

2, 575

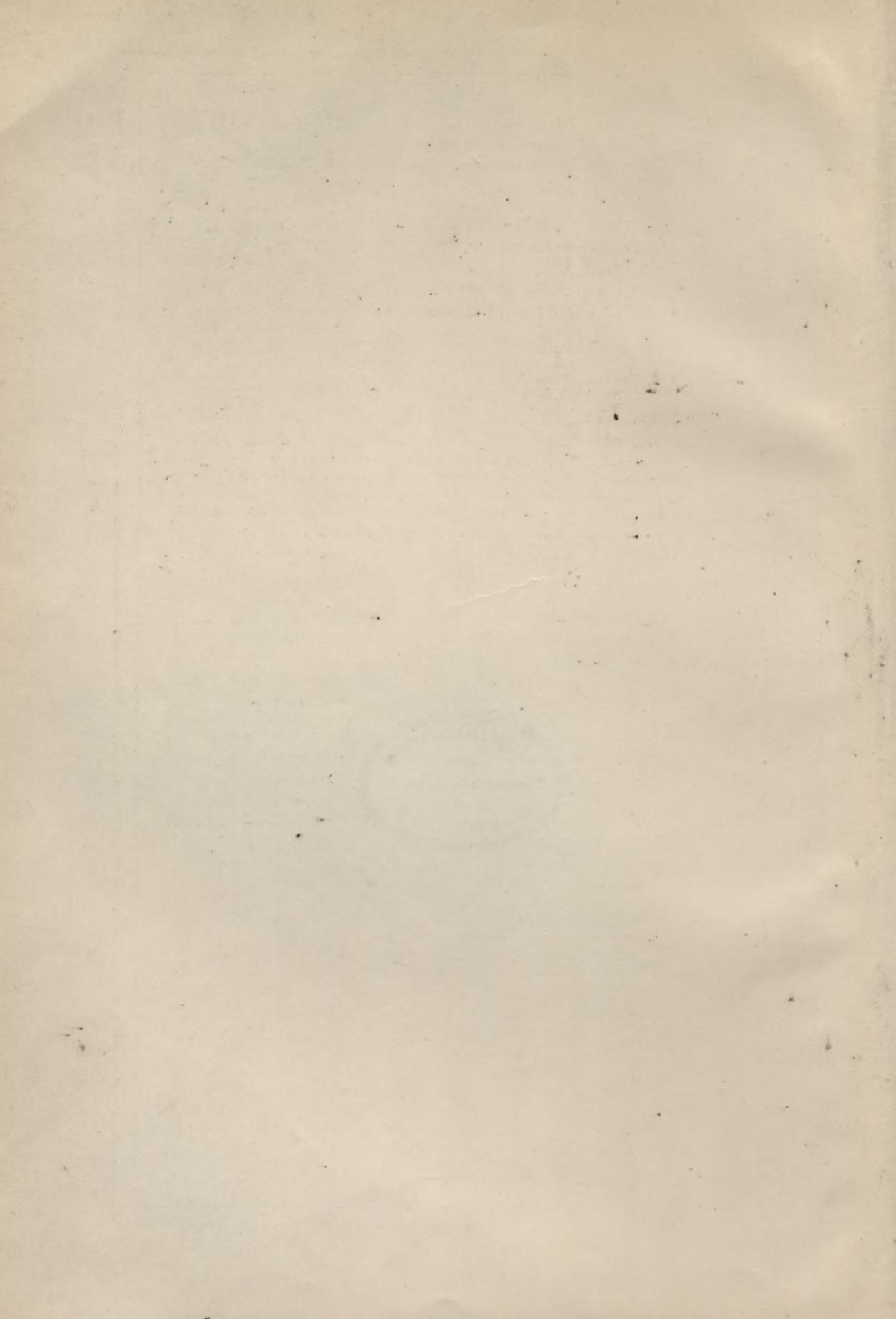
Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300775



XXX  
374



Veröffentlichungen  
des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

Bereits erschienen:

**HEFT 1 bis 3: Versuche mit Eisenbetonbalken**  
**namentlich zur Bestimmung des Gleitwiderstandes.**

Ausgeführt in der Material-Prüfungsanstalt an der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Bericht erstattet vom Vorstande der Anstalt **C. Bach** unter Mitwirkung von **O. Graf**.

(Veröffentlicht in Heft 72 bis 74 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.)

1909.

Geheftet Preis 3,— Mk.

**HEFT 4: Fortsetzung von Heft 1 bis 3.**

(Veröffentlicht in Heft 95 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.) 1910. Geh. Preis 1,— Mk.

*Die weiteren Hefte* sind im  
Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, erschienen.

**HEFT 5: Versuche mit Eisenbeton-Säulen**  
**Reihe I und II.**

Ausgeführt im Königl. Materialprüfungsamt  
zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor **M. Radeloff**, Geheimer Regierungsrat, Direktor im Königl. Materialprüfungsamt.

Mit 72 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen.

1910.

Geheftet Preis 6,— Mk.

**HEFT 6: Versuche über den elektrischen Widerstand**  
**von unbewehrtem Beton.**

Ausgeführt in der Großherzoglichen Material-Prüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Bericht erstattet von Professor **O. Berndt**, Geheimer Baurat und Professor **Dr. Wirtz**, Geheimer Hofrat unter Mitwirkung von **Dr.-Ing. W. Müller**.

Mit 60 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen.

1911.

Geheftet Preis 3,60 Mark.

**HEFT 7: Versuche mit Eisenbetonbalken**  
**zur Bestimmung des Gleitwiderstandes.**

Ausgeführt in der Königl. Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt zu Dresden.

Bericht erstattet von Professor **H. Scheit**, Geheimer Hofrat, Direktor der K. S. M. T. Versuchsanstalt unter Mitwirkung von Privatdozent **O. Wawrziniok**, Adjunkt der Versuchsanstalt.

Mit 55 Textabbildungen.

1911.

Geheftet Preis 1,80 Mark.

Handwritten: *Handl. 9*  
*14*



Verlag von **Wilhelm Ernst & Sohn** Berlin W66  
Wilhelmstraße 90.

**HEFT 8: Versuche über das Verhalten  
von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den  
damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten.**

Ausgeführt im Königlichen Material-Prüfungsamt  
zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor **E. Heyn**, Direktor im Königlichen  
Material-Prüfungsamt.

Mit 33 Textabbildungen. 1911. Geheftet Preis 3,20 Mark.

**HEFT 9: Versuche mit Eisenbetonbalken  
zur Bestimmung des Einflusses der Hakenform der Eiseneinlagen.**

Ausgeführt in der Material-Prüfungsanstalt der Königlich  
Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Bericht erstattet von Dr. Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor  
des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der  
Material-Prüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Material-Prüfungsanstalt.

Mit 84 Textabbildungen und 12 Zusammenstellungen.

1911. Geheftet Preis 5,20 Mark.

**HEFT 10: Versuche mit Eisenbetonbalken  
zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Be-  
wehrung gegen Schubkräfte. Erster Teil.**

Ausgeführt in der Material-Prüfungsanstalt an der Königlich  
Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Bericht erstattet von Dr. Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor  
des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der  
Material-Prüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Material-Prüfungsanstalt.

Mit 190 Textabbildungen und 31 Zusammenstellungen.

1911. Geheftet Preis 9,— Mark.

**HEFT 11: Brandproben an Eisenbetonbauten.**

Ausgeführt im Königlichen Material-Prüfungsamt  
zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im  
Königlichen Material-Prüfungsamt.

Mit 22 Textabbildungen. 1911. Geheftet Preis 2,— Mk.

**HEFT 12: Versuche mit Eisenbetonbalken  
zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Be-  
wehrung gegen Schubkräfte. Zweiter Teil.**

Ausgeführt in der Material-Prüfungsanstalt an der Königlich  
Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Bericht erstattet von Dr. Ing. **C. Bach**, K. Württ. Baudirektor, Professor  
des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der  
Material-Prüfungsanstalt und **O. Graf**, Ingenieur der Material-Prüfungsanstalt.

Mit 304 Textabbildungen und 40 Zusammenstellungen.

1911. Geheftet Preis 14,— Mk.

 Weitere Hefte sind in Vorbereitung. 

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON

---

BRANDPROBEN  
AN EISENBETONBAUTEN

AUSGEFÜHRT IM

KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT

ZU

GROSS-LICHTERFELDE - WEST

IM JAHRE 1910

---

BERICHT ERSTATTET VON

PROFESSOR M. GARY

ABTEILUNGSVORSTEHER IM KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT

---

MIT 22 TEXTABBILDUNGEN

---



111-307331

---

Alle Rechte vorbehalten.

---

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.

3PK-3-286/2018

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorverhandlungen . . . . .	1
Bauausführung zweier Versuchshäuser . . . . .	3
Vorbelastung der Decken . . . . .	7
<b>Brandproben</b> . . . . .	<b>11</b>
Vorbereitung . . . . .	11
Wärmemessung innerhalb des Betons . . . . .	11
Prüfung im Feuer . . . . .	12
Senkung der Decken . . . . .	20
Hitzeentwicklung . . . . .	22
Befund nach der Abkühlung der Häuser . . . . .	23
Ergebnisse der Messung des Wärmedurchganges . . . . .	24
Druckfestigkeit des erhitzten Betons . . . . .	28
Druckfestigkeit des durch Feuer nicht beanspruchten Betons . . . . .	29
Schlussfolgerungen . . . . .	30



# Bericht

über

## Brandproben an Eisenbetonbauten.

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West  
im Jahre 1910.

### A. Vorverhandlungen.

Der Deutsche Ausschuß für Eisenbeton hat unter seine Arbeiten auch Versuche aufgenommen, die Aufschluß geben sollen über das Verhalten von Eisenbeton bei Schadenfeuern. Nach dem vorläufigen Arbeitsplan sollten die anzustellenden Versuche nach vier Richtungen hin Aufklärung liefern:

1. Messung der Wärmeübertragung im Beton;
2. Widerstandsfähigkeit verschiedener Betonmischungen gegen Feuer und Löschwasser, bei Verwendung verschiedener Stoffe,
3. Feststellung der zu einem zuverlässigen Eisenschutz bei Feuersgefahr erforderlichen Dicke der umhüllenden Betonschicht;
4. Feststellung der etwaigen Einbuße bestimmter Konstruktionen an Tragfähigkeit durch Feuer und Wasser während des Brandes und nach dem Brande.

Es wurde ferner beschlossen in Vergleich zu stellen:

- a) Sand-Beton,
- b) Flußkies Norddeutschlands (vorwiegend Granit und Quarzit),
- c) Flußkies Süddeutschlands (vorwiegend Jurakalk),
- d) Grutz und Kleinschlag aus Muschelkalk,
- e) Grutz und Kleinschlag aus Basalt,
- f) Grutz und Kleinschlag aus Granit.

Die Versuche sollten mit je zwei Eisenbetonsäulen und darüberliegenden, in gleicher Mischung hergestellten Monierdecken ausgeführt werden. Die Dicke der Ueberdeckung der Eisen durch Beton sollte wechseln. In Aussicht genommen war schließlich die Prüfung bestimmter, noch näher festzulegender Konstruktionen, derart, daß unter Berücksichtigung der bei Vorversuchen gesammelten Erfahrungen die Tragfähigkeit der Konstruktion einmal nach Vollendung und ausreichender Erhärtung des Gebäudes und daneben mit je einem gleichen Versuchsstück während und nach dessen Beanspruchung durch Feuer und Wasser festgestellt werden sollte.

Die Versuche sollten nach Möglichkeit den Verhältnissen der Praxis angepaßt werden.

In seiner Sitzung zu Heidelberg am 27. und 28. April 1909 hatte der Arbeitsausschuß die Ausführung der Versuche in einem eigens zu errichtenden großen Ofen Hause in Aussicht genommen. Die vorgelegten Pläne für ein solches Gebäude fanden indessen nicht die Zustimmung des Ausschusses, weil die Kosten

außerordentlich hohe geworden wären und die Schwierigkeit bestand, das Ofenhaus den zu erwartenden sehr starken Beanspruchungen gegenüber genügend widerstandsfähig zu machen. Es wurde deshalb davon abgesehen, die Versuchsobjekte in ein Ofenhaus einzubauen und beschlossen, eigene Gebäude für die Brandversuche zu errichten, mit der Voraussicht, daß, falls diese Gebäude genügend Widerstand gegen das Feuer ergeben sollten, sie später für den Einbau anderer Konstruktionen nutzbar zu machen wären.

Um über das Verhalten verschiedener Materialien im Feuer Aufschluß zu erhalten, wurden Vorversuche mit Betonkörpern aus folgenden Materialien beschlossen und durchgeführt:

Mischungen aus Zement und Berliner Mauersand mit

1. rotem Granit aus den Brüchen bei Meißen (grobkörnig, glimmerarm),
2. rotem Granit (feinkörnig, glimmerreich),
3. grauem Granit (grobkörnig),
4. grauem Granit (feinkörnig,) sehr glimmerreich,
5. Muschelkalk aus Rüdersdorf,
6. Kalktuff,
7. Kalkstein (weiß),
8. Basalt aus Linz a. Rh.,

und Zement in Mischung mit

9. feinem Isarkies und grobem Isarkies,
10. feinem Grubenkies (Cossebaude) und grobem Grubenkies (Cossebaude),
11. Bimskies (Neuwieder Becken).

Unter Verwendung dieser Materialien wurden Betonkörper in Plattenform von  $55 \times 20 \times 8$  cm erdfeucht eingestampft, wobei ein guter Portlandzement und Berliner Mauersand zur Verwendung kamen. Die Mischung für 1. bis 10. wurde im Verhältnis 1 : 3 : 6 durchgeführt, die Mischung 11 im Verhältnis 1 : 9. Die Platten erhärteten teilweise bis zur Prüfung an der Luft, teilweise wurden sie vor der Prüfung einem einseitig angreifenden starken Feuer ausgesetzt und langsam abgekühlt oder mit Wasser abgeschreckt.

Es zeigte sich indessen, daß mit so kleinen Proben die Wirkung eines Schadenfeuers auf die verschiedenen Materialien, bei dem die Wärme auf 900 bis 1000 C<sup>0</sup> steigt, nicht einwandfrei festgestellt werden konnte. Die Biegefestigkeit der Proben wurde bei sämtlichen Materialien beträchtlich vermindert und es ließen sich zwischen den einzelnen Materialien kaum Unterschiede feststellen. Der Ausschuß kam deshalb zu dem Entschlusse, von Proben mit kleinen Körpern ganz abzusehen und sich nur noch auf die Erprobung ganzer Bauwerke zu beschränken. Anfangs des Jahres 1910 wurde dann durch die Unterkommission, der angehörten: Herr Dr. ing. Koenen, Berlin, Herr Alfred Hüser, Oberkassel und die Vertreter des Materialprüfungsamtes, ein Arbeitsplan ausgearbeitet. Es wurde beabsichtigt, um zunächst einen Ueberblick über die Möglichkeit zu gewinnen, in wie weit die im ersten Arbeitsplan aufgeworfenen Fragen sich an Hand von größeren Brandproben beantworten lassen, zwei orientierende Versuche vorangehen zu lassen.

Zwei Häuschen aus Eisenbeton, die Decken getragen von Eisenbetonsäulen, sollten gleichzeitig geprüft werden. Das Haus I sollte derart gebaut werden, daß die Eisen etwa 2 cm Deckung durch Beton haben, das Haus II so, daß die Eisen nur etwa 0,5 cm dick von Beton bedeckt sind. In dem einen Haus sollten zwei Säulen unter einem Unterzug aus Kiesbeton in der Mischung 1 : 4, in dem anderen aus Kalksteinschotterbeton gleicher Mischung (1 : 2 : 2) ausgeführt werden.

An besonderen Körpern, innerhalb der Häuschen sollte der Wärmedurchgang gemessen werden.

Die Wände sollten teilweise geputzt werden, teilweise ungeputzt bleiben. Die Erhitzung sollte durch ein starkes, mehrere Stunden unterhaltenes Holzfeuer bewirkt werden. Die Temperatur im Inneren des Gebäudes war während der

ganzen Dauer des Versuchs an verschiedenen Stellen zu messen. Nach der Erhitzung sollte die Ablöschung mittels eines Hydranten erfolgen, wobei der Wasserstrahl hauptsächlich auf die tragenden Konstruktionsteile gerichtet werden sollte.

Während des Versuchs sollte die Decke unter Last stehen. Nach Beendigung des Versuchs sollte der Zustand der Bauwerke genau protokollarisch festgelegt und Beschluß darüber gefaßt werden, welche Versuche mit den gleichen Objekten etwa weiter ausgeführt werden sollen. (Wiedererhitzung, Belastung bis zum Bruch).

Zeichnungen von zwei Häuschen, bei denen die erwähnten Gesichtspunkte Berücksichtigung gefunden hatten, wurden dem Arbeitsausschuß am 12. April 1910 in Dresden vorgelegt und fanden mit geringfügigen Änderungen Anerkennung. Die Änderungen gehen aus der Beschreibung der Bauausführung hervor. Nachdem auch der Deutsche Ausschuß für Eisenbeton dem Arbeitsplan zugestimmt hatte, wurde am 5. Juli 1910 mit dem Bau der Häuser begonnen.

## B. Bauausführung.

Die beiden Häuser, im Amt bezeichnet mit Haus I und Haus II, wurden auf dem Grundstück des Amtes in etwa 8,50 m Entfernung voneinander (vergl. Lageplan Bild 1) von der beauftragten Firma: Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau, Berlin, der auch die Lieferung sämtlicher Materialien (Zement, Kies, Kalksteinschotter [Grutz asw.] oblag, in der Zeit vom 5. Juli bis 6. August 1910 errichtet.

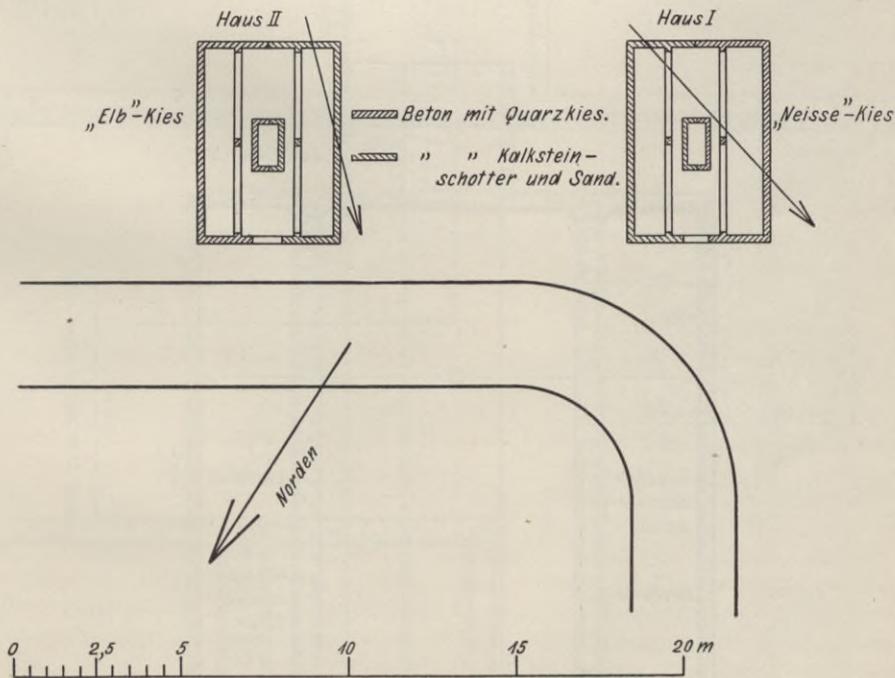


Abb. 1. Lageplan der Versuchsbauwerke.

Die Bauart der Häuser ist aus den Skizzen Abb. 2 ersichtlich und entspricht in den wesentlichsten Punkten den vom Ausschuß genehmigten Entwürfen bis auf die Anordnung von je 11 Scherbügeln in den Unterzügen.

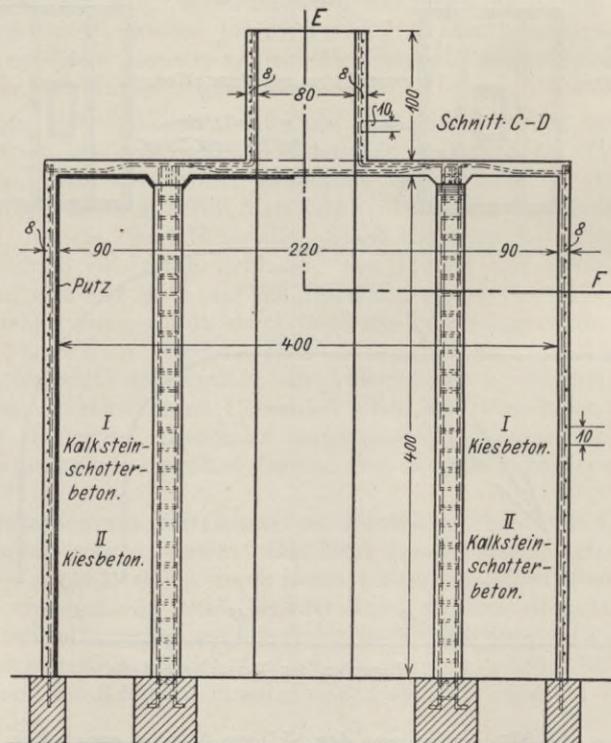
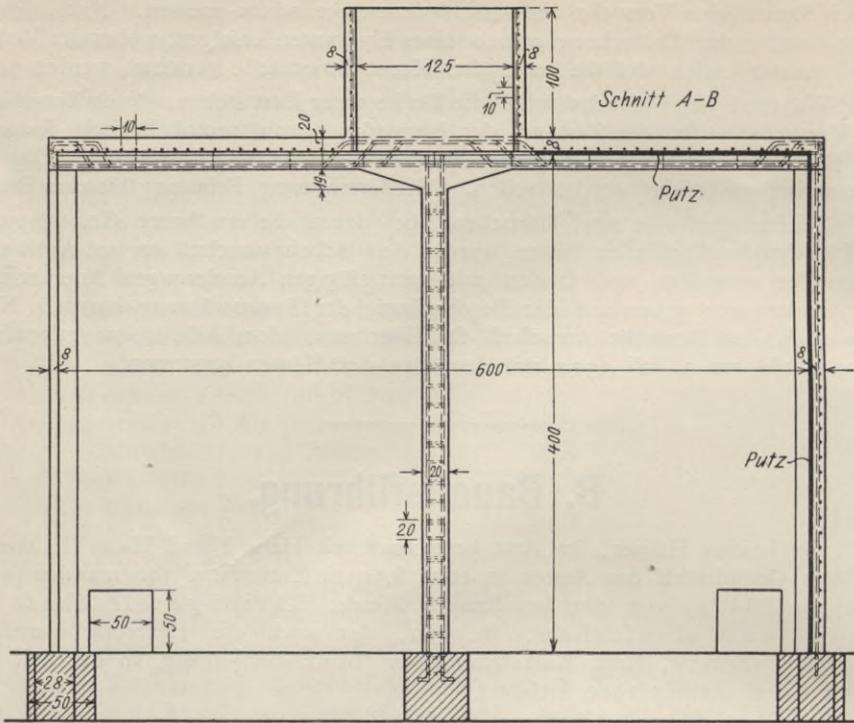


Abb. 2.

Eiseneinlagen. Wände und Decken: Rundisen von 0,7 cm Durchmesser. Längseisen in Unterzügen und Säulen: Rundisen von 1,3 cm Durchmesser. Bügel: Rundisen von 0,5 cm Durchmesser. Betonmischungen. Kiesbeton: I Rtl. Zement + 4 Rtl. Kies. Kalksteinschotterbeton: I Rtl. Zement + 2 Rtl. Sand + 2 Rtl. Kalksteinschotter.

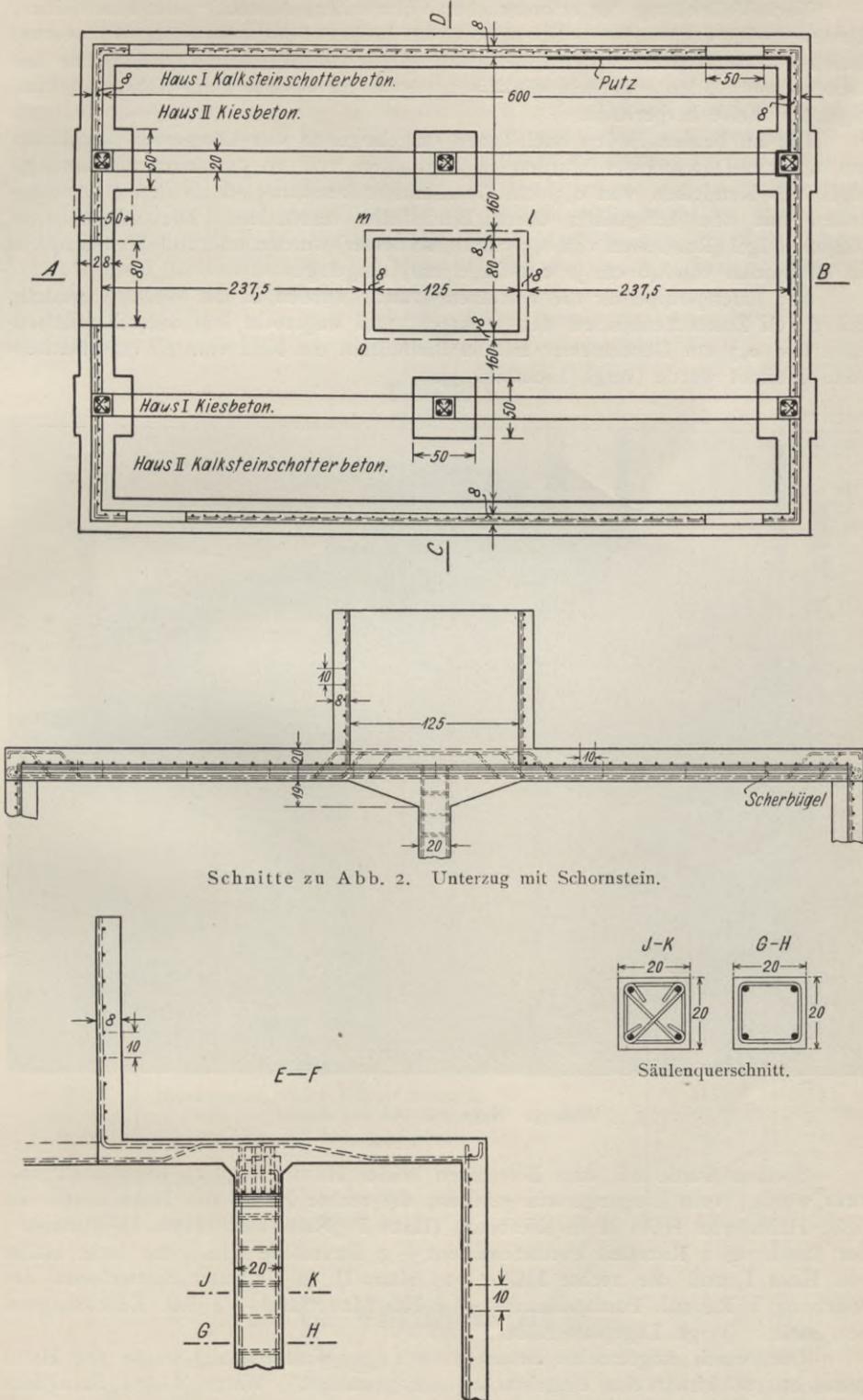


Abb. 2.

Eiseneinlagen. Wände und Decken: Rundeisen von 0,7 cm Durchmesser. Längseisen in Unterzügen und Säulen: Rundeisen von 1,3 cm Durchmesser. Bügel: Rundeisen von 0,5 cm Durchmesser. Betonmischungen. Kiesbeton: 1 Rtl. Zement + 4 Rtl. Kies. Kalksteinschotterbeton: 1 Rtl. Zement + 2 Rtl. Sand + 2 Rtl. Kalksteinschotter.

Nach Vollendung der erforderlichen Vorarbeiten, Abstecken der Fluchtlinien, Herstellen der etwa 1,20 m tiefen, 0,50 m breiten Fundamente für Wände und Säulen, sowie Aufstellen der Innenschalung für die Wände und Einschalen der Decken und Säulen, wurden die Eisengerippe für Säulen und Wände in etwa folgender Weise hergerichtet.

Die an beiden Enden nach Innen umgebogenen vier Längseisen der Säulen von 1,3 cm Durchmesser wurden in Abständen von 20 cm durch Umfassungsbügel aus Rundeisen von 0,5 cm Durchmesser bewehrt und an den Kreuzungstellen mit den Längseisen durch Bindedraht verbunden. Die vorgesehenen Diagonalbügel (Rundeisen von 0,5 cm Durchmesser) wurden während des Stampfens (in Abständen von 40 cm je ein Bügelpaar) eingelegt.

Die Eisengerippe für die einzelnen Wände wurden in der Weise hergestellt, daß durch Zusammenbinden der senkrecht und wagerecht laufenden Rundeisenstäbe von 0,7 cm Durchmesser mittels Bindedraht ein Netz von 10 cm Maschenweite gebildet wurde (vergl. Lichtbild 3).

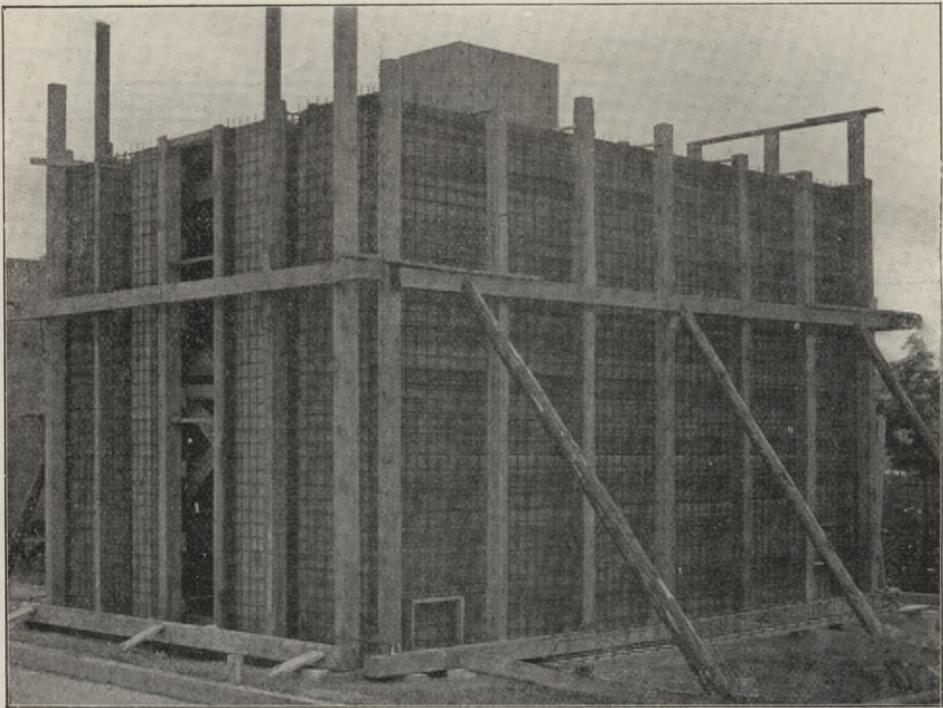


Abb. 3. Haus während des Baues.

Sodann wurde mit dem Betonieren beider Häuser zugleich begonnen, und zwar wurde, vom Eingange aus gesehen, die rechte Hälfte von Haus I und die linke Hälfte von Haus II in Kiesbeton (Haus I „Neissekies“ Haus II „Elbkies“) der Mischung 1 Raumteil Portlandzement + 4 Raumteile Kies, die linke Hälfte von Haus I und die rechte Hälfte von Haus II in Kalksteinschotterbeton der Mischung 1 Raumtl. Portlandzement + 2 Rtl. Mauer sand + 2 Rtl. Kalksteingrutz hergestellt. (vergl. Lageplan Abb. 1 und 2).

Der weich angemachte Beton (etwa 12 % Wassergehalt) wurde von Hand gemischt, schichtenweise eingebracht und gestampft. Während des Stampfens wurden die Eiseneinlagen aller Bauteile so gehalten, daß ihr Abstand von der Schalung bei Haus I etwa 2 cm, bei Haus II etwa 0,5 cm betrug.

Während des Stampfens der Wände wurden die Eisenbewehrungen für Decken, Unterzüge und Schornsteine vorgerichtet. Sie bestanden bei den Decken und den Schornsteinen aus Rundeisen von 0,7 cm Durchmesser und waren in gleicher Weise wie bei den Wänden kreuzseitig gespannt und an den Kreuzungsstellen mit Bindedraht verbunden. Die Enden der Eisen in den Decken waren umgebogen.

Die Eisenbewehrung für die Unterzüge bestand aus je 6 Rundeisen von 1,3 cm Durchmesser in der aus Bild 2 ersichtlichen Anordnung (2 gerade und 4 aufgebogene Eisen) mit je 11 Scherbügeln aus Rundeisen von 0,5 cm Durchmesser.

Etwa einen Monat nach Beendigung der Ausschalarbeiten wurde etwa je  $\frac{1}{3}$  der Wandfläche des Innenraumes (bei beiden Häusern die linke hintere Ecke: Haus I Kalksteinschotter — Haus II Kiesbeton) nach vorherigem Bewerfen mit Zementmörtel mit Kalkmörtel geputzt.

Die Zeiten der einzelnen Arbeitsvorgänge, sowie das Alter der einzelnen Bauteile am Tage der Prüfung sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

Zeit 1910	Arbeitsvorgänge	Alter bei der Prüfung Tage	
		Haus I	Haus II
5.—25. VII.	Vorbereitende Arbeiten	—	—
26. VII.	Stampfen der freistehenden Schotterssäulen von Haus I und II und der freistehenden Kiesbetonsäule von Haus I	136	142
27. VII.	Stampfen der Kiessäule in Haus II („Elbkies“) und Beginn des Stampfens der Wände	—	141
28.—29. VII.	Stampfen der Wände in ihren unteren Teilen	—	—
30. VII.	Fertigstellen der Kiesbetonwände I und II, Stampfen der Schotterwände ausgesetzt (1 m von oben), da Schotter ausgegangen	Kieswände	
		132	138
1. VIII.	Kiesbetonunterzüge gestampft von I und II	130	136
2. VIII.	Fortsetzung des Betonierens der Schotterwände	—	—
3. VIII.	Schotterwände fertig gestellt und Schotterunterzüge gestampft von Haus I und II	128	134
4. VIII.	Wegen Regenwetters nicht gestampft, Eiseneinlagen für Decken und Schornsteine verlegt	—	—
5. VIII.	Decken beider Häuser betoniert	126	132
6. VIII.	Schornsteine beider Häuser betoniert	125	133
7.—17. VIII.	Täglich dreimal Schalungen genäßt	—	—
26.—31. VIII.	Ausgeschalt	—	—
27.—29. IX.	Putzarbeiten ausgeführt	72	78

## C. Vorbelastung.

Um das elastische Verhalten der Betondecken bei einer Be- und Wieder-Entlastung festzustellen wurden vor den Brandproben je 2 Deckenstreifen neben den Schornsteinen 1,24 m breit und 6,00 m lang, mit den Unterzügen als Mitte, einer Belastungsprobe unterworfen.

Die amtlichen „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten vom 24. Mai 1907“ fordern für gleichmäßig verteilte Nutzlast  $p$ , bei Belastung des ganzen Deckenfeldes, wenn mit  $g$  das Eigengewicht der Decke bezeichnet wird, eine Auflast von  $0,5 g + 1,5 p$ .

Das Gewicht der 24 qm großen Decke beträgt einschließlich Schornstein annähernd  $5956 \text{ kg} = 248 \text{ kg/qm}$ , die Nutzlast „für Wohngebäude und kleinere Geschäftsgebäude“, für welche solche schwachen Decken nur in Frage kommen können,  $250 \text{ kg/qm}$  (vergl. amtliche „Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und die Beanspruchungen der Baustoffe usw. vom 31. Januar 1910).

Unter der Annahme, daß die Belastung der beiden Deckenstreifen, symmetrisch zur ganzen Deckenfläche angeordnet, einer gleichmäßig über die ganze Decke verteilten Last annähernd gleich zu erachten ist, war nach den Bestimmungen jede Decke zu belasten mit:  $0,5 \times 248 + 1,5 \times 250 = 499 \text{ kg/qm}$ .

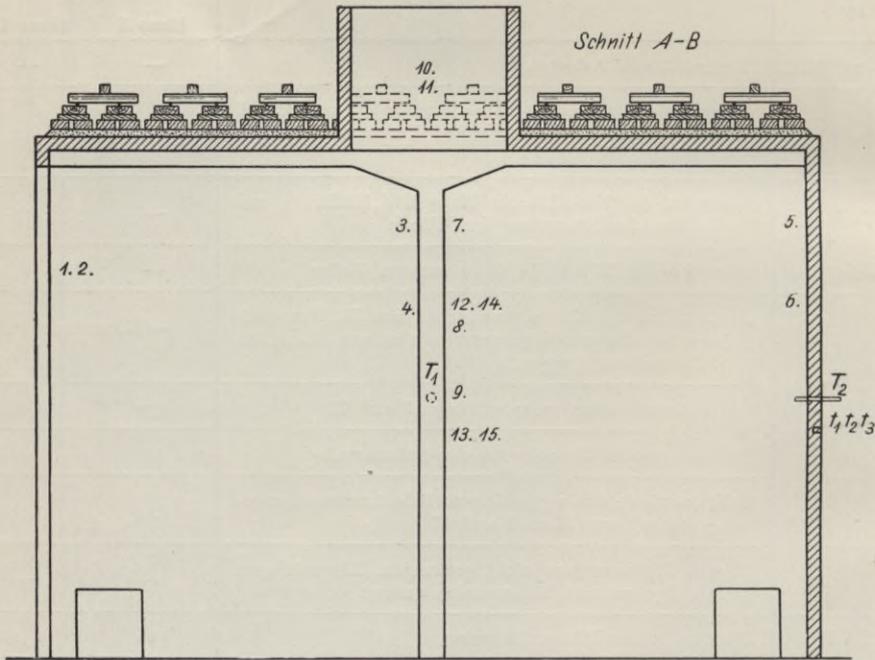


Abb. 4.

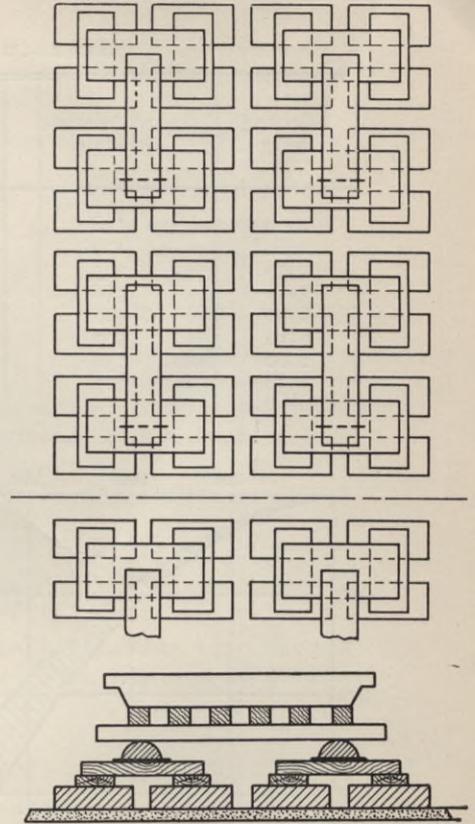
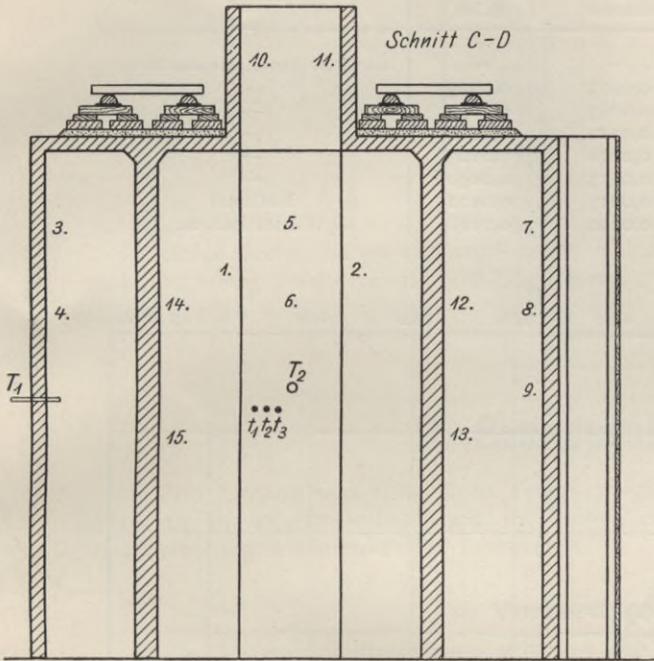
Darstellung der Lastverteilung auf den Versuchshäusern und Bezeichnung der Meßpunkte für die Formänderungen der Decke und die Temperatur während des Brandes.

Die Decken sind am 2. bezw. 12. Dezember 1910 bis  $507$  bezw.  $503 \text{ kg/qm}$  belastet worden.

Der Lastaufbau, sowie das Schema der Lastverteilung sind in Abb. 4 dargestellt.

Die Durchbiegungen wurden mittels Martensscher Rollenapparate an den Unterseiten der Decken bei „l“ und „o“ (s. Abb. 4 Grundriß) gemessen.

Die Ergebnisse der Belastung sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengestellt und in Abb. 5 aufgetragen.



Schema des Lastaufbaues.

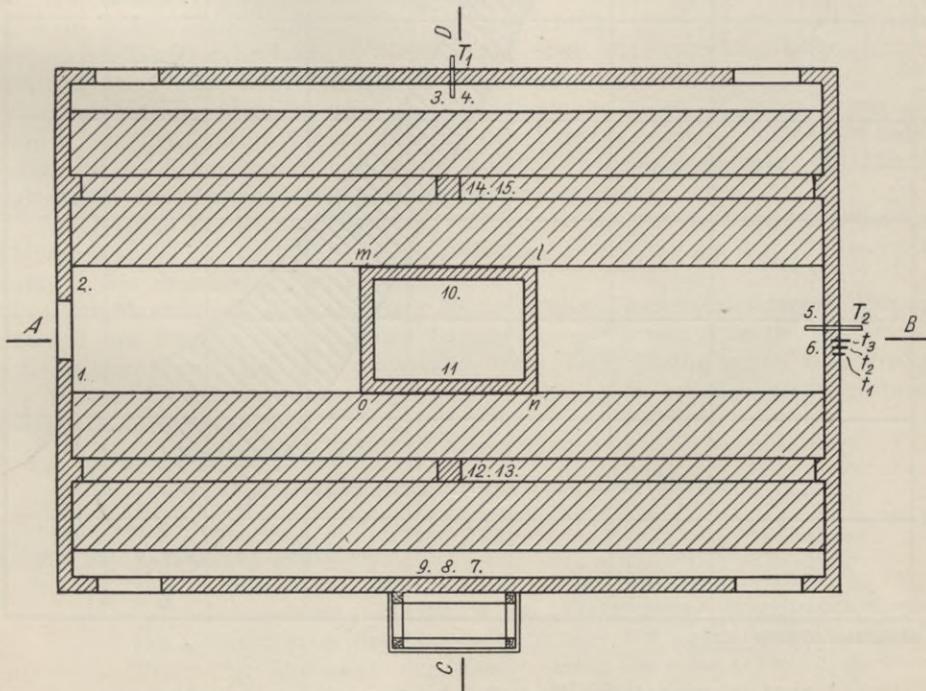


Abb. 4.

Darstellung der Lastverteilung auf den Versuchshäusern und Bezeichnung der Meßpunkte für die Formänderungen der Decke und die Temperatur während des Brandes.

**Tabelle 2.**  
Belastung der Decke. Haus I.

Belastung in kg	kg/qm belastetes Deckenfeld	Durchbiegungen in cm an den Stellen		Bemerkungen
		$\frac{1}{4}$ (Schotter)	$\frac{3}{4}$ (Kies)	
2060	138	—	—	Gewicht des Lastunterbaues
2660	179	0,0025	0,0025	—
3950	265	0,0063	0,0075	—
5150	346	0,0112	0,0100	—
6350	427	0,0138	0,0125	—
7550	507	0,0175	0,0150	—
2060	138	0,0025	0,0022	Entlastet
7550	507	0,0200	0,0188	Wieder belastet

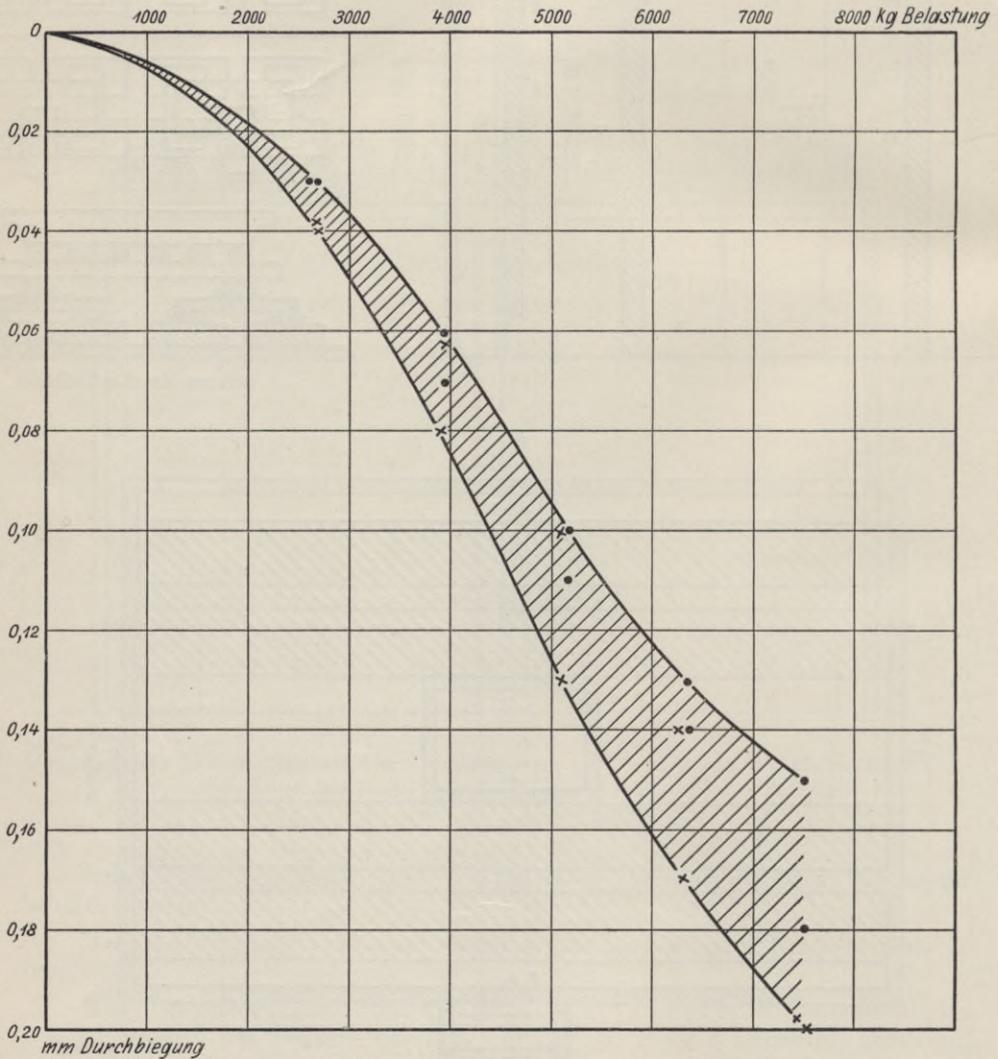


Abb. 5.  
Elastische Durchbiegung der Decken bei der Vorbelastung bis 7500 kg.

**Tabelle 3.**  
Belastung der Decke. Haus II.

Belastung in kg	kg/qm belastetes Deckenfeld	Durchbiegungen in cm an den Stellen		Bemerkungen
		"I" (Kies)	"O" (Schotter)	
2060	138	—	—	Gewicht des Lastunterbaues
2670	179	0,0037	0,0037	—
3910	263	0,0062	0,0081	—
5110	343	0,0100	0,0125	—
6300	423	0,0144	0,0169	—
7500	503	0,0225	0,0219	—
2060	138	0,0012	0,0006	Entlastet
7500	503	0,0244	0,0250	Wieder belastet

Beide Decken haben sich annähernd gleichmäßig elastisch erwiesen und gingen bei Entlastung wieder in die Null-Lage zurück. Bleibende Formänderungen oder Risse wurden nicht festgestellt.

## D. Brandproben.

Die Prüfung von Haus I im Feuer erfolgte am 9. Dezember 1910, die von Haus II am 15. Dezember 1910 im Beisein einer großen Zahl von Mitgliedern des deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

### α) Vorbereitung.

Zur besseren Luftzuführung während des Brandes waren von den hinteren Zugluken aus schräg nach der Mitte der Häuser und von da nach den Türen aus Gittermauerwerk Fische mit aufgelegten Roststäben aufgebaut.

In jedem Haus wurden etwa 24 cbm einmal geschnittenes und dreimal gespaltenes Kiefernscheitholz in Stapeln von etwa 2,50 m Höhe aufgeschichtet und vor der Entflammung reichlich mit Petroleum begossen.

Zur Messung der im Inneren der Häuser erreichten höchsten Hitzegrade wurden an den mit 1 bis 15 bezeichneten Punkten (Abb. 4) an den Wänden innerhalb des Schornsteines und hinter den Säulen Schamotteschalen mit Metalllegierungen von verschiedenen Schmelzpunkten aufgehängt.

Bei  $T_1$  an der linken Seitenwand und  $T_2$  an der Rückwand wurden außerdem Thermolemente in das Innere des Brandraumes eingeführt, um den Wärmeverlauf während des Brandes zu messen.

Zur Messung der Durchbiegung der belasteten Deckenfelder (vergl. Abb. 4) während des Brandes waren an den Punkten  $l$ ,  $m$ ,  $n$  und  $o$  an den Ecken der Schornsteine eiserne Maßstäbe aufgestellt, deren Verschiebung gegen feste Punkte der Wände während des Brandes, soweit es der Rauch zuließ, durch Fernrohre festgestellt werden sollte.

### β) Wärmemessung innerhalb des Betons.

Zur Feststellung des Wärmedurchgangs durch den Beton wurde nach 3 Richtungen hin Vorkehrung getroffen:

1. In die Rückwand der Häuser wurden von außen bei  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  Löcher gebohrt, in die je ein Thermometer eingebracht wurde. Die Ueberdeckung des Quecksilbergefäßes der Thermometer durch den Beton der Innenseite der Wände betrug bei  $t_1 = 5$  cm,  $t_2 = 3$  cm und bei  $t_3 = 1$  cm. Zur besseren Wärmeübertragung waren die etwas

- schräg nach unten gebohrten Löcher zum Teil mit Quecksilber angefüllt und zum Schutze gegen die Außentemperatur mit Asbest verstopft, sowie durch eine mit Asbestpappe benagelte, dicht schließende Holzleiste mit entsprechenden Bohrungen abgeschlossen.
2. Auf Beschluß des Arbeitsausschusses war von außen an der Mitte der rechten Seitenwand beider Häuser ein nach innen offener Holzkasten von etwa  $1,00 \times 0,50$  m im Lichten dicht neben die Wände gestellt und mit reiner Holzwolle angefüllt worden, um festzustellen, ob die leicht entflammaren Holzspäne an der Außenwand des Hauses sich soweit erwärmen würden, um Feuer zu fangen. Bei Haus I reichte der Holzbau bis zur Deckenkante, bei Haus II blieb das obere Ende 1 m von der Deckenkante ab.
  3. In jedes der beiden Häuser wurden 5 Betonwürfel von 30 cm Seitenlänge und 5 Betonwürfel von 20 cm Seitenlänge (je 3 Würfel aus Kiesbeton und je 2 Würfel aus Kalksteinschotterbeton) aus den gleichen Mischungen, aus denen die Häuser bestanden, von Brennmaterial umgeben eingebaut. In die Mitte jedes Würfels wurde eine kleine Magnesitkapsel mit leicht schmelzbaren Legierungen eingestampft, die sich somit etwa 14 bzw. 9 cm von der Außenfläche der Würfel und vom Feuer entfernt befanden.

### γ) Prüfung im Feuer.

Vor dem Beginn der Versuche wurden die in ganzer Höhe der Häuser in den Vorderwänden befindlichen Türöffnungen durch verschiebbare, etwa die (obere) halbe Türöffnung deckende Blechtafeln geschlossen, um die Wärme möglichst zusammen zu halten. (Abb. 6), dann wurde das aufgestapelte Holz mit Petroleum getränkt und an allen Oeffnungen in den Wänden gleichzeitig entzündet.

Die Entwicklung des Feuers (s. weiter unten) und die Beanspruchung der Eisenbetonwände ist augenscheinlich etwas durch die Windrichtung beeinflusst worden, die in der Abb. 1 durch Pfeile angedeutet ist. Der Wind wehte während des Versuches I vorwiegend aus O und während des Versuches II aus SO.

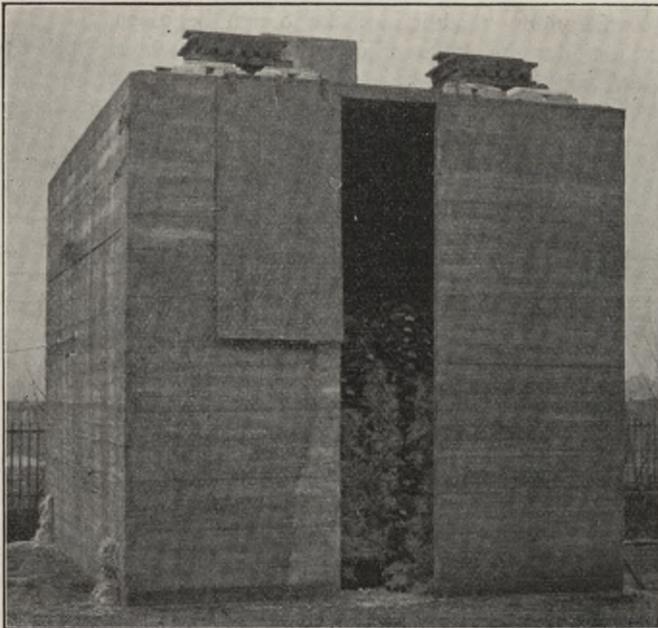


Abb. 6. Haus I vor dem Versuch.

Die während der Brände an beiden Häuschen gemachten Beobachtungen sind nachstehend einander gegenübergestellt, und zwar getrennt für die Beobachtungen an den Wänden und an den Decken. Das Innere der Häuser entzog sich während der Brände größtenteils der Beobachtung.

Das Aussehen der Häuser vor dem Versuch zeigen die Lichtbilder 6 und 7.

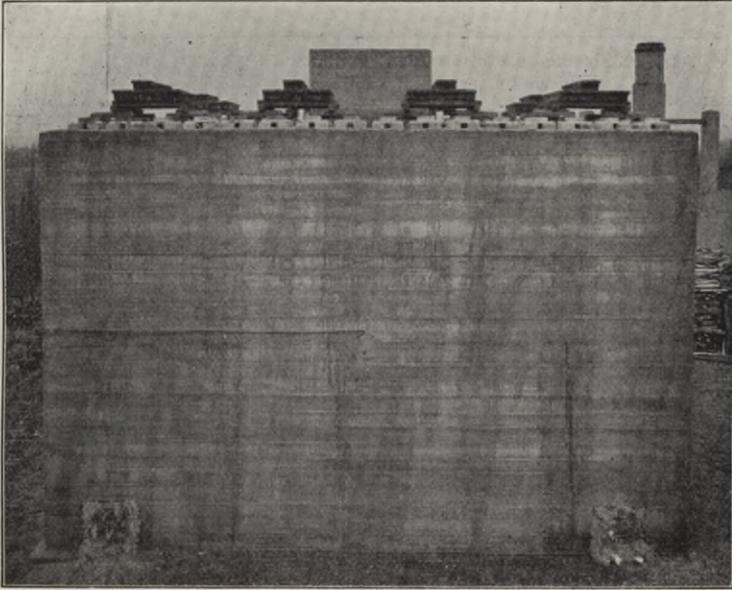


Abb. 7. Haus I vor dem Versuch. Linke Wand außen.

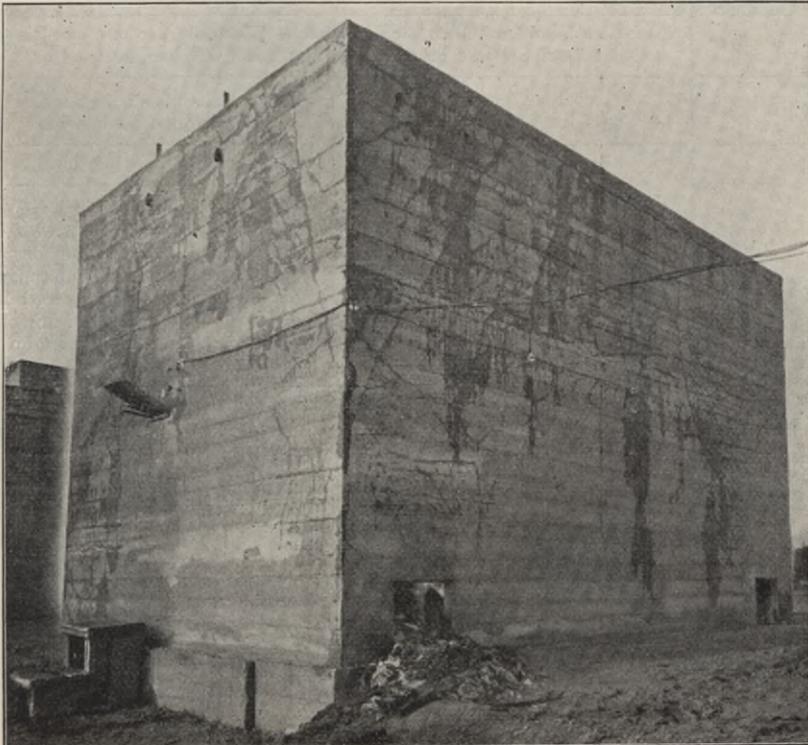


Abb. 8. Haus I nach  $\frac{3}{4}$  Stunden Brennzeit. Hinterwand und linke Seitenwand.

Brennzeit Minuten etwa	Beobachtung der Wände während des Brandes	
	Haus I	Haus II
2	—	Senkrechte Risse*) an den vorderen Kanten beider Seitenwände, die sich zusehends erweitern.
4	Putz beginnt abzuplatzen.	
5	Senkrechte Risse an den vorderen Kanten beider Seitenwände.	—
10	Zwei von oben nach unten verlaufende Risse zu beiden Seiten der Mitte der linken Seitenwand; desgl. an den hinteren Kanten der Wände. Die rechte Seitenwand beginnt sich nach innen zu bauchen.	Kreisbogenförmiger Riß in der linken Seitenwand von oben nach der vorderen unteren Ecke zu verlaufend.
15	Wagrecht verlaufender Riß in der linken Seitenwand etwa 1 m von oben. Senkrechter Riß etwa in der Mitte der Hinterwand.	In der Hinterwand zwei senkrechte Risse zu beiden Seiten der Mitte. Desgl. in der rechten Seitenwand an den hinteren Kanten des Hauses.
	Diagonal über die oberen Ecken der Häuser verlaufende Risse (Seiten- u. Rückwand).	
20	Beide Seitenwände bauchen sich merklich nach innen, die dem Winde nicht ausgesetzte rechte Seitenwand stärker als die linke.	Starke Erweiterung der Risse in den Vorderkanten (bis zu 2 cm Breite), so daß offene Spalten entstehen, in denen die Enden der sich kreuzenden Eiseneinlagen teilweise sichtbar werden.
25	Die Risse in den vorderen Kanten haben sich bis zu etwa 1 cm Breite erweitert.	—
30	In allen Wänden, besonders in den Seitenwänden, haben sich zahlreiche, feine Risse gebildet, die sich allmählich netzartig über die Wandflächen ausbreiten.	
35	Auf allen Wänden bilden sich zahlreiche Wasserflecke; aus den Rissen, die sich teilweise etwas erweitern, dringt unter Zischen kochendes Wasser.	
40	—	Beide Seitenwände beginnen sich nach innen zu bauchen.
45	Zahlreiche Risse und Wasserflecke (Lichtbilder 8, 13 und 14).	
50	Mit abnehmender Höhe der brennenden Holzstapel wird beobachtet, daß im Innern:  Da, wo der Putz gesessen hat, im oberen Teil der linken Ecke auch der Beton auf größeren Flächen abgesprengt ist, so daß die Eisen stellenweise freiliegen.	Die rechte hintere Hälfte des Hauses (Schotterbeton) schalenförmige Absprengungen des Betons an vereinzelt Stellen von geringer Flächenausdehnung zeigt, die Eisen an diesen Stellen sichtbar werden.
60	Die Seitenwände haben sich eingebaucht	
	linke Seitenwand etwa 4 cm rechte " " 7 "	linke Seitenwand etwa 8 cm rechte " " 5 "
75	Bauchung der Vorderwand nach außen.	
90	An einer Stelle der Hinterwand (linke obere Ecke), wo der Beton innen abgesprengt ist, haben sich mehrere strahlenförmig zusammenlaufende Risse stark erweitert. Die Wand schiebt sich an dieser Stelle um mehrere Zentimeter nach außen (Abb. 9).	—

\*) An diesen Stellen wurden schon vor dem Versuch feine Risse festgestellt.

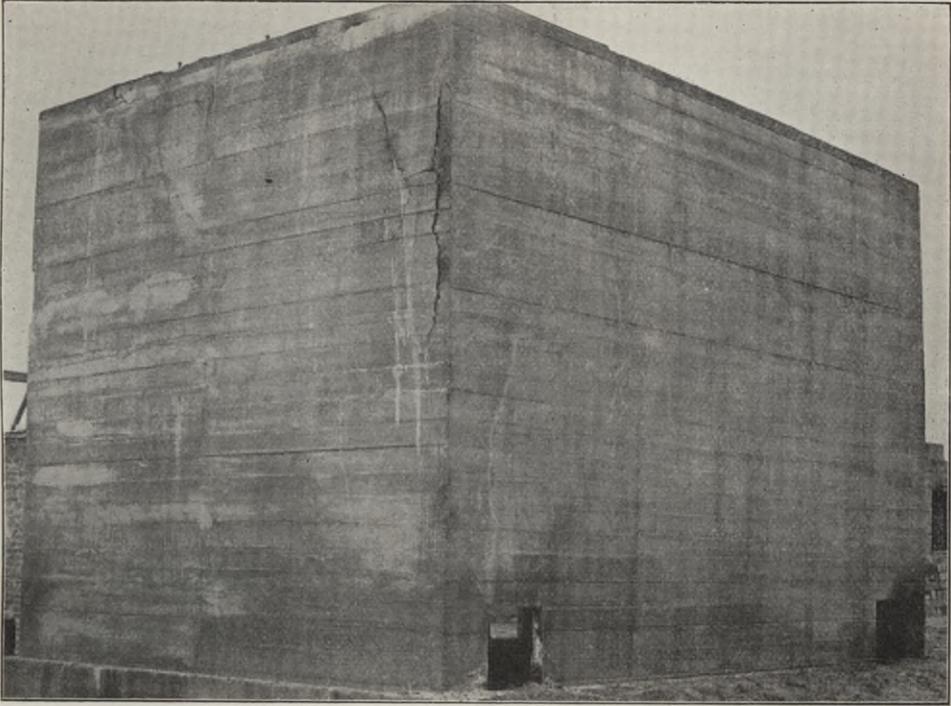


Abb. 9. Haus I nach dem Versuch. Hinterwand und linke Seitenwand.

Brennzeit Minuten etwa	Beobachtung der Wände während des Brandes	
	Haus I	Haus II
105	Die Wasserflecken auf den Wänden sind fast vollständig verschwunden.	
125	Die Holzwolle in dem angebauten Holzkasten beginnt oben, anscheinend infolge Funkenübertragung durch den Riß zwischen Decke und Wand, zu brennen. Die Flammen der brennenden Holzwolle werden gelöscht.	—
135	Keine wesentlichen äußeren Veränderungen an den Wänden bis auf stärkere Einbiegung der Seitenwände, die kurz vor Ende des Versuchs betragen: linke Seitenwand (Schotter) etwa 6 cm   linke Seitenwand (Kies) etwa 11 cm rechte Seitenwand (Kies) etwa 9 cm   rechte Seitenwand (Schotter) etwa 8 cm. Mit größerer Ausbauchung der Vorderwand stärkeres Klaffen der Risse an den Vorderkanten der Häuser, die sich bis zu etwa 2 cm   5 cm Breite erweitert haben.	
140	Ablöschen mit dem vollen Strahl des Hydranten, wobei der kalte Strahl hauptsächlich auf die tragenden Konstruktionsteile (Unterzüge und Säulen) gerichtet wird.	

Das Aussehen der Außenseite der Wände nach dem Versuch veranschaulichen die Abb. 9, 15 und 16. Die Wände haben sich wieder gerade gezogen, die Risse geschlossen (siehe weiter unten).

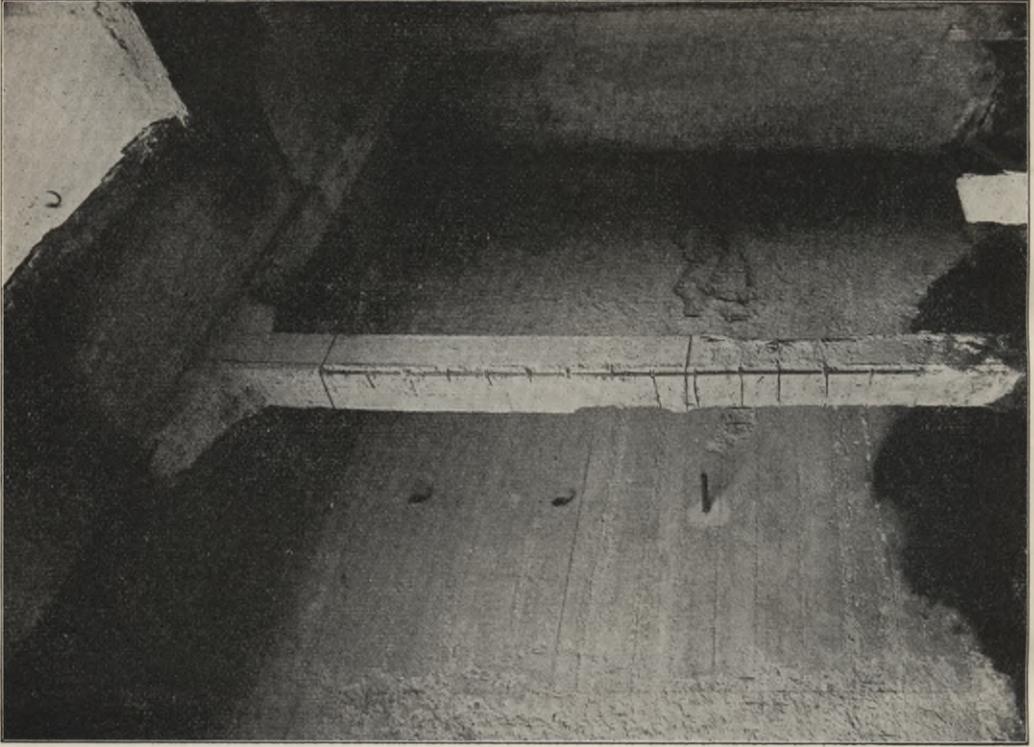


Abb. 17. Haus II. Linke Wand innen (Elbkies c).

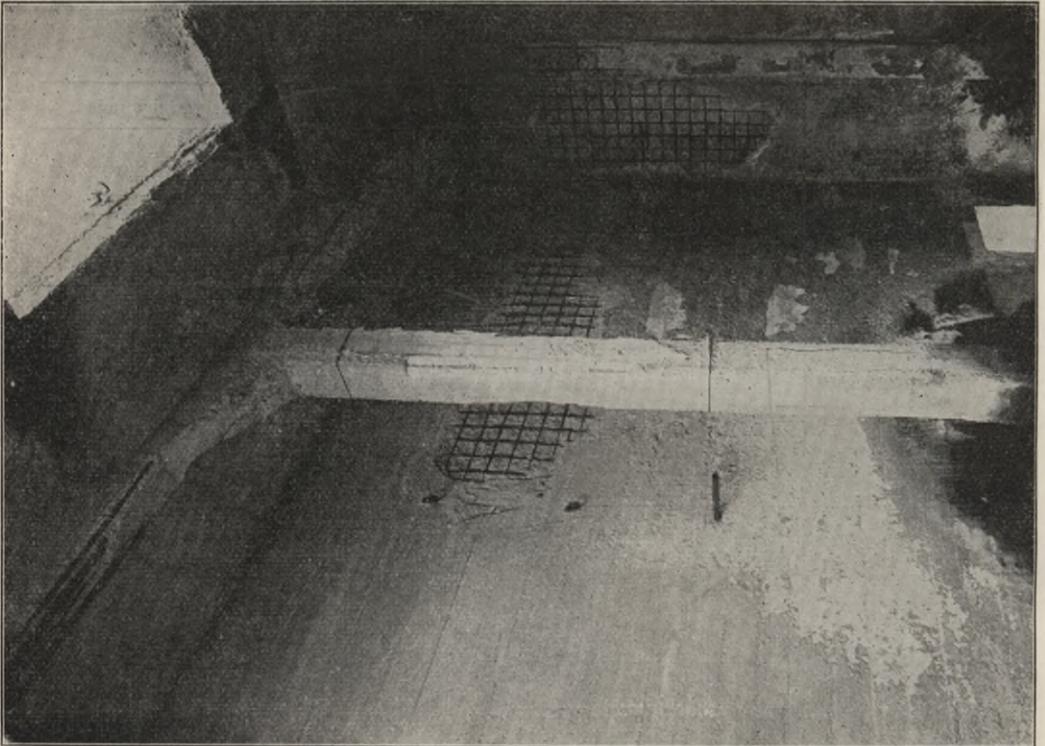


Abb. 10. Haus I. Linke Wand innen (Schotter).



Abb. 12. Haus I. Rückwand innen.

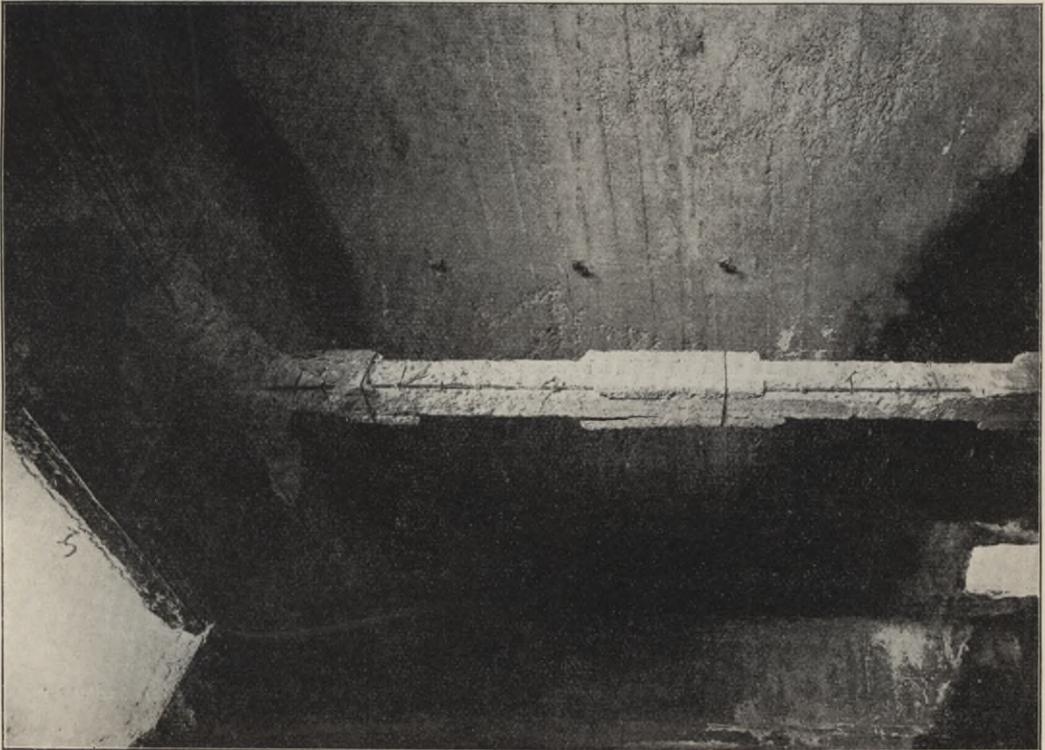


Abb. 11. Haus I. Rechte Wand innen (Kies a).

Brennzeit Minuten etwa	Beobachtung der <b>Decken</b> während des Brandes	
	Haus I	Haus II
8	Zwischen Decken und Seitenwänden beider Häuser bilden sich Risse, die sich im weiteren Verlauf des Versuchs mit zunehmendem Durchgang der Decken erweitern.	
10	In den Kanten der Schornsteine Risse, die sich im weiteren Verlauf des Versuchs stark erweitern.	

Die beobachteten Senkungen der Decken, soweit sie bei den aufsteigenden Wasserdämpfen festgestellt werden konnten, an den Punkten *l*, *m*, *n* und *o* (vergl. Abb. 2 und 4) gemessen, sind in Tabelle auf S. 20 zusammengestellt.

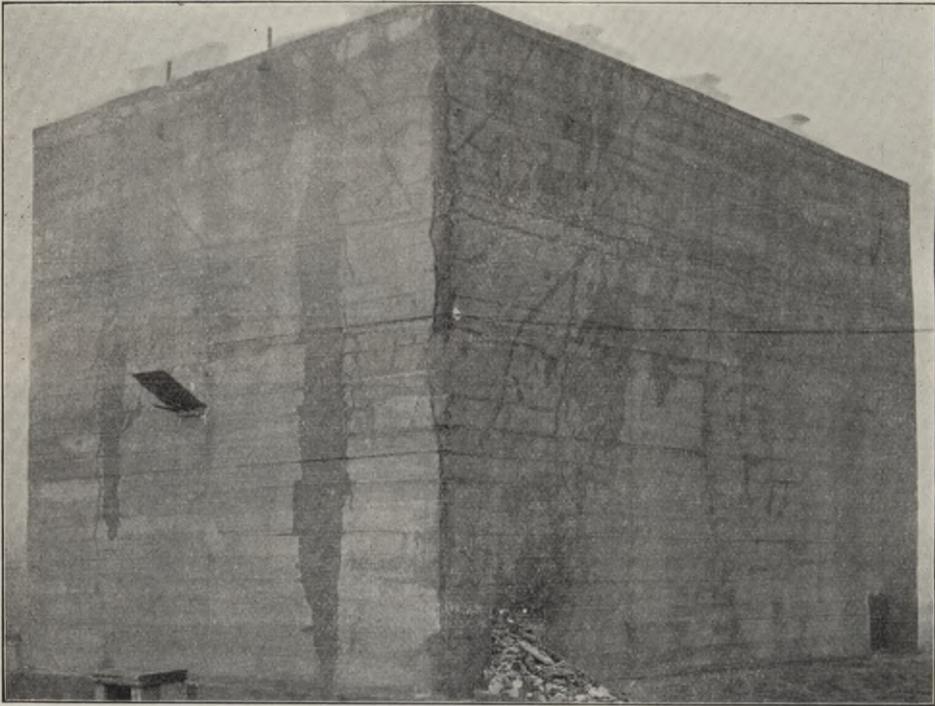


Abb. 13. Haus II nach  $\frac{3}{4}$  Stunden Brennzeit. Hinterwand und linke Seitenwand.

Bemerkung: Abb. 17 mußte der Raumverteilung wegen bei Drucklegung des Berichts vorangestellt werden.

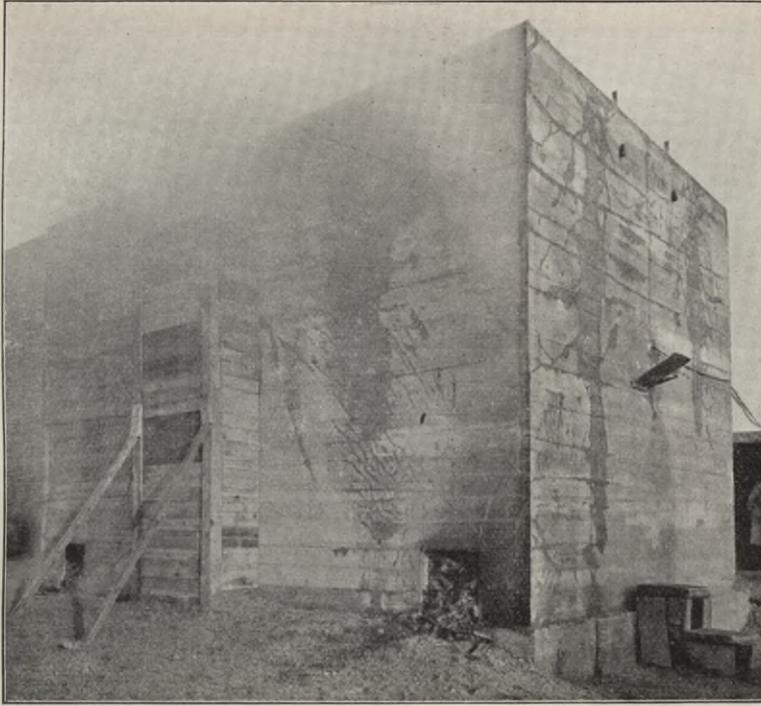


Abb. 14. Haus II nach  $\frac{3}{4}$  Stunden Brennzeit. Hinterwand und rechte Wand außen.

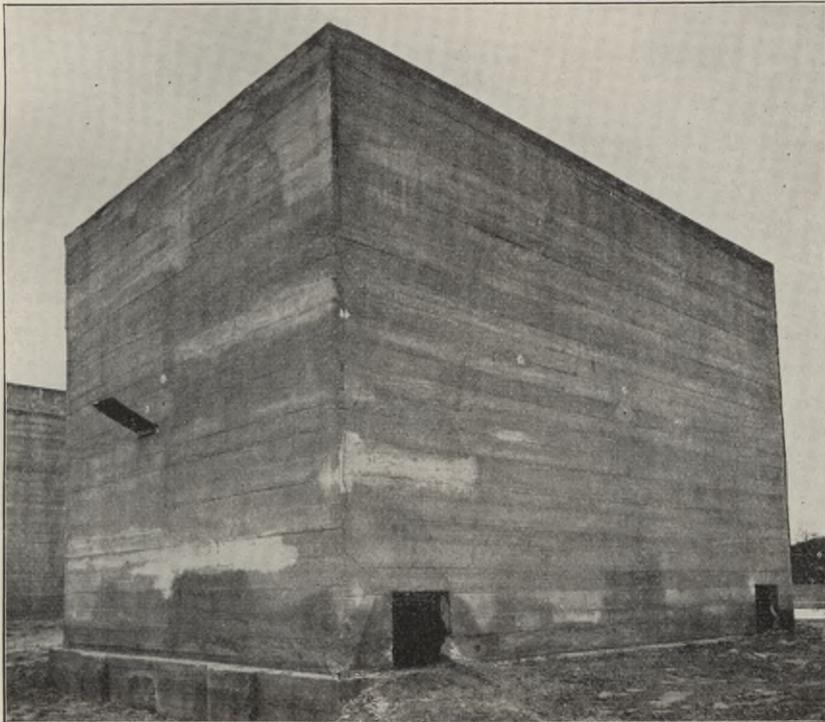


Abb. 15. Haus II nach dem Versuch. Hinterwand und linke Seitenwand.

Brennzeit Minuten etwa	Haus I.					Haus II.				
	Senkung der Decken in cm an den Stellen (vergl. Abb. 2)									
	Schotter		Kies		Bemerkungen	Kies		Schotter		Bemerkungen
„l“	„m“	„n“	„o“	„l“		„m“	„n“	„o“		
15	0,2	0,1	0,2	0,3	—	0,3	0,3	0,3	0,2	—
30	0,3	0,3	0,4	0,4	—	0,6	0,6	0,4	0,5	—
45	0,7	0,6	0,7	0,7	—	0,8	1,0	—	—	} starke Dampf- entwicklung
60	1,2	1,4	—	—	} starke Dampf- entwicklung	1,3	1,5	—	—	
75	1,6	1,7	1,8	1,7		—	1,8	2,1	—	—
100	2,5	2,4	2,6	2,2	—	2,3	2,4	1,8	2,0	—
115	—	—	2,9	1,7	—	2,5	2,7	1,9	2,1	—
—	2,2	2,6	2,3	2,5	} 1 Stunde nach dem Ablöschen	2,8	3,1	2,3	2,6	} 1 Stunde nach dem Ablöschen
—	2,0	2,1	2,4	2,8		2,7	3,2	2,3	2,6	
—	5,0	4,5	6,2	7,2	} am Tage nach der Brandprobe	4,8	4,5	3,0	2,9	} am Tage nach der Brandprobe
—	5,0	4,5	5,8	6,8		} nach der Ent- lastung	4,6	4,4	3,0	

Die Durchbiegung vollzog sich gleichmäßig, wie aus Abb. 20 hervorgeht, in dem für die Decken beider Häuser die Durchbiegungen auf der Schotterseite des Hauses und auf der Kieselseite getrennt aufgetragen wurden.

In Abb. 20 bedeutet } ● — ● Schotter,  
} × — × Kies.

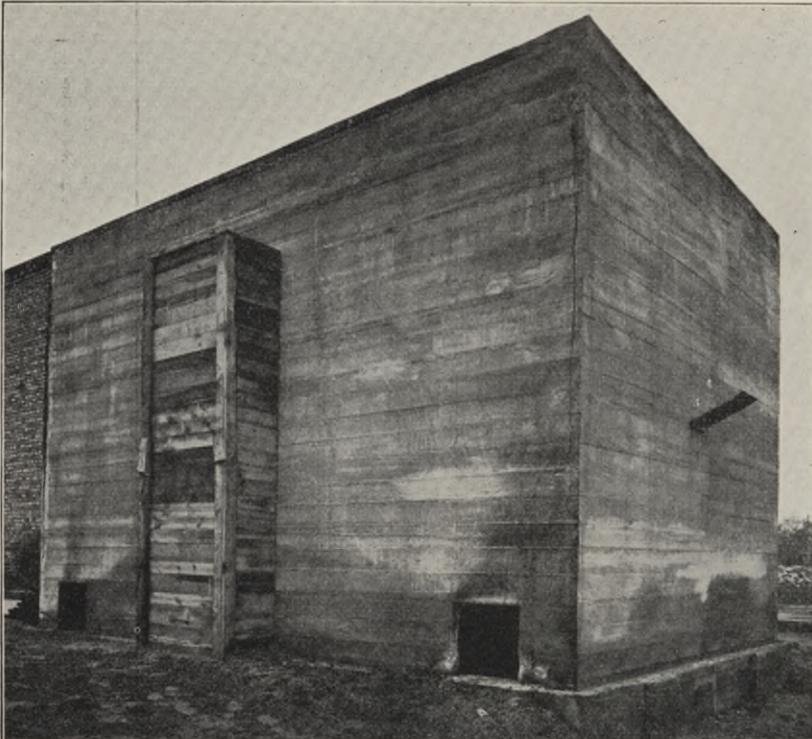


Abb. 16. Haus II nach dem Versuch. Hinterwand und rechte Seitenwand.

Schotter.

Kies (hinter Putz).

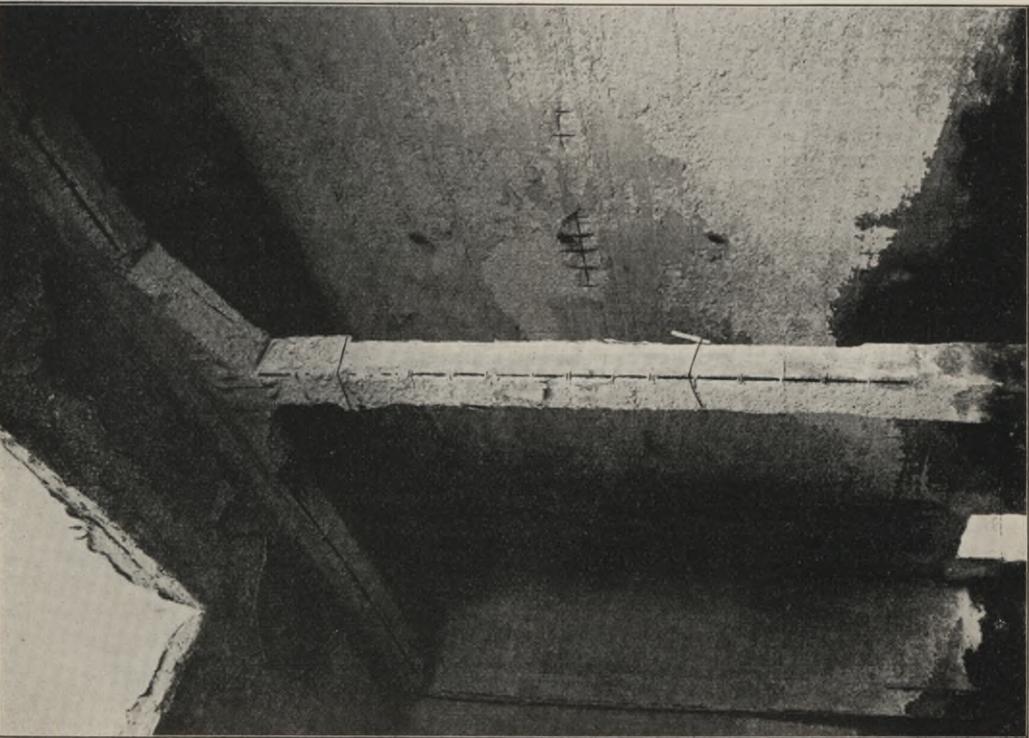
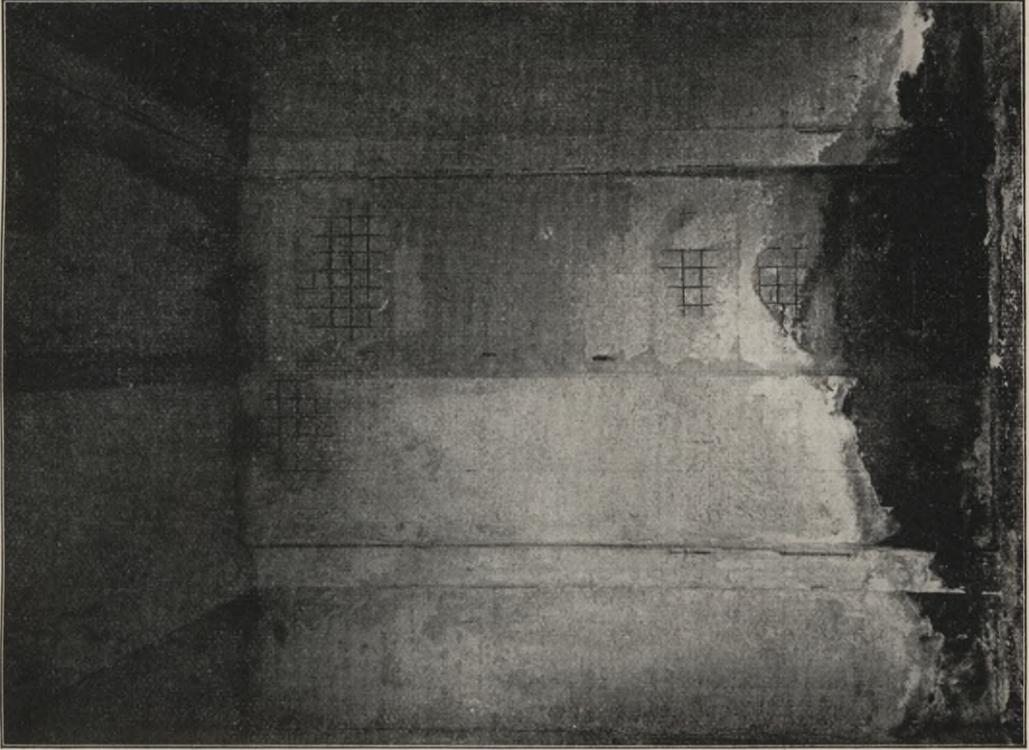


Abb. 19. Haus II. Rückwand innen.

Abb. 18. Haus II. Rechte Wand innen (Schotter).

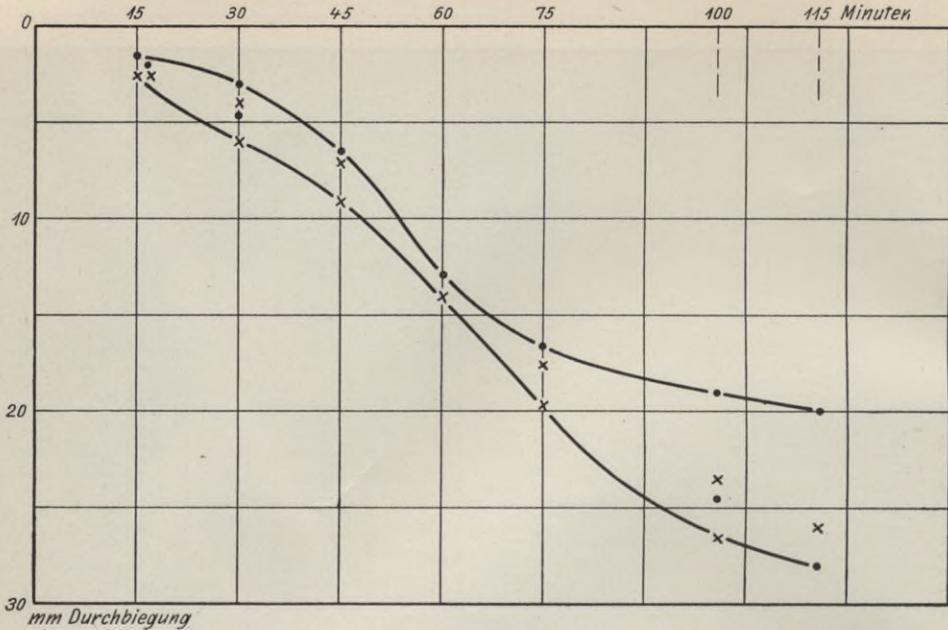


Abb. 20. Durchbiegung der Decken während des Brandes in Haus I und II.

Dabei zeigt sich, daß die Kiesbetondecken stärkere Durchbiegung erlitten haben, als die Kalksteinschotterdecken, was wohl nicht allein auf das stärkere Abplatzen der Kiesbetonteile über den Eisen, sondern auf die stärkere Wärmeleitfähigkeit des Kiesbetons gegenüber dem Kalksteinschotterbeton zurückzuführen ist, die aus den weiter unten geschilderten Beobachtungen deutlich hervorgeht und auch die Ursache der stärkeren Ausbauchung der Kiesbetonwände während des Brandes sein dürfte.

### δ) Die Hitzeentwicklung.

Wie bereits erwähnt, waren die Häuser mit je 24 cbm gespaltenen Scheitholz gefüllt, welches an fünf Stellen gleichzeitig entzündet wurde. Die Steigerung der Hitze war in beiden Häusern eine ziemlich regelmäßige, wie aus Tabelle 4 und den Abb. 21 und 22 hervorgeht, die in den oberen beiden Linienzügen *a* die Messungen mit den Thermoelementen  $T_1$  und  $T_2$  enthalten.

Trotz heftigen Nachfeuerns mit noch etwa 6 cbm Holz bei jedem Versuch gelang es nicht, die Hitze wesentlich über durchschnittlich  $1020\text{ C}^0$  zu steigern. Bei  $T_2$  (nahe der Rückwand des Hauses) entwickelte sich die höchste Wärme. Sie stieg im Haus I bis auf rund  $1040\text{ C}^0$  im Haus II bis auf rund  $1110\text{ C}^0$ . Die Höchstwärme wurde in beiden Fällen nach etwa  $1\frac{3}{4}$  Stunden erreicht, dann fiel die Wärme trotz Nachfeuerns innerhalb 35 Minuten bis auf  $700$  bis  $800\text{ C}^0$ . Bei dieser Wärme wurde das Feuer gelöscht.

Während des Versuchs II war die Windrichtung für die ruhige Flammenentwicklung günstiger, daher die stärkeren Schwankungen der Wärme bei Versuch I. Mit Hilfe der in Schamotteschälchen untergebrachten Metall-Legierungen konnte festgestellt werden, daß im gesamten Innenraum die Höchstwärme, unmittelbar an den Wänden (Säulen, Decken, Schornsteinen) gemessen, nur innerhalb enger Grenzen schwankte.

Die Höchstwärme betrug: (vergl. Abb. 4)

In Haus I	In Haus II
über $954\text{ C}^0$ bei 1, 2, 3, 4, 7 und 9	über $954\text{ C}^0$ bei 1, 2, 4 und 9
„ $1020\text{ C}^0$ „ 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15.	„ $1020\text{ C}^0$ „ 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14 und 15.

Bei Punkt 8 waren in beiden Häusern die Schamotteschälchen mit den Legierungen herabgefallen.

## Befund nach der Abkühlung der Häuser.

Haus I.

Aeußeres Ansehen.

Haus II.

Abb. 9 zeigt die Hinterwand und die linke Seitenwand.

Mit Ausnahme der schadhaften Stellen an der Ecke der Hinterwand, wo die Wand einen durchgehenden Riß aufweist, haben sich die Risse in den Wänden fast sämtlich wieder zusammengezogen, so daß sie nur mit Mühe auffindbar sind. Die rechte Seitenwand und die Vorderwand zeigen das gleiche Aussehen, wie die in Abb. 9 dargestellte linke Seitenwand. Ein starker klaffender Riß ist nur da entstanden, wo sich die Vorderwand von den Seitenwänden gelöst und nach vorn ausgebaucht hat.

### Decken.

Die Decke zeigt den Durchhang, der schon während des Versuches beobachtet wurde. Infolgedessen sind auch an den äußeren Kanten die Risse zwischen Decke und Wänden noch sichtbar.

Der Schornstein ist gut erhalten; die Risse haben sich wesentlich zusammengezogen.

Abb. 15 und 16 zeigen die Hinterwand und die beiden Seitenwände. In den Flächen sämtlicher Wände sind die Risse im großen und ganzen so weit wieder zusammengegangen, daß sie bei oberflächlicher Besichtigung kaum noch erkennbar sind. Auszunehmen sind zwei senkrecht verlaufende Risse in der Hinterwand und die klaffenden Risse an den Verbindungsstellen zwischen Vorderwand und Seitenwänden. Die kreuzweise übereinander liegenden Eisenden haben sich hier voneinander getrennt und die Vorderwand ist nach vorn ausgebaucht.

Der äußere Befund der Decke im Hause II ist derselbe wie im Hause I.

Der Schornstein ist auch hier gut erhalten und die Risse haben sich wesentlich zusammengezogen; nur an den Innenkanten zwischen Schornstein und Decke sind erhebliche Absprengungen entstanden. (Abb. 17 und 18.)

### Die Wände von innen.

Die beiden mit Kiesbeton *a* und mit Kalksteinschotterbeton *b* ausgeführten Hälften des Hauses (2 cm dicke Ueberdeckung der Eisen) haben sich auf der dem Feuer zugekehrten Seite wesentlich verschieden verhalten. Während die rechte Hälfte des Hauses (Neiße-Kiesbeton *a*) nur ganz geringe Absprengungen über den Eisen aufweist und außerdem da, wo der scharfe Wasserstrahl gewirkt hat, geringe Korrosionen in der Oberfläche (bis zu etwa 1 cm Tiefe) entstanden sind, zeigt die linke Seite des Hauses (Kalksteinschotterbeton *b*) wesentlich stärkere Angriffe, und zwar auffälliger Weise da am meisten, wo die nachträglich aufgebrachte Putzschicht gesessen hat. Die Putzschicht ist zum größten Teile zerstört und herabgefallen und auch der Beton ist an einigen Stellen bis hinter die Eisen zerstört und herabgefallen. (Siehe Abb. 10 und 12).

Jedenfalls ist festzustellen, daß der Putz auf dem Kalksteinschotterbeton die Wand nicht geschützt hat.

Die Innenfläche der Vorderwand, die vom Löschwasser nicht berührt wurde, hat im großen und ganzen sich unverändert erhalten, ausgenommen zwei etwa  $\frac{1}{4}$  qm große und 2 cm tiefe Absprengungen im Kiesbeton *a*.

Die mit Elb-Kiesbeton *c* und mit Kalksteinschotterbeton *b* ausgeführten Wände ( $\frac{1}{2}$  cm starke Ueberdeckung der Eisen) haben sich nicht wesentlich verschieden verhalten. In beiden Betonarten hat der Strahl des Hydranten an einzelnen Stellen den Beton über den Eisen abgeworfen, aber in viel geringerem Maße, als im Hause I beobachtet wurde. Einen stärkeren Angriff zeigt hier der Kiesbeton *c*, der stellenweise bis auf 3 cm hinter den Eisen herausgespült wurde, während die Kalksteinschotterwände im großen und ganzen in der Fläche gut erhalten waren und nur etwa  $\frac{1}{2}$  cm tiefe Angriffe (Lösung der Oberschicht) aufweisen. Der Putz an der Hinterwand und der linken Seitenwand (Kiesbeton) hat sich im ganzen gut gehalten. (Abb. 19).

Die Innenfläche der Vorderwand ist so gut erhalten, wie die der Hinterwand, die aus Schotterbeton *b* bestehende Wand besser als die aus Kiesbeton *c* errichtete.

## Säulen und Unterzüge.

Die Säulen und die Unterzüge der Decke haben wesentlich anderes Verhalten gezeigt, als die Wände. Die Säule rechts (Kiesbeton *a*) ist fast auf der ganzen Länge bis auf die Eisen zerstört (Abb. 11) und auch die Unterzüge haben in der Nähe der Säule den Beton über den Eisen verloren. Letztere zeigen zwischen Säule und Wand Durchbiegungen, während an der Säule Ausknickungen nicht wahrnehmbar sind.

Die Säule links (Kalksteinschotterbeton *b* Abb. 10) ist weit weniger in Anspruch genommen und der Unterzug über dieser Säule hat, obgleich der Beton an verschiedenen Stellen über den Eisen abgefallen ist, anscheinend geringere Durchbiegung. Im allgemeinen ist der Kiesbeton *a* in der Säule bis auf etwa 2 cm Tiefe zerstört, während in der Säule aus Kalksteinschotterbeton *b* die Zerstörung, abgesehen von den losgesprungenen Ecken, auf höchstens  $\frac{1}{2}$  cm Tiefe feststellbar ist.

Die Säulen und Unterzüge sind etwas stärker angegriffen als die Wände, aber auch bei ihnen zeigt sich die Ueberlegenheit des Schotterbetons *b* gegenüber dem Elbkiesbeton *c*.

Während bei den Säulen *b* (wie bei *c*) die nur  $\frac{1}{2}$  cm dicke Ueberdeckung der Kanten bis auf geringe Reste verschwunden ist, hat sich bei *b* die Ueberdeckung der Bügel noch gehalten; bei *c* ist sie im ganzen unteren Teil der Säule abgefallen. (Abb. 17 und 18.)

Auch der Unterzug aus dem Schotterbeton *b* hat zwar die Kanten über den Längseisen verloren, die Bügel sind aber größtenteils noch von der dünnen Betonschicht bedeckt und der Kopf der Säule ist abgesehen von leichten Zermürbungen der Oberfläche fast völlig erhalten. (Abb. 18.)

Der Unterzug aus dem Elbkiesbeton *c* dagegen hat wie der zugehörige Säulenkopf große Stücke verloren, so daß Längs- und Quereisen auf einzelnen Strecken bloßliegen. Die Durchbiegung beider Unterzüge ist nahezu dieselbe.

## Ergebnisse der Messung des Wärmedurchganges.

Die Messung des Wärmedurchganges im Beton hat zu interessanten Ergebnissen geführt. Die Ablesungen an den Thermometern  $t_1$   $t_2$   $t_3$  sind in Tabelle 4 zusammengestellt und in den Linienzügen *b* in Abb. 21 und 22 aufgetragen. Im Haus I sind die Thermometer im Kiesbeton, im Haus II im Kalksteinschotterbeton. Der Verlauf der Linienzüge *b* in Abb. 21 und 22 zeigt charakteristische Unterschiede. Der Kiesbeton hat sich im Innern während  $1\frac{3}{4}$  stündiger Erhitzung langsam und gleichmäßig erwärmt, und zwar betrug die Unterschiede zwischen der Wärme 1 cm von der vom Feuer bespülten Fläche der Wand und 5 cm hinter dieser Fläche fast gleichmäßig nur etwa 20 C<sup>0</sup>, dann aber trat eine Aenderung ein, insofern, als, obgleich die Hitze im Hause zu sinken begann und gleichmäßig vor der Wand bis auf 770 C<sup>0</sup> sank, der Beton der Wand sich anschwelkend weiter erwärmte und zwar in steigendem Fortschritt um so mehr, je näher die Meßstelle dem Feuer lag. Nach 2 Stunden 20 Minuten, als das Feuer gelöscht wurde, betrug die Wärme der Wand 1 cm von der Innenfläche bereits 390 C<sup>0</sup>, und auch die Wärme 5 cm von der Innenfläche betrug schon 160 C<sup>0</sup>. Der Kiesbeton wird also zum guten Wärmeleiter, wenn er erst bis auf etwa 100 C<sup>0</sup> erhitzt ist. Leider sind die Messungen bei diesem Versuch mit dem Ablöschen des Feuers abgebrochen worden; beim 2. Versuch mit Haus II wurden sie aber fortgesetzt.

Im Haus II, im Kalksteinschotterbeton, ergab sich ein ganz anderes Bild. (22). Der Beton erwärmte sich auch hier anfangs gleichmäßig fortschreitend aber nur bis zu etwa  $1\frac{1}{4}$  stündiger Brenndauer des Feuers, dann begann eine schnellere Erwärmung Platz zu greifen, die um so mehr zunahm, je näher die Meßstelle dem Feuer lag, so daß beim Fallen der Hitze im Hause nach  $1\frac{3}{4}$  Stunden die Erwärmung des Betons 1 cm von der Innenfläche der Wand rund 200 C<sup>0</sup>, 5 cm

von der Innenfläche der Wand nur rund  $100\text{ C}^0$  betrug; auch dann stieg die Wärme trotz fallender Temperatur im Innern des Hauses noch weiter, aber in allmählich sich verringender Steigung; etwa 10 Minuten nach dem Löschen des Feuers beginnt schon die Hitze langsam und gleichmäßig wieder zu fallen. Die Abkühlung bis auf etwa  $100\text{ C}^0$  dauerte rund 3 Minuten, vom Löschen des Feuers an.

Tabelle 4.

Während der Brandproben gemessene Wärmegrade in  $\text{C}^0$ 

Haus I.						Haus II.					Bemerkungen
Brennzeit Minuten	$T_1$	$T_2$	Deckung			$T_1$	$T_2$	Deckung			
			$\frac{5\text{ cm}}{t_1}$	$\frac{3\text{ cm}}{t_2}$	$\frac{1\text{ cm}}{t_3}$			$\frac{5\text{ cm}}{t_1}$	$\frac{3\text{ cm}}{t_2}$	$\frac{1\text{ cm}}{t_3}$	
—	—	—	4	4,2	4,2	—	—	2,8	2,4	3,5	Beginn d. Versuche
5	30	40	—	—	—	70	100	—	—	—	
10	100	90	—	—	—	120	150	—	—	—	
15	150	120	7,8	10,0	19,0	180	230	6,8	10,0	16,8	
20	250	160	—	—	—	250	270	—	—	—	
25	350	210	—	—	—	310	330	—	—	—	
30	400	250	24,8	26,9	40,2	380	370	19,5	29,0	35,8	
35	480	290	—	—	—	470	400	—	—	—	
40	560	330	—	—	—	560	450	—	—	—	
45	570	380	39,0	41,0	54,7	610	570	35,5	49,0	59,5	
50	550	410	—	—	—	700	680	—	—	—	
55	630	440	—	—	—	720	680	—	—	—	
60	740	430	51,0	55,0	69,0	770	740	55,0	74,0	92,0	
65	800	430	—	—	—	830	760	—	—	—	
70	810	460	—	—	—	880	810	—	—	—	
75	820	480	64,5	72,2	85,0	860	910	79,0	98,0	99,0	
80	820	510	—	—	—	860	930	—	—	—	
85	830	560	—	—	—	910	960	—	—	—	
90	790	610	79,0	89,0	97,0	920	1030	98,5	105,0	151,0	
95	740	870	—	—	—	940	1040	—	—	—	
100	820	970	—	—	—	960	1090	—	—	—	
105	870	1040	97,8	98,0	116,0	960	1110	104,0	132,0	200,0	
110	910	1040	—	—	—	930	1000	—	—	—	
115	990	1020	—	—	—	900	980	—	—	—	
120	980	1010	111	131	188	850	900	127,5	184,5	277,5	
125	900	970	—	—	—	870	870	—	—	—	
130	830	940	—	—	—	870	830	—	—	—	
135	820	870	145	175	268	780	780	145,5	213,5	310,0	
140	770	840	163	194	390	750	760	152,5	221,0	327,0	abgelöscht
5	—	—	176	210	400	—	—	161,0	230,0	340,0	} Minuten nach dem Ablöschen
15	—	—	—	—	—	—	—	180,0	243,0	325,0	
25	—	—	215	233	360	—	—	190,0	244,5	285,0	
40	—	—	—	—	—	—	—	189,0	228,0	235,0	
55	—	—	—	—	—	—	—	185,0	217,0	214,0	
70	—	—	—	—	—	—	—	169,0	190,0	186,0	
85	—	—	—	—	—	—	—	160,0	178,0	172,0	
100	—	—	—	—	—	—	—	145,0	162,0	157,0	
115	—	—	—	—	—	—	—	135,0	152,0	145,0	
130	—	—	—	—	—	—	—	125,0	138,0	132,0	
145	—	—	—	—	—	—	—	110,0	124,0	119,0	

Das verschiedene Verhalten der beiden Betonstoffe ist so charakteristisch, daß es sich empfehlen dürfte, auch noch mit anderen Betonarten ähnliche Versuche anzustellen.

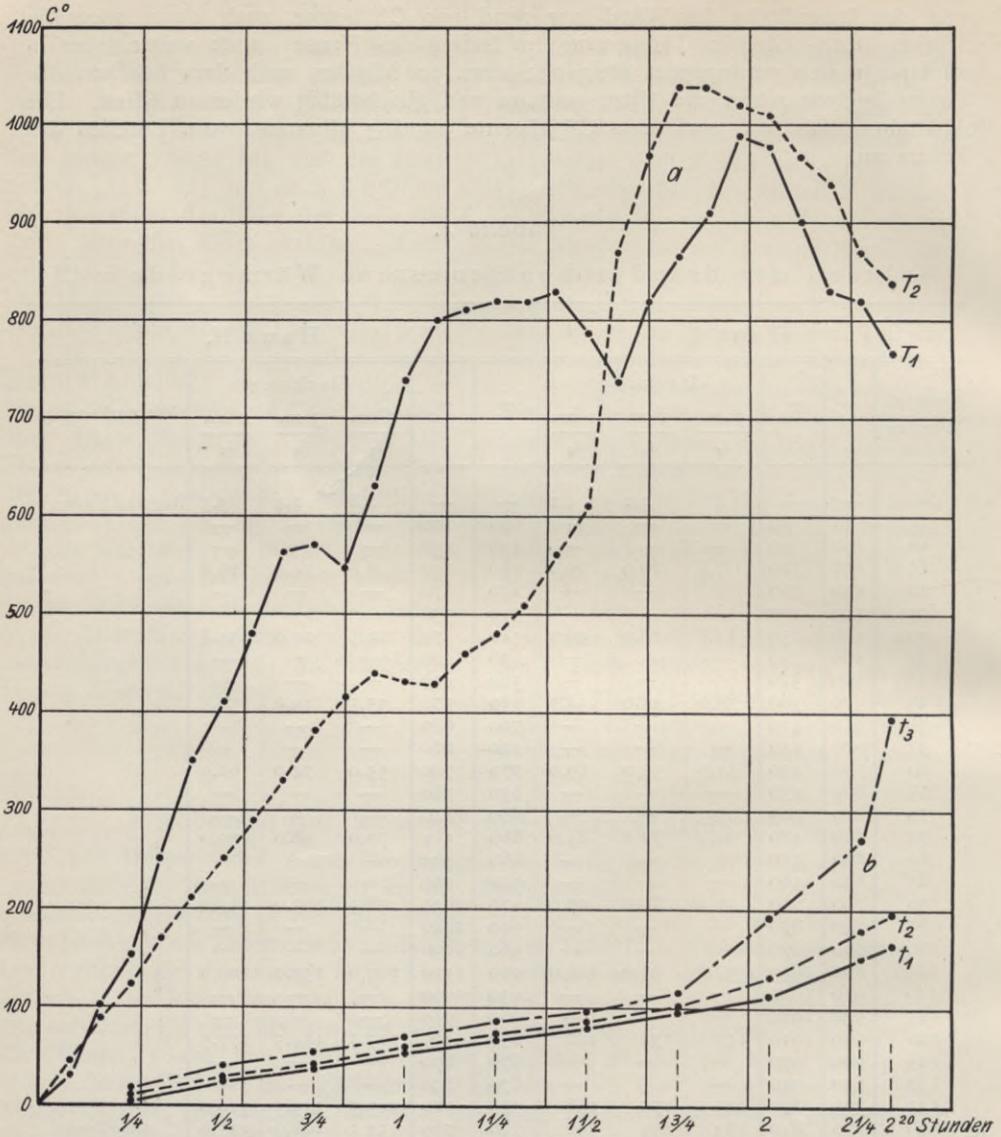


Abb. 21. Wärmeänderung beim Versuch mit Haus I.  
a) im Innern des Gebäudes, b) im Beton der Hinterwand.

Die Messungen im Innern der dem Feuer ausgesetzten Würfel waren nicht fein genug, um die gleichen Unterschiede zwischen den Betonarten erkennen zu lassen. Es ließ sich (nach dem Zerdrücken der Würfel) nur feststellen, daß in der Mitte der 30 cm Würfel 93 C° als Höchstwärme nicht erreicht worden sind, während in der Mitte der 20 cm Würfel diese Wärme überschritten war (Die Wordsche Legierung geschmolzen) 111 C° aber nicht erreicht (Schwefel nicht geschmolzen). Die neben der rechten Seitenwand des Hauses II aufgeschichtete Holzwohle ist nicht in Brand geraten und hat auch keine Bräunung oder sonstige sichtbare Veränderung gezeigt. An Haus I geriet das Holzgestell von oben aus (vermutlich durch den Spalt zwischen Decke und Wand) in Brand.

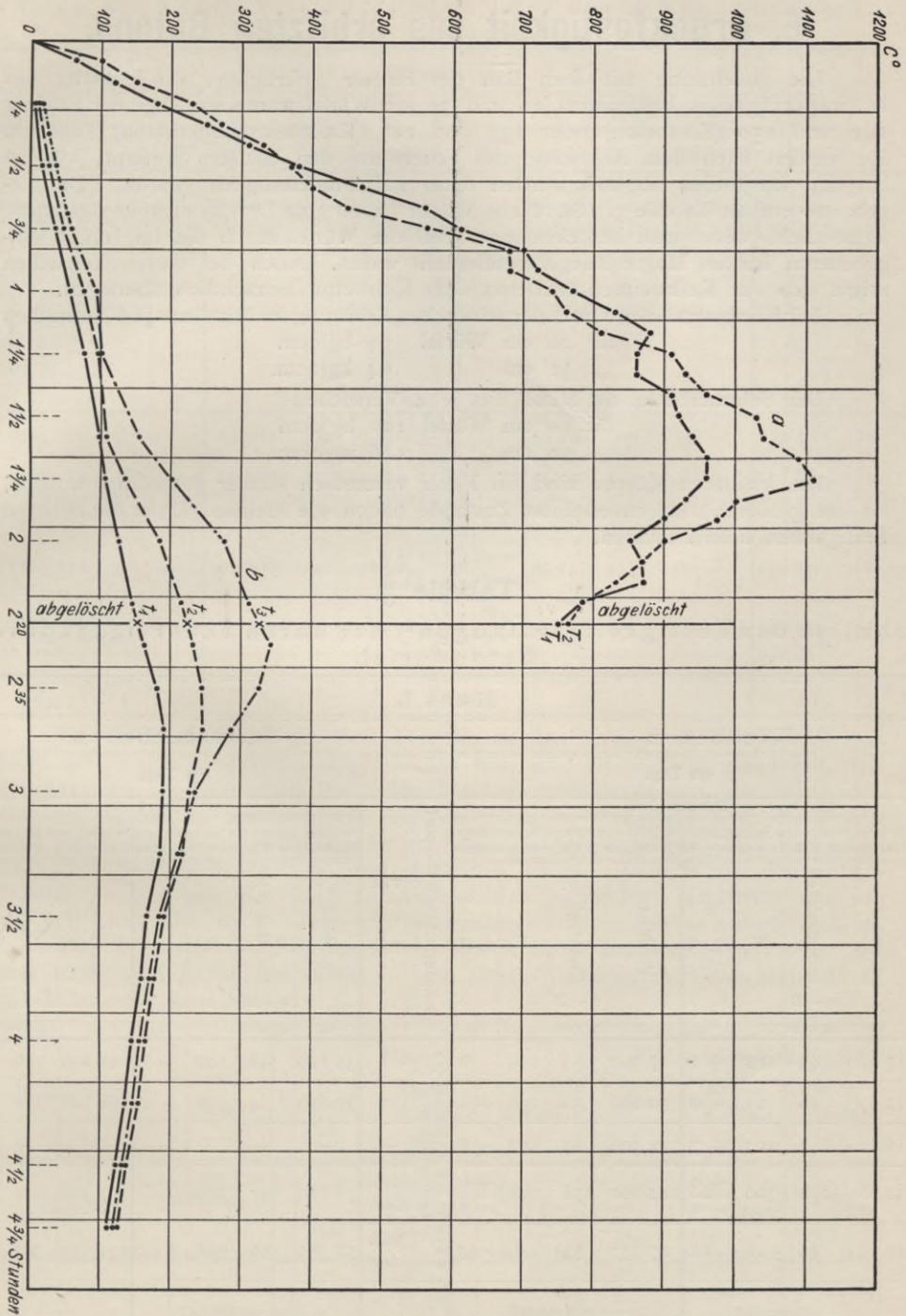


Abb. 22. Wärmeänderung beim Versuch mit Haus II.  
 a) im Innern des Gebäudes, b) im Beton der Hinterwand.

## E. Druckfestigkeit des erhitzten Betons.

Die gleichzeitig mit dem Bau der Häuser gefertigten, zur Messung des Wärmedurchganges bestimmten 20 und 30 cm Würfel waren am Tage der Prüfung 142 und 150 (Kiesbeton) oder 137 und 143 (Kalksteinschotterbeton) Tage alt. Sie wurden nach dem Ablöschen des Feuers aus den Häusern entfernt, kühlten langsam im Freien ab und wurden dann auf Druckfestigkeit geprüft. Die Ergebnisse enthält Tabelle 5. Sämtliche Würfel haben gute Druckfestigkeiten geliefert, namentlich, wenn man berücksichtigt, daß die Würfel durch die im Innern eingebetteten hohlen Magnesittiegel geschwächt waren. Auch bei diesen Versuchen zeigte sich der Kalksteinschotterbeton dem Keisbeton beträchtlich überlegen.

Der Kiesbeton lieferte trotz der schwachen Erhitzung im Mittel aus je 6 Versuchen

für 20 cm Würfel 59 kg/qcm  
 „ 30 cm „ 64 kg/qcm.

Der Schotterbeton im Mittel aus je 4 Versuchen

für 20 cm Würfel 102 kg/qcm  
 „ 30 cm „ 126 kg/qcm.

Die kleineren Körper sind im Feuer vermutlich stärker geschädigt worden, als die größeren; im unversehrten Zustande hätten die kleinen Würfel die höheren Festigkeiten liefern müssen.

Tabelle 5.

Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen<sup>1)</sup> der durch Feuer beanspruchten Betonwürfel.

		Haus I.																
		Kiesbeton						Schotterbeton										
Alter der Proben		142 Tage						137 Tage										
Mischungsverhältnis Raumenteil	Ver-such Nr.	Druckproben						Druckproben										
		Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm			Würfel von 30 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 900 qcm			Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm			Würfel von 30 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 900 qcm							
		Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A	Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A	Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A					
		kg	σ-B kg/qcm	%		kg	σ-B kg/qcm	%		kg	σ-B kg/qcm	%						
1 Zement + 4 „Neifecktes“	1	17 870	45	102	+ 2	47 300	53	100	0	1	39 120	98	102	+ 2	98 800	110	97	- 3
	2	15 970	40	91	- 9	50 200	56	106	+ 6	2	37 650	94	98	- 2	104 500	116	103	+ 3
	3	18 820	47	107	+ 7	44 500	49	92	- 8	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Summen	52 660	132	300	+ 9 - 9	142 000	158	298	+ 6 - 8	Summen	76 770	192	200	+ 2 - 2	203 300	226	200	+ 3 - 3
	Mittel	17 553	44	± A <sub>m</sub> = 6,0	47 333	53	± A <sub>m</sub> = 4,7		Mittel	38 385	96	± A <sub>m</sub> = 2,0	101 650	113	± A <sub>m</sub> = 3,0			
		$\frac{1}{A_m} \cdot n = 0,5$			$\frac{1}{A_m} \cdot n = 0,6$					$\frac{1}{A_m} \cdot n = 1,0$			$\frac{1}{A_m} \cdot n = 0,7$					

<sup>1)</sup> Der Druck wurde senkrecht zur Stampfrichtung ausgeübt. Es bedeutet: V = Verhältnis der Einzelwerte zum Mittelwert, dieser = 100 gesetzt. ± A = Abweichung vom Mittelwert in %. n = Anzahl der Versuche.

Tabelle 5.

Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen<sup>1)</sup> der durch Feuer beanspruchten Betonwürfel.

Haus II.

Kiesbeton										Schotterbeton									
Alter der Proben		150 Tage										143 Tage							
Mischungsverhältnis Raunteil	Ver-such Nr.	Druckproben				Druckproben				Mischungsverhältnis Raunteil	Ver-such Nr.	Druckproben				Druckproben			
		Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm				Würfel von 30 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 900 qcm						Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm				Würfel von 30 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 900 qcm			
		Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A	Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A			Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A	Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A
		kg	σ-B kg/qcm	%		kg	σ-B kg/qcm	%				kg	σ-B kg/qcm	%		kg	σ-B kg/qcm	%	
1 Zement + 4 „Elbkies“	1	27 850	70	100	0	65 900	73	97	-3	1 Zement + 2 Mauersand + 2 Kalksteinschotter	1	40 100	100	93	-7	117 300	130	94	-6
	2	25 470	64	91	-9	68 800	76	101	+1		2	45 050	113	106	+6	132 800	148	106	+6
	3	30 790	77	110	+10	67 300	75	100	0		3	—	—	—	—	—	—	—	—
	Summen	84 110	211	301	$\frac{+10}{-9}$	202 000	224	298	$\frac{+1}{-3}$		Summen	85 150	213	199	$\frac{+6}{-7}$	250 100	278	200	$\frac{+6}{-6}$
	Mittel	28 037	70	±Am = 6,3		67 333	75	±Am = 1,3			Mittel	42 575	107	±Am = 6,5		125 050	139	±Am = 6,0	
		$\frac{1}{\Delta_m} \cdot n = 0,5$				$\frac{1}{\Delta_m} \cdot n = 2,3$						$\frac{1}{\Delta_m} \cdot n = 0,3$				$\frac{1}{\Delta_m} \cdot n = 0,3$			

Da die Bestimmung der Festigkeit des zu den Häusern verwendeten Betons nicht mit in den Arbeitsplan aufgenommen war, sind leider nicht gleichzeitig mit den Häusern aus demselben Beton Druckproben gefertigt worden, die neben den Häusern stehend im Freien hätten er härten sollen, um Aufschluß über die Festigkeit der beiden Betonarten ohne Feuerbeanspruchung zu geben. Das Versäumte ist später nachgeholt und es sind 3 Reihen Körper, je 4 Würfel von 20 cm Seitenlänge (so weit das noch vorhandene Material reichte), angefertigt und am 29. Mai 1911 also nach Tagen geprüft worden. Die Ergebnisse enthält Tab. 6.

Der Vergleich der Ergebnisse der durch Feuer beanspruchten Proben mit den nicht vom Feuer beeinflussten, wird durch nachfolgende Zusammenstellung der Mittelwerte erleichtert,

Beanspruchung	im Haus	Alter Tage	Kiesbeton		Kalksteinschotterbeton		
			20 cm Würfel σB	30 cm Würfel σB	Alter Tage	20 cm Würfel σB	30 cm Würfel σB
Durch Form	I (Neifsekies)	142	44	53	137	96	113
	II (Elbkies)	150	70	75	143	107	139
—	—	116	N. 174 E. 167	—	116	246	—

wobei besonders darauf hingewiesen werden muß, daß die nicht durch Feuer beanspruchten — nachträglich gefertigten — Würfel bei der Prüfung etwa 1 Monat jünger waren, als die anderen.

<sup>1)</sup> Der Druck wurde senkrecht zur Stampfrichtung ausgeübt. Es bedeutet; V = Verhältnis der Einzelwerte zum Mittelwert, dieser = 100 gesetzt. ± A = Abweichung vom Mittelwert in %, n = Anzahl der Versuche.

Es zeigt sich, daß der Kalksteinschotterbeton etwa 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, der Kiesbeton aber etwa 65<sup>0</sup>/<sub>0</sub> seiner ursprünglichen Festigkeit durch das Feuer eingeüßt hat. Der Neißekies (im Haus I) scheint etwas stärker gelitten zu haben als der Elbkies (im Haus II), doch kann das auf stärkere Feuerwirkung in Haus I zurückzuführen sein und braucht nicht notwendig der Kiesart zur Last zu fallen; auch die Kalksteinschotterwürfel haben ja wie Haus I etwas mehr Einbuße an Festigkeit erlitten, als in Haus II.

Tabelle 6.

Ergebnisse der Druck-Festigkeitsprüfungen<sup>1)</sup> der nachträglich aus dem Beton gefertigten Würfel 116 Tage alt.  
(ohne Feuerbeanspruchung).

Mischungsverhältnis Raumteile	Ver- such Nr.	Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm				Mischungsverhältnis Raumteile	Ver- such Nr.	Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm				Mischungsverhältnis Raumteile	Ver- such Nr.	Würfel von 20 cm Seitenlänge Gedrückte Fläche = 400 qcm			
		Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A			Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A			Bruchlast	Druckfestigkeit	V	± A
1 Zement : 4 Elbkies	1	65 550	164	98	— 2	1 Zement : 4 Neißekies	1	67 550	169	97	— 3	1 Zement : 2 S : 2 Kalksteinsch.	1	95 550	239	97	— 3
	2	64 550	161	96	— 4		2	66 050	165	95	— 5		2	101 200	253	103	+ 3
	3	65 550	164	98	— 2		3	72 600	182	105	+ 5		3	99 650	249	101	+ 1
	4	71 100	178	107	+ 7		4	71 100	178	102	+ 2		4	97 050	243	99	— 1
	Summen	266 750	667	399	+ 7 — 8		Summen	277 300	694	399	+ 7 — 8		Summen	393 450	984	200	+ 4 — 4
	Mittel	66 688	167	—	± A <sub>m</sub> = 3,8		Mittel	69 325	174	—	± A <sub>m</sub> = 3,8		Mittel	98 363	246	—	± A <sub>m</sub> = 2,0
		$\frac{1}{A_m} \cdot n = 1,1$						$\frac{1}{A_m} \cdot n = 1,1$						$\frac{1}{A_m} \cdot n = 2,0$			

Von Interesse ist vielleicht noch, daß bei Gelegenheit des Baues eines Hauses aus Stampfbeton in der Mischung

1 Rtl. Zement + 3 Rtl. Sand + 3 Rtl. Kalksteinschotter (20 — 40 mm) nach 70 Tagen Alter folgende Festigkeiten ermittelt wurden:

Druckfestigkeit des Betons  $\left\{ \begin{array}{l} \text{in eiserne Formen gestampft} \quad 202 \text{ kg/qcm} \\ \text{aus dem Haus geschnitten} \quad 120 \text{ kg/qcm.} \end{array} \right.$

## Schlusfolgerungen.

Aus den Versuchen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen, die indessen auf ihre Allgemeingültigkeit noch nachzuprüfen wären

1. Auf die Standfestigkeit eines Eisenbetonhauses ist es im Falle eines gewöhnlichen Schadenfeuers ohne nennenswerten Einfluß, ob die Ueberdeckung der Eiseneinlagen mit Beton 2 cm oder nur 0,5 cm dick ist. Auch die 0,5 cm dicke Ueberdeckung vermag die in den Wänden liegenden Eisen ausreichend lange vor starker Erwärmung zu schützen.

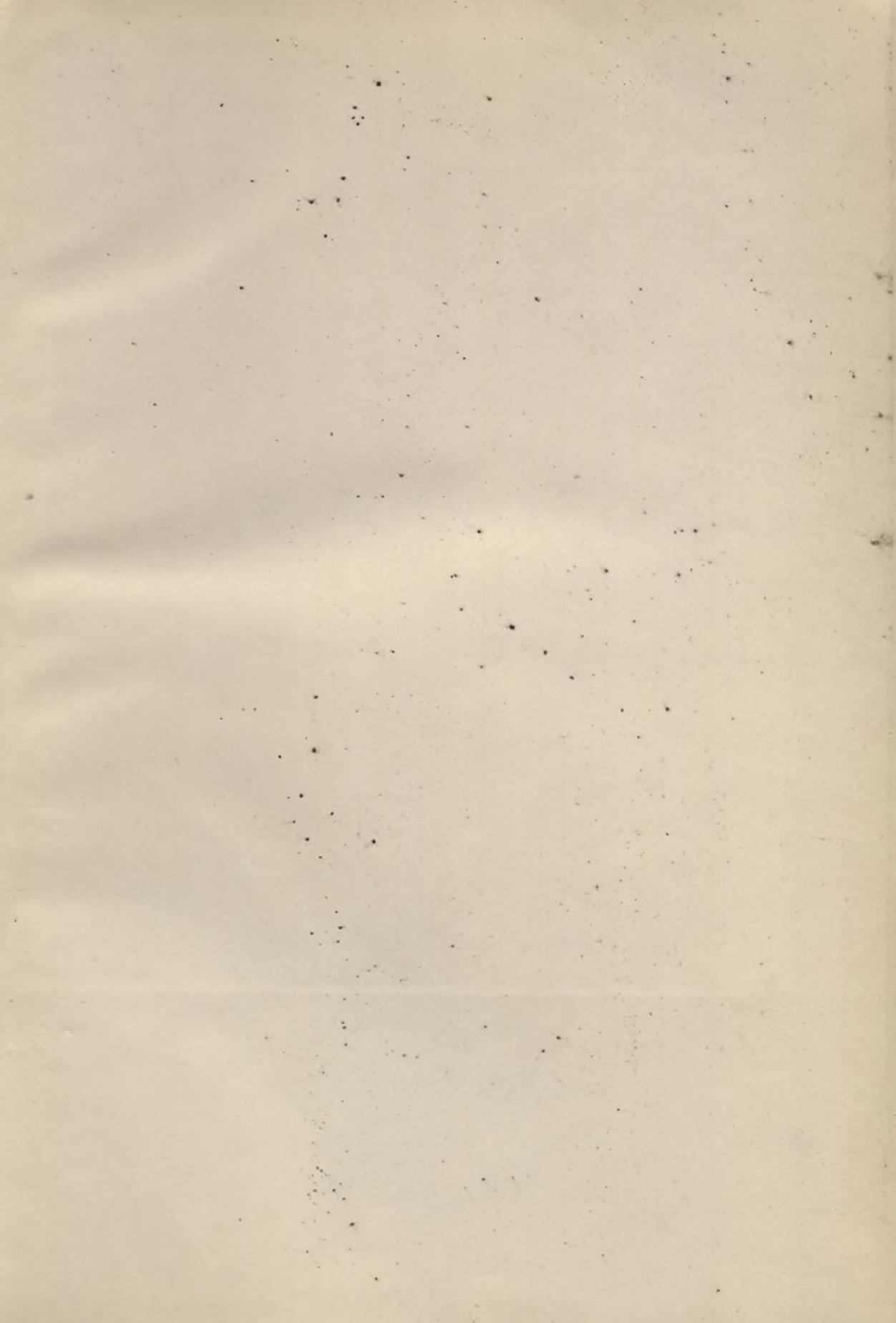
<sup>1)</sup> Der Druck wurde senkrecht zur Stampfrichtung ausgeübt.

Es bedeutet V = Verhältnis der Einzelwerte zum Mittelwert, dieser = 100 gesetzt. ± A = Abweichung vom Mittelwert in % . n = Anzahl der Versuche.

2. Der Kalksteinschotterbeton ist dem Flußkiesbeton in bezug auf Langsamkeit der Wärmeübertragung und Haltbarkeit der Ueberdeckung der Eisen im Feuer und gegenüber dem Löschwasser überlegen.
  3. Die Verbindung an ihren Enden sich kreuzender Eisenstäbe nur mit Bindedraht hat sich, wie vorauszusehen war, nicht als ausreichend erwiesen, um den Wärmedehnungen stand zu halten. Die Eisen müssen, wenn dieser Zweck erreicht werden soll, untereinander verhakt werden.
  4. Die Haltbarkeit der dem Feuer zugekehrten Flächen leidet, wenn der Beton an der Außenhaut und über den Eisen zu dicht wird. Schalenförmige Absprengungen durch Bildung von Wasserdampf innerhalb des Betons sind die Folge.
  5. Bei richtiger Konstruktion der Decken, Unterzüge und Stützen vermögen die Decken auch im Feuer höhere Lasten als die Nutzlast zu tragen, ohne dem Feuer den Durchgang in die Obergeschosse zu gestatten.
  6. Im allgemeinen ist nicht anzunehmen, daß ein richtig konstruiertes und gut ausgeführtes Eisenbeton-Gebäude durch ein Schadenfeuer zerstört werden kann. In der Regel werden bei örtlichem Brande in einem Betongebäude die dem Brandherd benachbarten Räume ohne Gefahr betreten werden können. Die in solchen Räumen lagernden brennbaren Gegenstände werden in der Regel vom Feuer nicht angegriffen oder beschädigt werden.
-

20,00

The following is a list of the names of the persons who have been  
 named in the report of the committee on the subject of the  
 proposed amendment to the constitution of the State of New York.  
 The names are given in the order in which they were named in the  
 report, and are followed by the names of the persons who have  
 been named in the report as having been named in the report.  
 The names of the persons who have been named in the report as  
 having been named in the report are given in the order in which  
 they were named in the report, and are followed by the names of  
 the persons who have been named in the report as having been  
 named in the report.



50.00





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307326

6

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313427

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE

BIBLIOTEKA

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307179

5

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307327

4

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313428

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307328

8

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313429

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307329

9

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313430

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307330

10

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313431

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307331

11

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313432

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307332

12

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313433

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300775