nur eine Verzögerung des Abbindens um 3 bis 4 Stunden (Reihen 7); längere Frosteinwirkung hemmt indessen das Abbinden in steigender Progression und schon bei 12stündiger Frostwirkung hört das Abbinden nahezu auf (Reihen 8 bis 10).
4. Kalt lagernden Zement kann man durch leichtes Anwärmen und Anrühren und Erhärtenlassen in der Wärme auf normale Abbindezeit bringen (Reihen 3).

Die Richtigkeit der vorstehenden Sätze und ihre Anwendbarkeit auf Beton fetter und magerer Mischung wird durch nachstehende Versuche auf Druckfestigkeit bewiesen.

## Hauptversuche.

### Herstellung der Probekörper für die Druckversuche.

Für die Herstellung der Körperreihen a, b, d und e (vergl. den Arbeitsplan Tab. 1) bei Zimmerwärme und die Lagerung der Körper zu den Reihen a wurden die Laboratoriumsräume der Abteilung für Baumaterialprüfung benutzt. Zur Herstellung und Lagerung der Proben bei 0 bis  $+5\text{ C}^0$  (Reihe c) diente ein Lagerkeller der Abteilung, der annähernd auf der gewünschten Temperatur dauernd erhalten werden konnte, was durch die gleichmäßige Außentemperatur im Februar und März 1911 erleichtert wurde. Den Versuchen bei höherer Temperatur — Reihen e und f — genügten die Räume der Zentralheizkesselanlage des Materialprüfungsamtes. Für die Dauer der Versuche bei Frost — Reihen d und d<sub>1</sub> — wurde von der Gesellschaft für Markt- und Kühlhallen, Berlin SW., Trebbinerstr. 5, ein geeigneter Raum gemietet.

Die im Laboratorium zu fertigenden Proben wurden in der Zeit vom 8. Februar bis 25. März 1911 in der durch die Leitsätze für die Prüfung von

<sup>1)</sup> Der flache Verlauf der auf dem Thermographen ermittelten Wärmekurven beweist, daß beide Zemente bei der niederen Temperatur nur langsam — gewissermaßen widerwillig — erhärten. Der höchste Punkt der Kurven ist dem durch die Nadel ermittelten Erhärtungsbeginn etwas voraus.

Stampfbeton vorgeschriebenen Art in eisernen Würfelformen hergestellt. Die Probenanfertigung in den Kühllhallen erfolgte am 6. und 7. März 1911. In allen Fällen waren sowohl Zement wie Kies in Säcken mehrere Tage vorher auf diejenige Temperatur gebracht, bei der die Probenherstellung erfolgen sollte. Die in der Kälte bei durchschnittlich  $-7\text{ C}^0$  etwa 3 Tage lang gelagerten Zement- und Kiessäcke wurden morgens gegen 7 Uhr in einen warmen Raum und nach etwa 3 Stunden Lagerung ins Freie gebracht. Hier erfolgte das Mischen des Betons in der üblichen Weise von Hand; dabei erhöhte sich die Temperatur der fertigen Betonmischung auf etwa  $\pm 0\text{ C}^0$ .

Auch im Laboratorium der Abteilung wurde zum Zwecke gleichmäßiger Behandlung aller Proben die Mischung des Betons von Hand vorgenommen. In dem Laboratorium hatte das Anmachewasser annähernd die Wärme des Raumes bzw. der Betonstoffe, in der Kühllhalle wurde das Anmachewasser auf  $30\text{ C}^0$  Wärme gebracht. Die Einzelheiten gehen aus Tab. 5 hervor.

Die Versuche standen unter Leitung des ständigen Mitarbeiters der Abteilung für Baumaterialprüfung H. Burchartz.

Tab. 5. Herstellung der Probekörper in den Kühllhallen.

Tag der Herstellung	Mischung	Zustand des Betons	Wärme in $\text{C}^0$				Wasserzusatz <sup>1)</sup> kg	Entnahme aus dem Frost nach		Prüfung nach 90 Tagen am
			der Luft	des Wassers	des trockenen Gemisches	des fertigen Gemisches		7 Tagen am	28 Tagen am	
6. März 1911	1:4 Zement I	erdfeucht	4	30	0	3	20,8	13. März 1911	3. April 1911	4. Juni 1911
		weich	4	30	2	5	38,8	1911	1911	1911
7. März 1911	1:4 Zement II	erdfeucht	7	30	2	5	19,0	14. März 1911	4. April 1911	5. Juni 1911
		weich	7	30	1	6	35,8	1911	1911	1911

<sup>1)</sup> Die Trockenmischung bestand aus  $\left. \begin{array}{l} \text{I } 112,96 \\ \text{II } 96,64 \end{array} \right\}$  kg Zement und  $\left. \begin{array}{l} \text{I } 511,36 \\ \text{II } 511,36 \end{array} \right\}$  kg Kies.

### Beobachtungen an den Körpern.

Während die in den Laboratorienräumen, im Keller und im Kesselhause gelagerten Körper (Reihen a, b, c, e, f) äußerlich keine besonderen Merkmale während der Erhärtungszeit aufwiesen, zeigten die in der Kälte hergestellten und gelagerten Körper (Reihen d) schon nach 24 Stunden Lagern in dem Kühlraum, soweit sie erdfeucht gestampft waren, in der oberen Fläche feine, kurze Risse. Wie weit diese Risse in den Beton hinein gingen, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Anscheinend waren sie nicht tief. Die Risse verschwanden auch nicht bei späterem Lagern der Proben im wärmeren Raum.

Die weich gestampften Würfel zeigten keine Risse, sondern wiesen an der Oberfläche eine dünne Haut auf, die abschilferte. An den Seitenflächen der Proben entstanden blumenartige Gebilde, ähnlich den Eisblumen an Zimmerfenstern im Winter. (Vergl. Abb. 5). Sämtliche Proben waren bei der Entnahme aus dem Kühlhause abgebunden und blieben beim Auftauen äußerlich unverändert; sie schienen auch schon beim Entformen nach 2 Tagen abgebunden zu sein.





Abb. 5. Frosterscheinungen an gefrorenem Beton (etwa  $\frac{1}{2}$  natürliche Größe).

### Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Erhärtung.

Vom 7. Februar bis 25. April 1911 wurden in dem Lagerkeller K, in dem die Proben der Reihen b und c lagen, sowie in einem Kellerraum M, der den Kessel für die Dampfheizung enthält und in dem die Proben e und f aufbewahrt wurden, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft mittels selbsttätig zeichnender Thermometer und Hygrometer kontrolliert. In den andern Räumen dienten zur Kontrolle der Wärme einfache Thermometer, die täglich abgelesen wurden.

Im Lagerkeller K schwankte die Temperatur zwischen 0 und  $+15\text{ C}^0$  und stieg nur zuweilen des Mittags auf einige Stunden bis auf  $19\text{ C}^0$ . Die Luftfeuchtigkeit betrug in diesem Raum (wegen der dort aufgestellten großen Wasserbehälter) 90 bis 100  $\frac{0}{0}$  und sank nur einmal um Mitternacht, als draußen Frost eintrat, bis auf 85  $\frac{0}{0}$ . Namentlich während des Monats März waren Temperatur und Feuchtigkeit in diesem Raume außerordentlich gleichmäßig.

In dem Kesselraume M waren erhebliche Temperatur- und Feuchtigkeitschwankungen unvermeidlich. Die Temperatur hielt sich im allgemeinen zwischen 25 und 35 C<sup>0</sup>, sank gegen Abend zuweilen bis auf 20 C<sup>0</sup> und erreichte 35 C<sup>0</sup> nur einige Male während der Mittagsstunden.

Die Feuchtigkeit betrug in der zweiten Hälfte des März, als die Proben eingebracht wurden, meist 50 bis 60  $\frac{0}{10}$ , stieg Ende März auf 60 bis 70  $\frac{0}{10}$ , fiel am 3. und 4. April auf 30 bis 40  $\frac{0}{10}$  und hielt sich während der übrigen Zeit im wesentlichen zwischen 50 und 70  $\frac{0}{10}$ . Vom Abend bis zur Mitternacht stieg die Feuchtigkeit regelmäßig mit Ausnahme des Sonnabends bis über 80  $\frac{0}{10}$ .

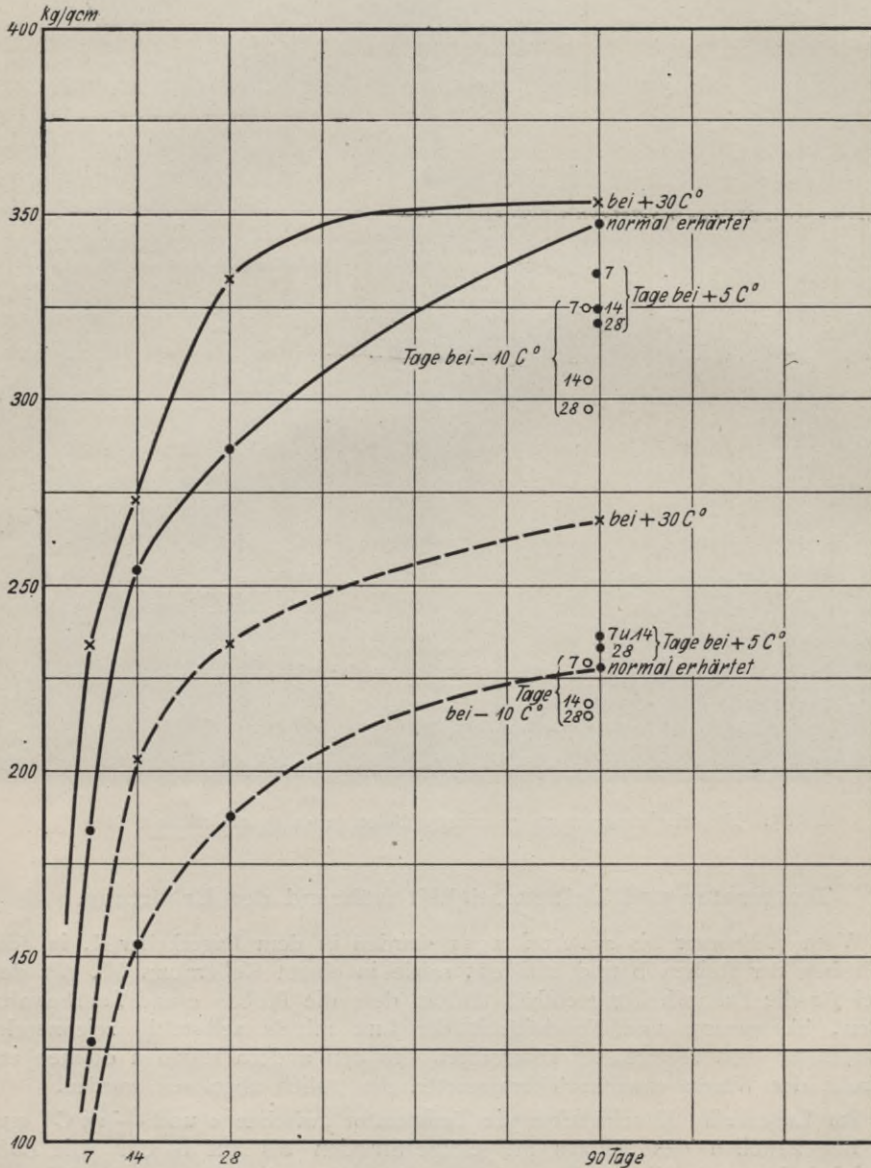


Abb. 6. Druckfestigkeit von Beton 1 : 4 aus Zement I bei Zimmerwärme angemacht.

## Fetter Beton 1:4.

Betrachten wir zunächst die Festigkeiten der Würfel, die bei Zimmerwärme hergestellt wurden. (Reihen a, b, d, e.)

Aus Tab. 6 und 7, Abb. 6 und 7 geht zunächst hervor, daß sich in fetter Mischung der Beton aus beiden Zementen I und II ähnlich verhält, aber nicht völlig gleichartig. Betreffs der Temperaturwirkung auf den Beton 1:4 sind aus den Versuchen folgende Schlüsse zu ziehen:

1. In jeder Temperatur erhärtet erdfeuchter Kiesbeton erheblich schneller als weich verarbeiteter. Die Endfestigkeit des weichen Kiesbetons bleibt unter der des erdfeucht gestampften.

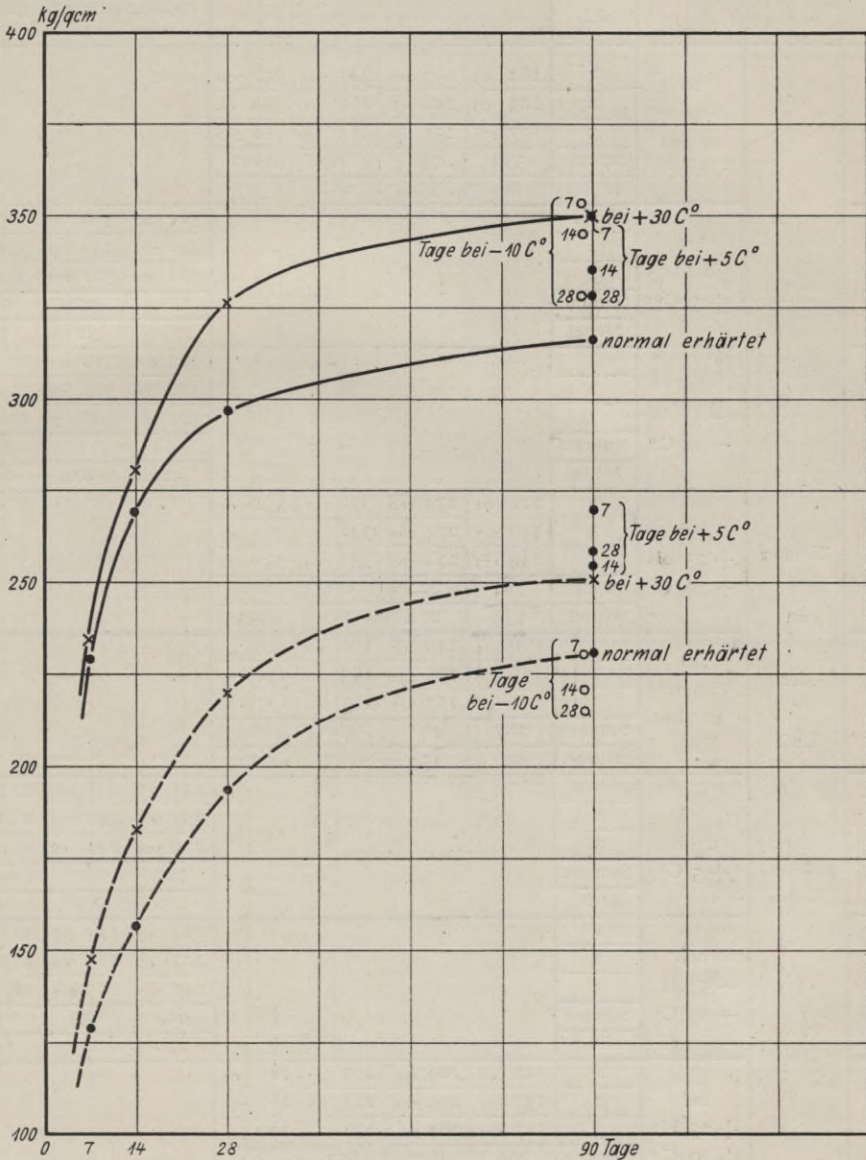


Abb. 7. Druckfestigkeit von Beton 1:4 aus Zement II bei Zimmerwärme angemacht.

Tab. 6. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:4.

Zement I.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- her- stellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-3}$ in kg/qcm Druckproben (Würfel). Gedrückte Fläche = 900 qcm								
				nach				nachdem die Proben				
				7	14	28	90	7	14	28		
				Tagen Alter				Tage im Kühlraum bezw. Gefrierraum und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmerwärme gelagert haben				
4 A	a	im Zimmer an der Luft	1	182 <sub>99</sub>	259 <sub>102</sub>	287 <sub>100</sub>	347 <sub>100</sub>					
			2	183 <sub>99</sub>	248 <sub>98</sub>	290 <sub>101</sub>	339 <sub>98</sub>					
			3	187 <sub>102</sub>	254 <sub>100</sub>	283 <sub>99</sub>	356 <sub>102</sub>					
			Summe	552	761	860	1042					
			Mittel	184	254	287	347					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					324 <sub>97</sub>	308 <sub>95</sub>	327 <sub>102</sub>		
			2					346 <sub>104</sub>	339 <sub>104</sub>	330 <sub>102</sub>		
			3					331 <sub>99</sub>	327 <sub>101</sub>	309 <sub>96</sub>		
			Summe					1001	974	966		
			Mittel					334	325	322		
	d	bei - 5 bis - 10 C°	1					332 <sub>102</sub>	310 <sub>101</sub>	294 <sub>99</sub>		
			2					320 <sub>99</sub>	304 <sub>99</sub>	294 <sub>99</sub>		
			3					322 <sub>99</sub>	303 <sub>99</sub>	306 <sub>103</sub>		
			Summe					974	918	894		
			Mittel					325	306	298		
	e	im Zimmer an der Luft	bei + 25 bis + 30 C°	1	221 <sub>94</sub>	274 <sub>100</sub>	336 <sub>101</sub>	351 <sub>99</sub>				
				2	240 <sub>103</sub>	274 <sub>100</sub>	331 <sub>99</sub>	364 <sub>102</sub>				
				3	240 <sub>103</sub>	274 <sub>100</sub>	331 <sub>99</sub>	351 <sub>99</sub>				
Summe				701	822	998	1066					
Mittel				234	274	333	355					
4 B	a	im Zimmer an der Luft	1	100 <sub>104</sub>	149 <sub>97</sub>	190 <sub>102</sub>	219 <sub>95</sub>					
			2	95 <sub>99</sub>	155 <sub>101</sub>	183 <sub>98</sub>	228 <sub>100</sub>					
			3	92 <sub>96</sub>	157 <sub>102</sub>	187 <sub>100</sub>	237 <sub>104</sub>					
			Summe	287	461	560	684					
			Mittel	96	154	187	228					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					231 <sub>98</sub>	236 <sub>100</sub>	234 <sub>101</sub>		
			2					237 <sub>100</sub>	240 <sub>102</sub>	228 <sub>99</sub>		
			3					239 <sub>101</sub>	231 <sub>98</sub>	231 <sub>100</sub>		
			Summe					707	707	693		
			Mittel					236	236	231		
	d	bei - 5 bis - 10 C°	1					223 <sub>97</sub>	213 <sub>98</sub>	218 <sub>101</sub>		
			2					225 <sub>98</sub>	215 <sub>99</sub>	213 <sub>99</sub>		
			3					240 <sub>105</sub>	225 <sub>103</sub>	216 <sub>100</sub>		
			Summe					688	653	647		
			Mittel					229	218	216		
	e	bei + 25 bis + 30 C°	1	122 <sub>96</sub>	204 <sub>100</sub>	219 <sub>97</sub>	265 <sub>99</sub>					
			2	131 <sub>103</sub>	204 <sub>100</sub>	224 <sub>99</sub>	267 <sub>100</sub>					
			3	127 <sub>100</sub>	204 <sub>100</sub>	234 <sub>104</sub>	270 <sub>101</sub>					
Summe			380	612	677	802						
Mittel			127	204	226	267						

Anmerkung: In Tab. 6 bis 11 bedeuten die klein gedruckten Zahlen die Verhältniszahlen, die entstehen, wenn man den Mittelwert jeder Reihe = 100 setzt und das Verhältnis der Einzelwerte zu diesen Mittelwerten berechnet.

Tab. 7. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:4.

Zement II.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- her- stellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-}\beta$ in kg/qcm Druckproben (Würfel). Gedrückte Fläche = 900 qcm								
				nach				nachdem die Proben				
				7	14	28	90	7	14	28		
				Tagen Alter				Tage im Kühlraum bzw. Gefrierraum und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmerwärme gelagert haben				
4 A	a	im Zimmer an der Luft	1	219 <sup>95</sup>	269 <sup>100</sup>	303 <sup>102</sup>	323 <sup>102</sup>					
			2	239 <sup>104</sup>	269 <sup>100</sup>	296 <sup>100</sup>	316 <sup>100</sup>					
			3	233 <sup>101</sup>	269 <sup>100</sup>	293 <sup>99</sup>	312 <sup>98</sup>					
			Summe	691	807	892	951					
			Mittel	230	269	297	317					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					359 <sup>102</sup>	337 <sup>100</sup>	334 <sup>101</sup>	334 <sup>101</sup>	
			2					341 <sup>98</sup>	334 <sup>99</sup>	324 <sup>99</sup>	324 <sup>99</sup>	
			3					350 <sup>100</sup>	336 <sup>100</sup>	330 <sup>100</sup>	330 <sup>100</sup>	
			Summe					1050	1007	988	988	
			Mittel					350	336	329	329	
	d	bei - 5 bis - 10 C°	1					355 <sup>101</sup>	342 <sup>99</sup>	324 <sup>99</sup>	324 <sup>99</sup>	
			2					349 <sup>99</sup>	346 <sup>100</sup>	335 <sup>102</sup>	335 <sup>102</sup>	
			3					351 <sup>100</sup>	351 <sup>101</sup>	329 <sup>100</sup>	329 <sup>100</sup>	
			Summe					1055	1039	988	988	
			Mittel					352	346	329	329	
e	im Zimmer an der Luft	bei + 25 bis + 30 C°	1	234 <sup>100</sup>	269 <sup>96</sup>	324 <sup>99</sup>	349 <sup>99</sup>					
			2	227 <sup>97</sup>	299 <sup>106</sup>	328 <sup>100</sup>	355 <sup>101</sup>					
			3	241 <sup>103</sup>	274 <sup>98</sup>	330 <sup>101</sup>	349 <sup>99</sup>					
			Summe	702	842	982	1053					
			Mittel	234	281	327	351					
4 B	a	im Zimmer an der Luft	1	129 <sup>101</sup>	165 <sup>105</sup>	188 <sup>98</sup>	231 <sup>100</sup>					
			2	129 <sup>101</sup>	154 <sup>98</sup>	195 <sup>101</sup>	236 <sup>102</sup>					
			3	125 <sup>98</sup>	152 <sup>97</sup>	195 <sup>101</sup>	227 <sup>98</sup>					
			Summe	383	471	578	694					
			Mittel	128	157	193	231					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					266 <sup>99</sup>	256 <sup>101</sup>	254 <sup>99</sup>	254 <sup>99</sup>	
			2					273 <sup>101</sup>	253 <sup>100</sup>	259 <sup>100</sup>	259 <sup>100</sup>	
			3					271 <sup>100</sup>	253 <sup>100</sup>	260 <sup>101</sup>	260 <sup>101</sup>	
			Summe					810	762	773	773	
			Mittel					270	254	258	258	
	d	bei - 5 bis - 10 C°	1					229 <sup>99</sup>	225 <sup>102</sup>	217 <sup>101</sup>	217 <sup>101</sup>	
			2					240 <sup>103</sup>	219 <sup>99</sup>	213 <sup>99</sup>	213 <sup>99</sup>	
			3					226 <sup>98</sup>	218 <sup>99</sup>	215 <sup>100</sup>	215 <sup>100</sup>	
			Summe					695	662	645	645	
			Mittel					232	221	215	215	
e	bei + 25 bis + 30 C°	1	142 <sup>97</sup>	180 <sup>99</sup>	217 <sup>99</sup>	247 <sup>98</sup>						
		2	151 <sup>103</sup>	186 <sup>102</sup>	222 <sup>101</sup>	244 <sup>97</sup>						
		3	149 <sup>101</sup>	181 <sup>99</sup>	222 <sup>101</sup>	263 <sup>105</sup>						
		Summe	442	547	661	754						
		Mittel	147	182	220	251						

Tab. 8. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:4.

Zement I.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- herstellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-}\beta$ in kg/qcm Druckproben (Würfel) Gedrückte Fläche = 900 qcm		
				nachdem die Proben		
				7	14	28
				Tage im Kühl- bzw. Gefrierraum, bzw. in Wärme und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmer- wärme gelagert haben		
4 A	c  bei 0 bis + 5 C <sup>0</sup>	bei 0 bis + 5 C <sup>0</sup>	1	269 105	242 98	234 104
			2	248 97	253 102	214 95
			3	254 99	248 100	231 102
			Summe	771	743	679
			Mittel	257	248	226
	d <sub>1</sub>  bei - 5 C <sup>0</sup> dann etwas an- gewärmt	bei - 5 bis - 10 C <sup>0</sup>	1	238 98	[252] [99]	236 102
			2	248 102	[256] [101]	234 101
			3	243 100	[253] [100]	226 97
			Summe	729	[761]	696
			Mittel	243	[254]	232
	f  bei + 25 bis + 30 C <sup>0</sup>	bei + 25 bis + 30 C <sup>0</sup>	1	342 97	343 95	366 101
			2	351 100	367 103	363 100
			3	360 103	361 101	360 99
			Summe	1053	1071	1089
			Mittel	351	357	363
4 B	c  bei 0 bis + 5 C <sup>0</sup>	bei 0 bis + 5 C <sup>0</sup>	1	284 100	265 97	250 100
			2	287 101	274 100	236 94
			3	280 99	280 103	265 106
			Summe	851	819	751
			Mittel	284	273	250
	d <sub>1</sub>  bei - 5 C <sup>0</sup> dann etwas an- gewärmt	bei - 5 bis - 10 C <sup>0</sup>	1	177 101	[175] [101]	159 99
			2	177 101	[174] [100]	161 101
			3	174 99	[173] [99]	161 101
			Summe	528	[522]	481
			Mittel	176	[174]	160
	f  bei + 25 bis + 30 C <sup>0</sup>	bei + 25 bis + 30 C <sup>0</sup>	1	227 101	219 99	213 100
			2	225 100	225 101	208 98
			3	223 99	221 100	214 101
			Summe	675	665	635
			Mittel	225	222	212

Tab. 9. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:4.

Zement II.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- herstellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-}\beta$ in kg/qcm Druckproben (Würfel) Gedrückte Fläche = 900 qcm		
				nachdem die Proben		
				7	14	28
				Tage im Kühl- bzw. Gefrierraum, bezw. in Wärme und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmer- wärme gelagert haben		
4 A	c  bei 0 bis +5 C <sup>0</sup>	bei 0 bis +5 C <sup>0</sup>	1	400 98	400 101	374 99
			2	415 102	394 99	380 100
			3	406 100	399 100	382 101
			Summe	1221	1193	1136
			Mittel	407	398	379
	d <sub>1</sub>  bei -5 C <sup>0</sup> dann etwas an- gewärmt	bei -5 bis -10 C <sup>0</sup>	1	228 95	[241] [101]	226 103
			2	244 102	[231] [97]	215 98
			3	247 103	[245] [102]	220 100
			Summe	719	[717]	661
			Mittel	240	[239]	220
	f  bei +25 bis +30 C <sup>0</sup>	bei +25 bis +30 C <sup>0</sup>	1	304 100	302 98	320 102
			2	310 102	305 99	313 100
			3	294 97	315 103	304 98
			Summe	908	922	937
			Mittel	303	307	312
4 B	c  bei 0 bis +5 C <sup>0</sup>	bei 0 bis +5 C <sup>0</sup>	1	349 101	346 101	336 100
			2	349 101	341 100	331 99
			3	343 99	340 99	339 101
			Summe	1041	1027	1006
			Mittel	347	342	335
	d <sub>1</sub>  bei -5 C <sup>0</sup> dann etwas an- gewärmt	bei -5 bis -10 C <sup>0</sup>	1	167 102	[172] [103]	147 106
			2	159 98	[169] [101]	137 99
			3	163 100	[159] [95]	133 96
			Summe	489	[500]	417
			Mittel	163	[167]	139
	f  bei +25 bis +30 C <sup>0</sup>	bei +25 bis +30 C <sup>0</sup>	1	223 100	224 100	212 100
			2	224 100	225 100	216 101
			3	221 99	224 100	210 99
			Summe	668	673	638
			Mittel	223	224	213

2. Höhere Wärme begünstigt die Erhärtung des weichen Betons anfangs stärker als die des erdfeuchten.
3. Zeitweiser Eintritt kühler Witterung (7 Tage lang, 14 Tage lang, 28 Tage lang  $+0$  bis  $+5\text{ C}^0$ ) hält die Erhärtung des erdfeuchten Betons aus Zement I zurück, während sie den erdfeuchten Beton aus

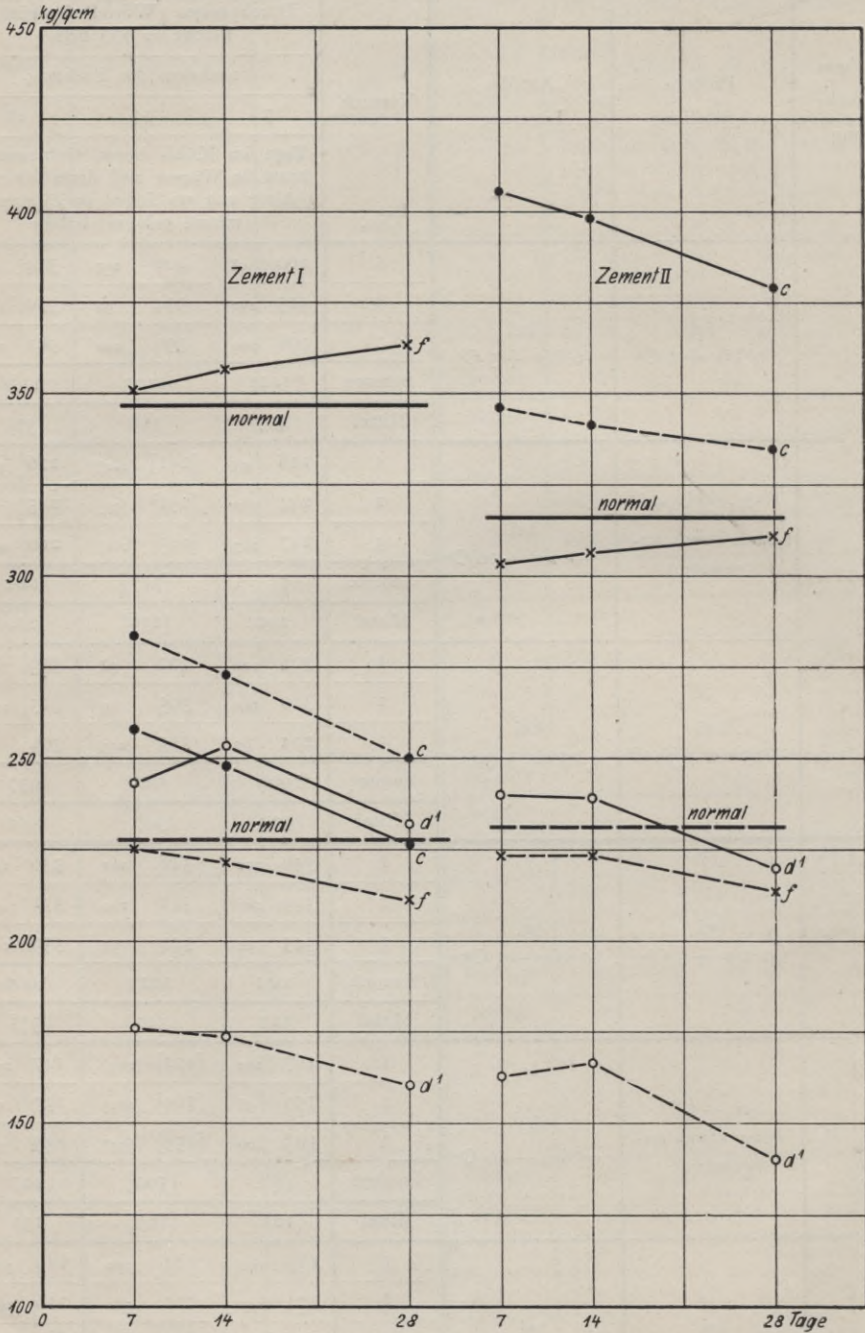


Abb. 8. Wärme- bzw. Kältewirkung auf die Druckfestigkeit von Zementbeton bei 90 Tagen Alter. Der Beton wurde 7, 14, 28 Tage lang dem Einfluß der Wärme oder der Kälte ausgesetzt. (Vergl. Tab. 8 und 9.)



Zement II ebensowenig ungünstig beeinflusst wie Kälte (bis  $-10\text{ C}^0$ )<sup>1)</sup>. Auf den weichen Beton ist kühle Witterung insofern ohne schädlichen Einfluß, als der Beton aus beiden Zementen bereits nach 90 Tagen wieder dieselbe Festigkeit aufweist, die er erreicht, wenn er unter normalen Verhältnissen erhärtet. Der Beton aus Zement II hat sogar, obgleich er 7, 14 und 28 Tage kühl (bei  $+5\text{ C}^0$ ) gehalten wurde, nach 90 Tagen höhere Festigkeiten, als der in der Wärme erhärtete, was möglicherweise auf Austrocknung in der Wärme zurückzuführen ist.

4. Zeitweiser Eintritt von Kälte (7, 14, 28 Tage Kälte von  $-5$  bis  $-10\text{ C}^0$ ) beeinträchtigt nur die Erhärtung des erdfeuchten Betons aus Zement I entsprechend stärker, doch immer noch innerhalb zulässiger Grenzen für das Bauwerk. Der Beton aus Zement II, durch Kälte von  $-5$  bis  $-10\text{ C}^0$  zeitweise beansprucht, hat erdfeucht wieder höhere Festigkeiten, als der normal erhärtete. Der weiche Beton aus beiden Zementen wird durch wochenlangen Kälteeinfluß nur wenig in seiner Erhärtung beeinflusst.

Die Betrachtung der Reihen, die zum Zwecke der näheren Feststellung des Wärme- bzw. Kälteeinflusses angestellt wurden (Reihen c, d<sup>1</sup>, f, Tab. 8 und 9, Abb. 8), bei denen der Beton nicht in Zimmerwärme angemacht, sondern den praktischen Verhältnissen mehr entsprechend von vornherein kühl oder warm behandelt wurde, liefert wertvolle Ergänzungen zu diesen Schlüssen, die sich wie folgt zusammenfassen lassen:

- 1a. Wenige Wärmegrade reichen aus, um dem Beton gute Erhärtung zu verleihen<sup>2)</sup>.
- 2a. Wenn hohe Wärme auf den frisch angemachten Beton einwirkt, kann sie namentlich bei weichem Beton eine Herabminderung der Festigkeit (infolge Austrocknens) herbeiführen (Reihen f).
- 4a. Beton, der schon in der Kälte angerührt wurde, wird durch länger andauernde Kälte (7, 14, 28 Tage), ob er erdfeucht oder weich eingestampft wurde, beträchtlich in seiner Erhärtung gehemmt, um so mehr, je länger die Kälte andauert (Reihen d<sup>1</sup>).

### Magerer Beton 1:8.

Mit dem mageren Beton in der Mischung 1:8 sind nach dem Arbeitsplan nur je 3 Reihen Versuche mit Körpern, die bei Zimmerwärme angemacht wurden, ausgeführt (Reihen a, b, e, Tab. 10 und 11, Abb. 9 und 10). Diese sind für sich zu betrachten und mit den gleichen Reihen der fetten Mischung Tab. 6 und 7, Abb. 6 und 7 in Vergleich zu stellen.

Auch in der mageren Mischung erhärtet der Beton aus beiden Zementen bei normaler Temperatur nahezu gleichartig, etwas abweichend verhalten sich aber beide gegenüber der Wirkung kühlen Wetters und der Wärme.

Folgende Schlüsse lassen sich vergleichsweise ziehen.

1. Auch in magerer Mischung erhärtet erdfeuchter Beton erheblich schneller und stärker als weich angerührter.

<sup>1)</sup> Das verschiedene Verhalten der beiden Zemente ist sehr auffällig und aus der Verschiedenartigkeit der Aufbereitung wohl kaum zu erklären. Es sollte aber Veranlassung zu einer näheren Prüfung der Frage geben, ob tatsächlich verschiedene Zemente empfindlicher oder unempfindlicher gegen Wärme- und Kälteeinflüsse sein können, als andere und ob dies etwa in ihrer Frische oder Reaktionsfähigkeit begründet ist. Die Frage ließ sich durch einfache Abbindeversuche bei verschiedenen Temperaturen unter Verwendung frischer und abgelagerter Zemente beantworten.

<sup>2)</sup> Auf welche Umstände die auffallend hohen Festigkeiten der Reihen c (erdfeucht und weich) aus dem Zement II zurückzuführen sind, ließ sich nicht aufklären.

Tab. 10. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:8.

Zement I.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- her- stellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-}\beta$ in kg/qcm Druckproben (Würfel). Gedrückte Fläche = 900 qcm								
				nach				nachdem die Proben				
				7	14	28	90	7	14	28		
				Tage im Kühlraum bezw. in Wärme und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmerwärme gelagert haben								
8 A	a	im Zimmer an der Luft	1	97 <sup>101</sup>	144 <sup>102</sup>	178 <sup>93</sup>	209 <sup>97</sup>					
			2	94 <sup>98</sup>	135 <sup>96</sup>	171 <sup>90</sup>	212 <sup>99</sup>					
			3	98 <sup>102</sup>	144 <sup>102</sup>	226 <sup>118</sup>	224 <sup>104</sup>					
			Summe	289	423	575	645					
			Mittel	96	141	192	215					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					228 <sup>96</sup>	250 <sup>105</sup>	259 <sup>102</sup>		
			2					241 <sup>101</sup>	217 <sup>91</sup>	250 <sup>99</sup>		
			3					244 <sup>103</sup>	250 <sup>105</sup>	250 <sup>99</sup>		
			Summe					713	717	759		
			Mittel					238	239	253		
	e	im Zimmer an der Luft	bei + 25 bis + 30 C°	1					232 <sup>104</sup>	220 <sup>98</sup>	220 <sup>97</sup>	
				2					220 <sup>99</sup>	231 <sup>103</sup>	235 <sup>104</sup>	
				3					218 <sup>98</sup>	221 <sup>99</sup>	225 <sup>99</sup>	
				Summe					670	672	680	
				Mittel					223	224	227	
8 B	a	im Zimmer an der Luft	1	47 <sup>104</sup>	65 <sup>93</sup>	108 <sup>104</sup>	112 <sup>96</sup>					
			2	45 <sup>100</sup>	65 <sup>93</sup>	95 <sup>91</sup>	121 <sup>103</sup>					
			3	42 <sup>93</sup>	81 <sup>116</sup>	109 <sup>105</sup>	117 <sup>100</sup>					
			Summe	134	211	312	350					
			Mittel	45	70	104	117					
	b	bei 0 bis + 5 C°	1					115 <sup>102</sup>	114 <sup>98</sup>	126 <sup>100</sup>		
			2					109 <sup>97</sup>	117 <sup>101</sup>	129 <sup>102</sup>		
			3					114 <sup>101</sup>	116 <sup>100</sup>	124 <sup>99</sup>		
			Summe					338	347	379		
			Mittel					113	116	126		
	e	bei + 25 bis + 30 C°	1					101 <sup>94</sup>	111 <sup>103</sup>	114 <sup>106</sup>		
			2					117 <sup>108</sup>	102 <sup>95</sup>	103 <sup>95</sup>		
			3					107 <sup>101</sup>	111 <sup>103</sup>	107 <sup>101</sup>		
			Summe					325	324	324		
			Mittel					108	108	108		

Tab. 11. Druckfestigkeit von Beton in der Mischung 1:8.

Zement II.

Erdfeucht angemacht A, weich angemacht B.

Reihen- bezeich- nung	Proben- her- stellung	Art der Lagerung	Versuch  No.	Druckfestigkeit $\sigma_{-}\beta$ in kg/qcm																	
				Druckproben (Würfel)				Gedrückte Fläche = 900 qcm													
				nach				nachdem die Proben													
				7	14	28*	90	7	14	28	Tage im Kühlraum bezw. in Wärme und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmerwärme gelagert haben										
8 A	a	im Zimmer an der Luft	1	127 102	144 94	183 94	231 100														
			2	121 97	155 101	204 105	225 98														
			3	126 101	164 106	194 100	233 101														
			Summe	374	463	581	689														
			Mittel	125	154	194	230														
	b	bei 0 bis + 5 C°	1						232 96	257 100	258 97										
			2						242 100	252 98	269 101										
			3						255 105	261 101	275 103										
			Summe						729	770	802										
			Mittel						243	257	267										
	e <sub>1</sub>	im Zimmer an der Luft	bei + 25 bis + 30 C°	1					269 105	265 103	267 102										
				2					251 98	250 98	252 97										
				3					251 98	253 99	264 101										
				Summe					771	768	783										
				Mittel					257	256	261										
	8 B	a	im Zimmer an der Luft	1	67 106	75 95	99 100	116 101													
				2	61 97	86 109	91 92	113 98													
				3	61 97	76 96	108 109	117 102													
Summe				189	237	298	346														
Mittel				63	79	99	115														
b		bei 0 bis + 5 C°	1						119 101	119 100	125 102										
			2					117 99	119 100	125 102											
			3					119 101	119 100	120 98											
			Summe					355	357	370											
			Mittel					118	119	123											
e <sub>1</sub>		bei + 25 bis + 30 C°	1						130 102	131 102	143 104										
			2					132 104	131 102	142 103											
			3					119 94	123 96	129 94											
			Summe					381	385	414											
			Mittel					127	128	138											

2. Zeitweiser Eintritt hoher Wärme während der Erhärtung des bei Zimmertemperatur angerührten mageren Betons vermag dessen Endfestigkeit nur wenig zu beeinflussen. Beide Zemente verhalten sich diesen Einflüssen gegenüber verschieden. Während der Beton aus Zement I erdfeucht angemacht bei 90 Tagen Alter geringe Festigkeitserhöhung auf

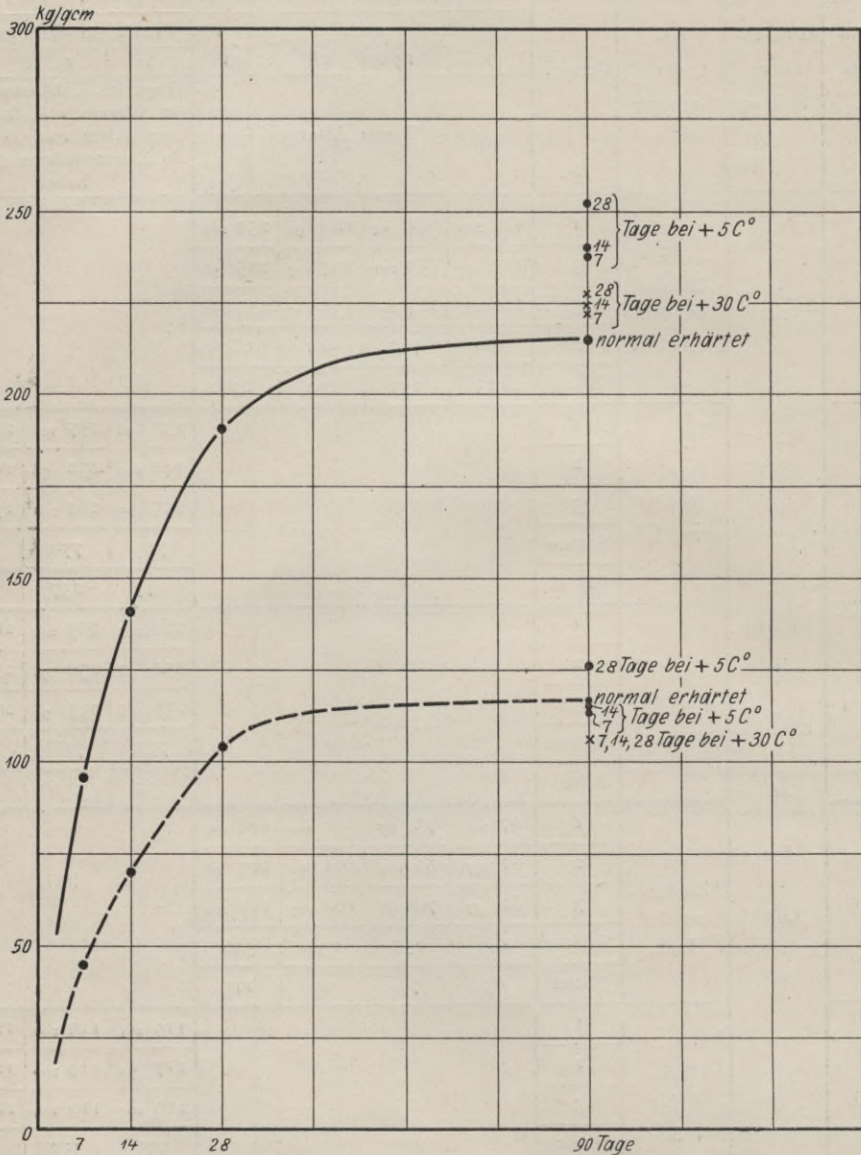


Abb. 9. Druckfestigkeit von Beton 1:8 aus Zement I bei Zimmerwärme angemacht. (Vergl. Tab. 10.)

weist, wenn er 7, 14, 28 Tage der Wärme ausgesetzt wurde, bleibt der weich angemachte Beton mit demselben Zement unter gleichen Umständen hinter der normalen Endfestigkeit zurück.

Der Beton aus Zement II dagegen reagiert erdfeucht und weich stärker auf die höhere Wärme und erlangt durch sie höhere Endfestigkeiten.

3. Zeitweiser Eintritt kühler Witterung (7, 14, 28 Tage lang  $\pm 0$  bis  $+ 5\text{ C}^0$ ) ist für die Erhärtung des mageren Betons günstig, um so mehr, je länger die kühle Temperatur anhält, vielleicht, weil diese das Austrocknen der Oberfläche und damit das Auftreten innerer Spannungen verhindert.

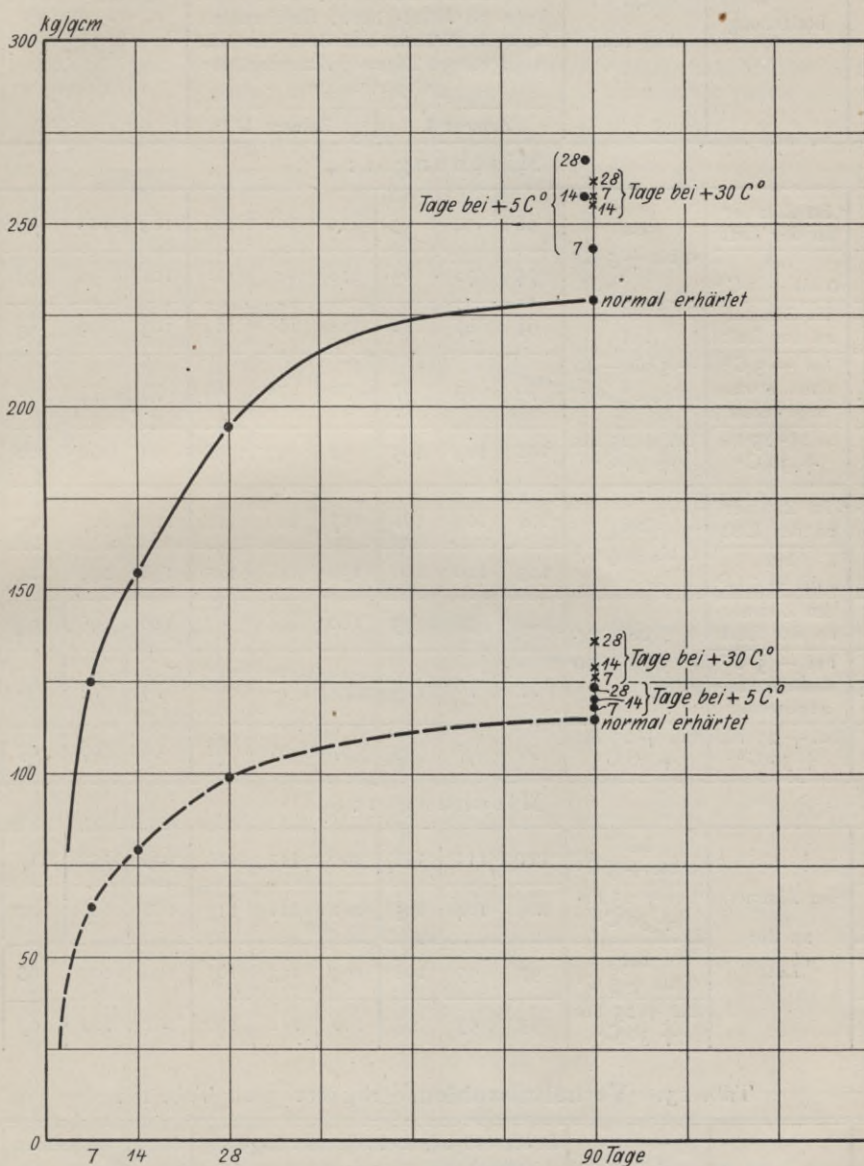


Abb. 10. Druckfestigkeit von Beton 1 : 8 aus Zement II bei Zimmerwärme angemacht.  
(Vergl. Tab. 11.)

Es erübrigt sich nur noch, die Versuchsergebnisse untereinander zu vergleichen, wenn man die Druckfestigkeit bei normaler Erhärtung = 100 ansetzt und die Verhältniszahlen der übrigen Werte dieser Grundzahl gegenüberstellt (Tab. 12 und 13, Abb. 11 bis 15).

Tab. 12. Verhältniszahlen zu Tab. 6 bis 11. (Abb. 10 bis 13.)

Reihen- bezeich- nung	Proben- herstellung	Art der Lagerung	Druckfestigkeit von 90 Tage alten Proben, die Festigkeit bei normaler Lagerung = 100 gesetzt, nachdem die Proben						Mittel aus beiden Zementen bei			Mittel aus 7 bis 28 tägiger Ein- wir- kung	
			7	14	28	7	14	28	7	14	28		
			Tage im Kühl- bzw. Gefrierraum, bzw. in Wärme und dann bis zum Alter von 90 Tagen in Zimmerwärme gelagert haben						tägiger Einwirkung				
			Zement I			Zement II							
Mischung 1 : 4													
4 A	b	im Zimmer an der Luft	bei	96	94	93	110	106	104	103	100	99	101
	c	bei 0 bis + 5 C°	0 bis + 5 C°	74	72	65	128	126	120	101	99	93	98
	d	im Zimmer an der Luft	bei	94	88	86	111	109	104	103	99	95	99
	d <sub>1</sub>	bei - 5 C° dann etwas angewärmt	- 5 bis - 10 C°	70	73	67	76	76	69	73	75	68	72
	f	bei + 25 bis + 30 C°	bei + 25 bis + 30 C°	101	103	105	96	97	98	99	100	102	100
4 B	b	im Zimmer an der Luft	bei	104	104	101	117	110	112	111	107	107	108
	c	bei 0 bis + 5 C°	0 bis + 5 C°	125	120	110	150	148	145	138	134	127	133
	d	im Zimmer an der Luft	bei	100	96	95	100	96	93	100	96	94	97
	d <sub>1</sub>	bei - 5 C° dann etwas angewärmt	- 5 bis - 10 C°	77	76	70	71	72	60	74	74	65	71
	f	bei + 25 bis + 30 C°	bei + 25 bis + 30 C°	99	97	93	97	97	92	98	97	93	96
Mischung 1 : 8													
8 A	b	im Zimmer an der Luft	bei 0 bis + 5 C°	111	111	118	106	112	116	109	112	117	112
	e		bei + 25 bis + 30 C°	104	104	105	112	111	113	108	108	109	108
8 B	b	Luft	bei 0 bis + 5 C°	97	99	108	103	103	107	100	101	108	103
	e		bei + 25 bis + 30 C°	93	93	93	110	111	120	102	102	107	104

Tab. 13. Verhältniszahlen. Ergänzung zu Tab. 12.

Reihen- bezeich- nung	Proben- herstellung	Art der Lagerung	Druckfestigkeit bei normaler Lagerung und Erhärtung = 100 gesetzt nach								Mittel aus beiden Zementen nach				Mittel bei 7 bis 90 Tagen Alter
			7	14	28	90	7	14	28	90	7	14	28	90	
			Tagen Alter								Tagen Alter				
			Zement I				Zement II								
4 A e	im Zimmer an der Luft	bei + 25 bis + 30 C°	127	108	116	102	102	104	110	111	115	106	113	107	110
4 B e			132	136	121	117	115	116	114	109	124	126	118	113	120

Betrachten wir zunächst wieder die

**Mischung 1:4** (Abb. 11, 12 und 15).

Das verschiedene Verhalten des Betons 1:4 aus beiden Zementen tritt noch deutlicher als beim Vergleich der absoluten Zahlen in die Erscheinung (Abb. 15). Der weiche Beton verhält sich wesentlich anders als der erdfeuchte.

Sieht man beide Zemente als Typen ihrer Gattung an, was nach Art der Aufbereitung ihrer Rohstoffe und nach dem Brennverfahren wohl geschehen kann, und betrachtet die Mittelwerte der Verhältniszahlen aus dem Beton beider Zemente zusammen (Tab. 12 und 13, Abb. 12 und 15), so ergibt sich:

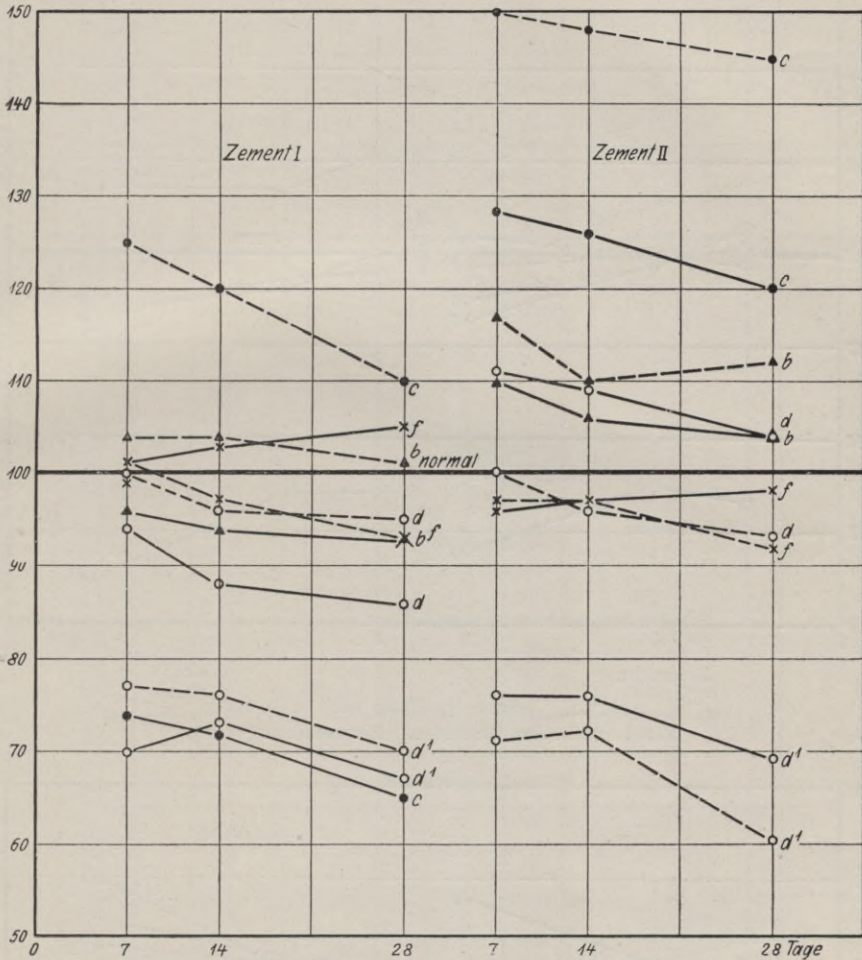


Abb. 11. Verhältnis der Druckfestigkeiten von Beton 1:4 bei 90 Tagen Alter, nachdem die Proben 7, 14, 28 Tage lang der Wärme oder der Kälte ausgesetzt waren. (Die Druckfestigkeit bei normaler Erhärtung ist = 100 gesetzt.)

(Erdfeuchter Beton.)

- α) In der Wärme von  $+25$  bis  $+30\text{ C}^0$  erhärtet der Beton im Mittel nicht wesentlich anders, als bei Zimmerwärme, wenn die Wärme schon beim Abbinden einwirkt (f), aber er erhält etwa  $10\%$  höhere Festigkeit, wenn die Wärme erst nach dem Abbinden einsetzt, dann aber dauernd wirkt.

- β) Kühle Luft (bis + 5 C<sup>0</sup>) schadet der Erhärtung nicht, wenn der Beton normal abbinden konnte (b), verzögert aber das Abbinden und Erhärten, wenn sie sofort auf frischen Beton wirkt (c).
- γ) Kälte, die erst nach dem Abbinden einsetzt, schadet der Erhärtung nur wenig (d). Kälte hemmt das Abbinden beträchtlich, wenn sie schon beim Abbinden des Betons einsetzt (d<sup>1</sup>).

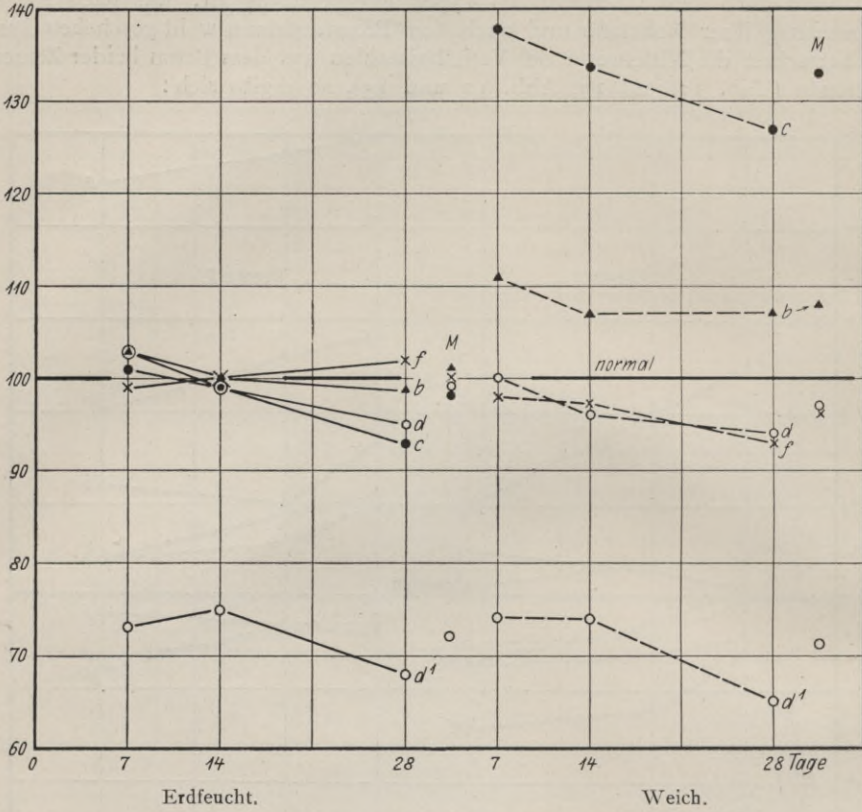


Abb. 12. Zusammenstellung nach Abb. 11, Mittel aus beiden Zementen. Betonmischung 1:4.

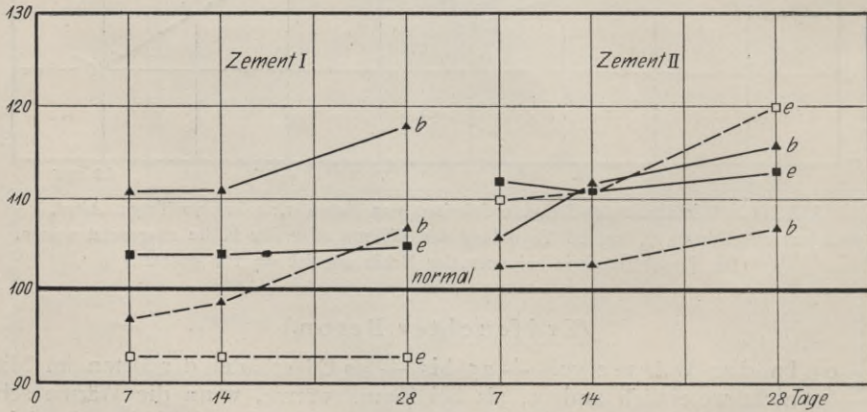


Abb. 13. Verhältnis der Druckfestigkeiten von Beton 1:8 bei 90 Tagen Alter, nachdem die Proben 7, 14, 28 Tage lang der Wärme oder der Kälte ausgesetzt waren. (Die Druckfestigkeit bei normaler Erhärtung ist = 100 gesetzt.)



(Weicher Beton.)

- α) Wärme von  $+25$  bis  $+30\text{ C}^0$  schadet der Erhärtung des weichen Betons, wenn sie schon beim Abbinden vorhanden ist und in der ersten Zeit wirkt (f), begünstigt aber die Erhärtung bei dauernder gleichmäßiger Wirkung, falls der Beton gegen starke Austrocknung geschützt ist (Abb. 15).
- β) Kühle Luft nützt der Erhärtung des weichen Betons (b — die Reihe c scheidet aus der Betrachtung aus, weil für ihre auffallenden Ergebnisse keine Erklärung zu finden ist).
- γ) Kälte wirkt auf weichen Beton genau wie auf erdfeuchten (d d<sup>1</sup>).

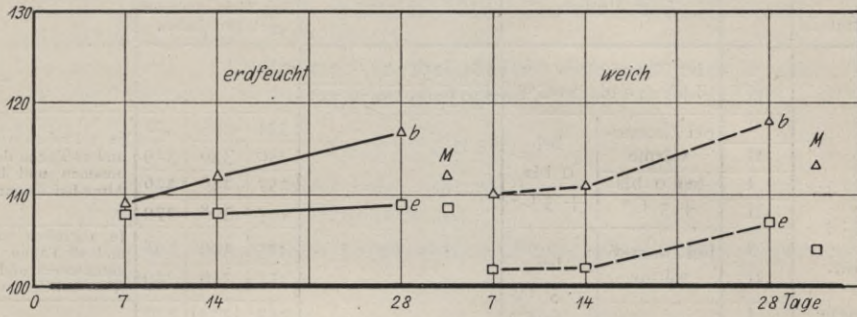


Abb. 14. Zusammenstellung nach Abb. 13.  
Mittel aus beiden Zementen. Betonmischung 1 : 8.

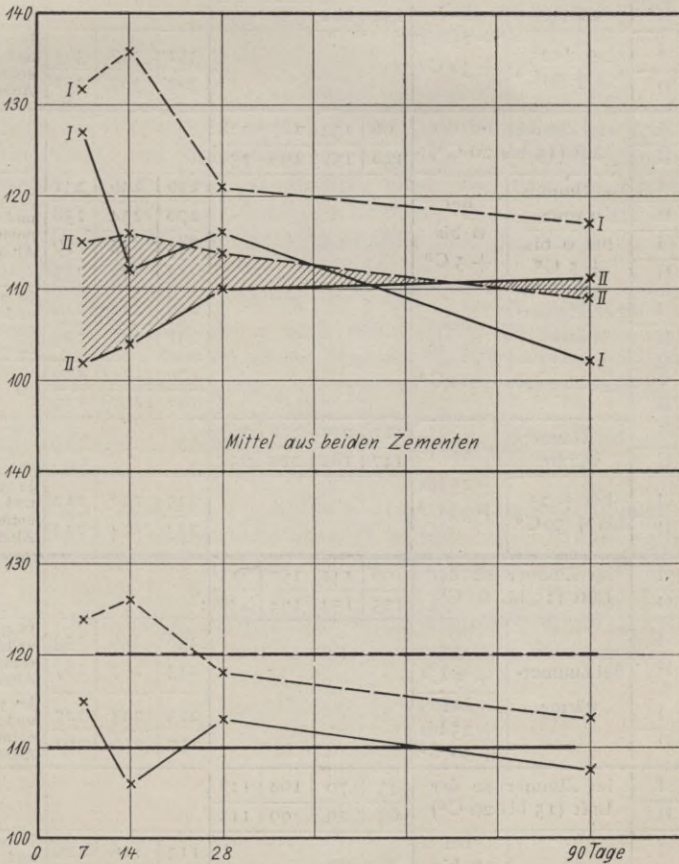


Abb. 15. Einfluß der Wärme auf den Fortgang der Erhärtung von Beton 1 : 4 im Vergleich zu normaler Erhärtung. (Verhältniszahlen nach Tab. 13, Reihen e.)

\*\*

Tab. 14. Uebersicht über die gesamten Versuchsergebnisse.  
Mittelwerte aus je 3 Versuchen.

Reihen- bezeich- nung	Mischung  Raumteile	Ze- ment	Her- stellung	Lagerung  der Proben	Mittlere Druckfestigkeit $\bar{\sigma}_{-}\beta$ in kg/qcm (Mittel aus je 3 Versuchen)								Bemerkungen						
					nach				nachdem die Proben										
					7	14	28	90	7	14	28								
A	1 : 4 erd- feucht	I	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)		184	254	287	347					Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Kühlraum ent- nommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.						
					230	269	297	317											
		b	I	bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°						334	325		322	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Kühlraum ent- nommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.				
											350	336		329					
		c	I	bei 0 bis + 5 C°	+ 5 C°						257	248		226		Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.			
											407	398		379					
		d	I	bei Zimmer- wärme	bei - 5 bis - 10 C°						325	306		298			Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.		
											352	346		329					
		d <sub>1</sub>	I	bei - 5 C°	- 10 C°						243	[254]		232				Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.	
											240	[239]		220					
		e	I	bei Zimmer- wärme	bei + 25 bis + 30 C°		234	274	333	355									Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.
							234	281	327	351									
f	I	bei + 25 bis + 30 C°	+ 30 C°						351	357	363	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.							
									303	307	312								
B	1 : 4 weich	I	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)		96	154	187	228					Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.						
					128	157	193	231											
		b	I	bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°						236			236	231	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.			
											270			254	258				
		c	I	bei 0 bis + 5 C°	+ 5 C°						284			273	250		Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.		
											347			342	335				
		d	I	bei Zimmer- wärme	bei - 5 bis - 10 C°						229			218	216			Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.	
											232			221	215				
		d <sub>1</sub>	I	bei - 5 C°	- 10 C°						176			[174]	160				Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.
											163			[167]	139				
		e	I	bei Zimmer- wärme	bei + 25 bis + 30 C°		127	204	226	267					Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.				
							147	182	220	251									
f	I	bei + 25 bis + 30 C°	+ 30 C°						225	222	212	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.							
									223	224	213								
A	1 : 8 erd- feucht	I	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)		96	141	192	215					Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.						
					125	154	194	230											
		b	I	bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°						238			239		253	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.		
											243			257		267			
		e	I	bei + 25 bis + 30 C°							223			224		227		Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.	
											257			256		261			
a	I	im Zimmer an der Luft (15 bis 20 C°)			45	70	104	117					Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tage dem Gefrierraum entnommen und dann bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.						
					63	79	99	115											
b	I	bei Zimmer- wärme	bei 0 bis + 5 C°						113	116	126			Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tage dem Gefrierraum entnommen und dann bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.					
									118	119	123								
e	I	bei + 25 bis + 30 C°							108	108	108	Je 3 Proben wurden nach 7, 14 und 28 Tagen dem Gefrierraum entnommen und bis zu 90 Tagen Alter bei Zimmerwärme gelagert.							
									127	128	138								

Die in [ ] gesetzten Werte gelten für Proben, die sieben Tage lang in der Form erhärteten.

Vergleichen wir hiermit die magere

### Mischung 1:8 (Abb. 13 und 14).

Auch im mageren Beton zeigt sich die verschiedene Wirkung beider Zemente. Der weiche Beton verhält sich anders als der erdfeuchte (Abb. 13).

Der Vergleich der Mittelwerte aus den Verhältniszahlen für den Beton beider Zemente (Abb. 14) ergibt:

#### (Erdfeuchter Beton.)

- α) Warme Luft nach normalem Abbinden verleiht dem mageren Beton bis 8 ‰ höhere Festigkeit (e).
- β) Kühle Luft wirkt nach normalem Abbinden noch günstiger und erhöht die Festigkeit (wenn sie 1 bis 4 Wochen einwirkt) im Mittel um 12 ‰ (b).

#### (Weicher Beton.)

- α) Warme Luft bewirkt beim normal abge bundenen weichen Beton keine wesentlich höhere Endfestigkeit (e).
- β) Kühle Luft wirkt auf den weichen Beton wie auf den erdfeuchten verbessernd (b).

### Allgemeine Schlüsse.

Um einen Gesamtüberblick über die Mittelwerte zu geben, sind in Tab. 14 alle Mittelwerte nochmals in gleicher Art zusammengestellt wie der Arbeitsplan Tab. 1 angeordnet ist:

- I. Warmes Wetter beschleunigt das Erhärten von Beton und führt zu höherer Endfestigkeit, falls man für das Abbinden bei mäßiger Wärme Sorge trägt und namentlich den weichen Beton vor dem Austrocknen bewahrt. Starke Wärmestrahlung wirkt auf frischen Beton in fetten Mischungen unter Umständen schädlich, in magerer Mischung nützlich, wenn die Wärme nicht zu lange anhält und der Beton vor Austrocknung geschützt wird.
- II. Kühle Witterung (etwa  $+ 5 \text{ C}^0$ ) schadet weder der endgültigen Festigkeit des erdfeuchten noch des weichen Betons, vorausgesetzt, daß der Beton noch in den ersten Monaten seiner Erhärtung Gelegenheit hat, in normalen Temperaturen ( $+ 15$  bis  $+ 20 \text{ C}^0$ ) zu erhärten. Magere Betonmischungen können unter dieser Voraussetzung bei kühler Witterung (größerer Luftfeuchtigkeit) unter Umständen stärker erhärten als bei Zimmerwärme.
- III. Geringer Frost ( $- 5$  bis  $- 10 \text{ C}^0$ ) schadet, solange der Beton bei normalen Temperaturen erzeugt wurde, seiner Erhärtungsfähigkeit nur wenig; er hält nur die Entwicklung der Endfestigkeit zurück. Die Zeit, die der Beton im Froste steht, kommt für seine Erhärtung nicht in Betracht. Der Beton erlangt aber seine natürliche Endfestigkeit, wenn er nach dem Frost Zeit genug zur Nacherhärtung in normaler Temperatur behält.

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

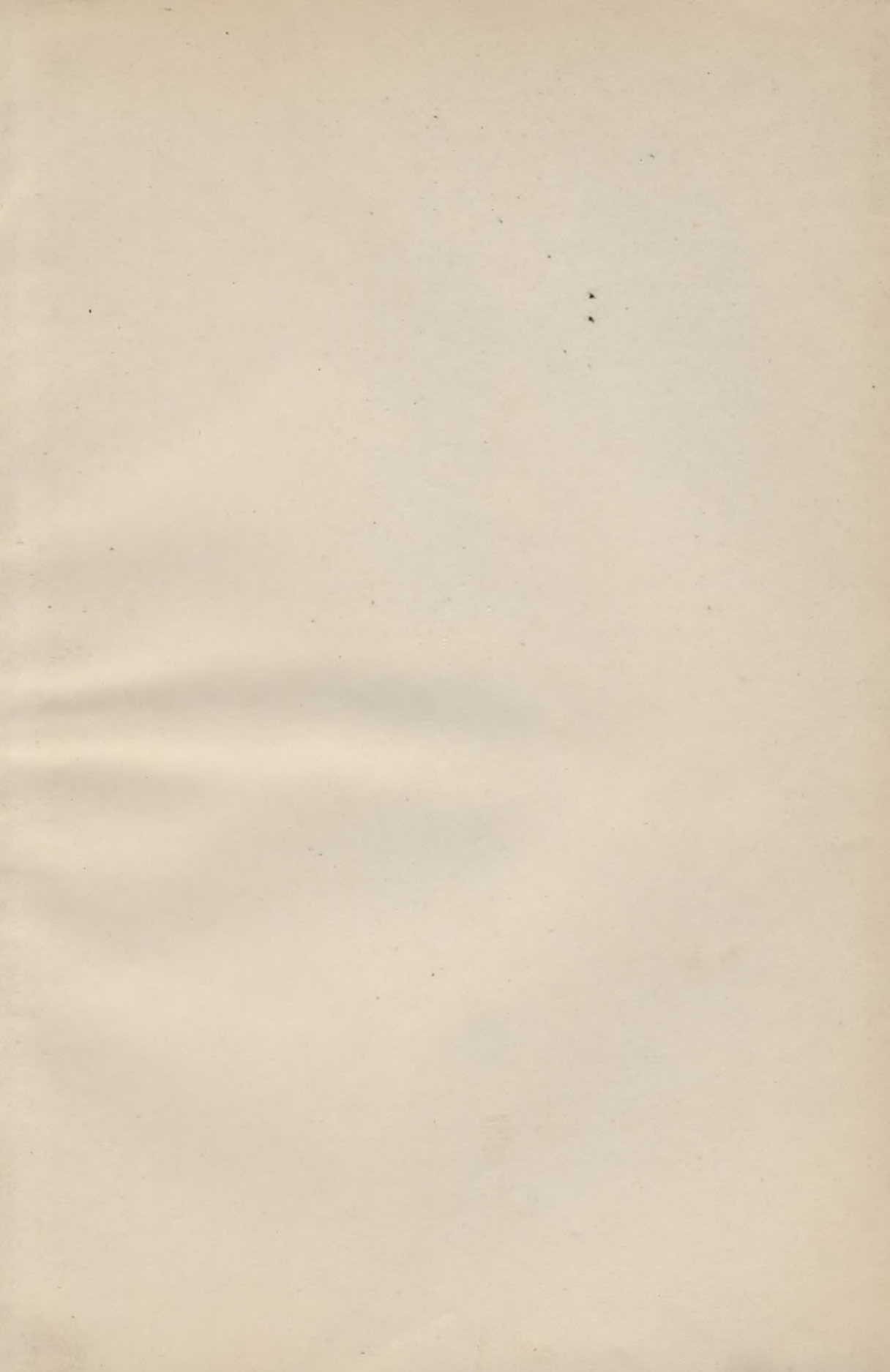
Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..

Die ... ..







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307234

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313215

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE

BIBLIOTEKA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307235

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313216

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



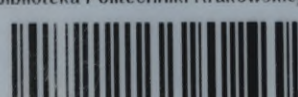
III-307180

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307236

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313217

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



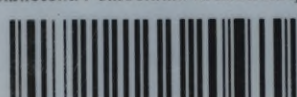
10000300746

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307237

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



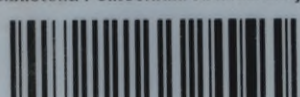
10000313218

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307238

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313219

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307239

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313220

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307240

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313221

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307241

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000313222