



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300776

## Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

Heft 22. Versuche über das Rosten von Eisen in Mörtel und Mauerwerk. Ausgeführt in Berlin-Lichterfelde-West. Von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königl. Materialprüfungsamt.  
1913. Mit 15 Abb. und 5 Tabellen.

Geh. Preis 2,80 M.

Heft 23. Untersuchungen über die Längenänderungen von Betonprismen beim Erhärten und infolge von Temperaturwechseln. Ausgeführt in Berlin-Lichterfelde-West. Von Professor **M. Rudeloff**, Geheimer Regierungsrat, Direktor im Königlichen Materialprüfungsamt, unter Mitwirkung von Dr.-Ing. **H. Sieglerschmidt**, Assistent der Abteilung für Metallprüfung.  
1913. Mit 36 Textabb. und 32 Zusammenstellungen.

Geh. Preis 5,60 M.

Heft 24. Spannung  $\sigma_{bs}$  des Betons in der Zugzone von Eisenbeton-Balken unmittelbar vor der Rißbildung. Von Dr.-Ing. **C. Bach**, Königl. württ. Baudirektor, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt an der Königl. Technischen Hochschule in Stuttgart und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.  
1913. Mit 13 Textabb. und 6 Zusammenstellungen.

Geh. Preis 2,80 M.

Heft 25. Wahl des Größenwertes der Elastizitätsverhältniszahl  $n$  für die Berechnung von Eisenbetonträgern. Von **M. Möller**, Geheimer Hofrat, Professor an der Technischen Hochschule in Braunschweig und Dipl.-Ing. **M. Brunkhorst**, Assistent an der Hochschule.  
1913. Mit 2 Textabb.

Geh. Preis 1 M.

Heft 26. Belastung und Abbruch von zwei Eisenbetonbauten im Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde-West. Nachtrag zu der Veröffentlichung über Brandproben an Eisenbetonbauten (Heft 11). Ausgeführt in Berlin-Lichterfelde-West. Von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.  
1913. Mit 11 Textabb.

Geh. Preis 1,20 M.

Heft 27. Gesamte und bleibende Einsenkungen von Eisenbeton-Balken. Verhältnis der bleibenden zu den gesamten Einsenkungen. Von Dr.-Ing. **C. Bach**, Königl. württ. Staatsrat, Professor des Maschineningenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt an der Königl. Technischen Hochschule in Stuttgart und **O. Graf**, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt.  
1914. Mit 58 Textabb. und 47 Zusammenstellungen.

Geh. Preis 2,40 M.

Heft 28. Untersuchung von Eisenbeton-Säulen mit verschiedenartiger Querbewehrung. DRITTER TEIL. (Fortsetzung zu Heft 5 und 21.) Ausgeführt in Berlin-Lichterfelde-West. Von Professor **M. Rudeloff**, Geheimer Regierungsrat, Direktor im Königlichen Materialprüfungsamt.  
1914. Mit 47 Textabb.

Geh. Preis 8,40 M.

Heft 29. Die vorschriftsmäßige Zusammensetzung des Betongemenges nach den Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton. Bericht über Versuche im Königlichen Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde-West. Erstattet von Professor **M. Gary**, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt.  
1915. Mit 16 Textabb.

Geh. Preis 2,20 M.



XXX  
986



DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR EISENBETON

UNTERSUCHUNGEN

von

EISENBETONSÄULEN

MIT VERSCHIEDENARTIGER QUERBEWEHRUNG

DRITTER TEIL. (FORTSETZUNG ZU HEFT 5 UND 21)

AUSGEFÜHRT IM

KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT

ZU

BERLIN-LICHTERFELDE-WEST

IN DEN JAHREN 1913 UND 1914.

BERICHT ERSTATTET VON

PROFESSOR M. RUDELOFF

GEHEIMER REGIERUNGSRAT

DIREKTOR IM KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMT.

MIT 67 TEXTABBILDUNGEN.

BERLIN 1914

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN



III-307180

Alle Rechte vorbehalten.

3PM-B-244/2018

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>I. Arbeitsplan . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>II. Die verwendeten Baustoffe . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>III. Die Herstellung der Säulen . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>IV. Die Prüfung des Betons . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>V. Versuche mit den Säulen . . . . .</b>	<b>12</b>
1. Die Einrichtungen zur Ermittlung der Formänderungen . . . . .	13
2. Versuchsergebnisse . . . . .	16
A. Vergleich der verschiedenenartigen Querbewehrungen bei gleicher Längsbewehrung.	
1. Säulen mit quadratischem Querschnitt . . . . .	16
a) Die Querdehnungen bei wachsender Belastung . . . . .	16
b) Längenänderungen der Längseisen in den Säulen mit quadratischem Querschnitt . . . . .	39
c) Längenänderungen des Betons in den Säulen mit quadratischem Querschnitt . . . . .	46
d) Aenderung der Gesamtlänge der Säulen mit quadratischem Querschnitt . . . . .	46
e) Die Festigkeit der quadratischen Säulen . . . . .	46
2. Achtseitige Säulen . . . . .	49
a) Längenänderungen des Betons in den achtseitigen Säulen . . . . .	50
b) Aenderung der Gesamtlänge der Säulen . . . . .	51
c) Die Festigkeit der achtseitigen Säulen . . . . .	53
α) Einfluß der Bewehrungen aus Eisen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser . . . . .	53
β) Bewehrung mit Spiralen aus Eisen von verschiedenem Durchmesser . . . . .	55
d) Lage des Bruches . . . . .	55
3. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	56
<b>VI. Einfluß der fetteren Beton-Mischung. (Reihe B.) . . . . .</b>	<b>58</b>
a) Die Querdehnung bei wachsender Belastung . . . . .	58
b) Längenänderungen der Längseisen . . . . .	59
c) Längenänderungen des Betons in den Säulen . . . . .	60
d) Aenderung der Gesamtlänge der Säulen . . . . .	61
e) Die Festigkeit der Säulen . . . . .	61
f) Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	62
<b>VII. Unterschied in der Wirkung der Umschnürung bei vollen und hohlen Säulen. (Reihe C.) . . . . .</b>	<b>62</b>

<b>VIII. Einfluß des Betons außerhalb der Umschnürung. (Reihe D.)</b>	<b>67</b>
<b>IX. Ergänzungsversuche</b>	<b>72</b>
1. Einfluß der Herstellung der Ringe und Spiralen auf die Festigkeitseigenschaften der Bewehrungseisen	73
A. Das Versuchsmaterial	73
B. Die Herstellung der Ringe und Spiralen	74
C. Versuchsergebnisse	74
2. Einfluß der Festigkeitseigenschaften des Eisens für die Querbewehrungen auf die Druckfestigkeit der Säulen	75
3. Vergleich der Bewehrungen mit Ringen und Spiralen aus Eisen von 1,2 cm Durchmesser	81
4. Das Verhalten der Längseisen im erhärtenden Beton	83
<b>X. Schlußwort</b>	<b>83</b>
<b>Tabelle 1 bis 76</b>	<b>87—173</b>

---

# Untersuchung

von

## Eisenbeton-Säulen mit verschiedenartiger Querbewehrung auf Druckfestigkeit.

Ausgeführt vom Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde in den Jahren  
1913—1914.

### I. Arbeitsplan.

Durch die Untersuchungen, über die ich in Heft 21 berichtet habe, ist festgestellt:

1. daß zur Erzielung des größten Wirkungsgrades der Bewehrung in Eisenbetonsäulen das Anbringen von verstärkten Köpfen an den Säulen wohl entbehrlich ist, daß aber hierzu die Längseisen bis auf etwa 2—3 mm an die Druck- oder Endflächen der prismatischen Probestücke herangeführt werden müssen, und
2. daß die Herstellung der Säulen in hölzernen Formen das Ergebnis dadurch beeinflussen kann, daß die Formwandungen dem Beton Wasser in wechselndem Maße entziehen.

Da nun bei den früheren Versuchen (s. Heft 5) der Abstand der Endflächen der Längseisen von den Druckflächen 10 mm betragen hatte und hölzerne Formen verwendet waren, so beschloß der Deutsche Ausschuß für Eisenbeton, die weiteren Säulen in eisernen Formen zu fertigen und in Reihe A zunächst einen Teil der Versuche über den Einfluß verschiedenartiger Querbewehrung auf die Festigkeit von Säulen mit gleicher Längsbewehrung (s. Heft 5) zu wiederholen.

Die verglichenen Querbewehrungen sind (s. Tab. 1, Reihe A) in Gruppe:

- |  |  |
|--|--|
| a) geschweißte Ringe oder Umfangsbügel | } bei Säulen mit quadratischem Querschnitt |
| b) umgehakte Ringe oder Umfangsbügel   |  |
| c) Diagonalbügel                       |  |
| d) Spiralen                            |  |
| e) geschweißte Ringe oder Umfangsbügel | } bei Säulen mit achtseitigem Querschnitt  |
| f) umgehakte Ringe oder Umfangsbügel   |  |
| g) Spiralen                            |  |

Zu jeder dieser sieben Gruppen wurden sechs Säulen gefertigt, je drei mit Querbewehrungen aus Eisen von 0,5 cm und 0,7 cm Durchmesser.

Die quadratischen Säulen hatten  $30 \times 30$  cm Querschnitt mit gebrochenen Kanten; ihr voller Querschnitt betrug 898 qcm, der volle Querschnitt der achtseitigen Säulen 900 qcm.

Die den Ecken gegenüber angeordneten Längsbewehrungen bestanden bei den quadratischen Säulen aus vier Eisen von 2 cm Durchmesser mit dem Gesamtquerschnitt von 12,56 qcm, bei den achtseitigen Säulen aus acht Eisen von 1,4 cm Durchmesser mit 12,32 qcm Gesamtquerschnitt.

Die Länge der Säulen betrug 1,30 m, die Länge der Eisen 1,295 m, so daß die senkrecht zur Achse bearbeiteten Endflächen der Eisen etwa 2,5 mm von den beiden Druckflächen abstanden.

Außer den vorgenannten bewehrten Säulen wurden untersucht:

- Gruppe e) drei unbewehrte quadratische Säulen
- „ i) drei unbewehrte achtseitige Säulen

und außerdem 36 Beton-Würfel, von denen immer einer an demselben Tage gefertigt war, wie die zugehörigen Säulen.

In Reihe A sind demnach insgesamt untersucht:

- 48 Säulen und
- 36 Beton-Würfel.

Der Beton bestand bei allen Proben aus 1 Raumteil Zement und 4 Raumteilen Zuschlagsmaterial (Sand und Kies).

Reihe A bildete die Hauptuntersuchung. Außerdem sind auf späteren Beschuß des Ausschusses vier Nebenreihen mit 20 Säulen und 13 Würfeln ausgeführt, um zugleich über folgende Fragen Aufschluß zu erhalten:

- Reihe B: über den Einfluß fetterer Betonmischung auf den Wirkungsgrad der Querbewehrung,
- Reihe C: über den Unterschied in der Wirkung der Umschnürung bei hohlen und vollen Säulen,
- Reihe D: über den Einfluß des außerhalb der Spirale liegenden Betons, der sog. Schale, auf das Verhalten der Säulen unter Druckbeanspruchung und
- Reihe E: über den Einfluß einer stärkeren Spiralbewehrung, als unter Reihe A vorgesehen.

Im einzelnen ist zu diesen vier Nebenreihen B bis E unter Hinweis auf Tabelle 1 folgendes zu bemerken:

B. Der Einfluß der fetteren Betonmischung ist an sechs quadratischen Säulen untersucht, von denen drei unbewehrt waren (Gruppe l) und drei Querbewehrungen aus umgehakten Ringen enthielten (Gruppe k). Die Eisenstärke der Ringe betrug 0,7 cm, ihr Längsabstand 5 cm. Die Abmessungen der bewehrten Säulen dieser Reihe waren also die gleichen wie bei den Säulen 10 bis 12 Reihe A (Gruppe b), während die unbewehrten Säulen der Reihe B den Säulen 25 bis 27 der Reihe A (Gruppe e) entsprachen.

Die Betonmischung bestand bei Reihe B aus 1 Raumteil Zement und  $2\frac{1}{2}$  Raumteilen Zuschlagsmaterial, gegenüber 1 : 4 bei Reihe A.

C. Um den Unterschied in der Wirkung der Umschnürung bei hohlen und vollen Säulen festzustellen, sind zum Vergleich mit den Säulen 43 bis 48 der Reihe A (Gruppe h und i) aus dem gleichartigen Beton wie diese sechs achtseitige, bewehrte und eine unbewehrte hohle Säule gefertigt (Gruppe m, n und o, Tab. 1).

D. Der Einfluß der Schale, d. h. des außerhalb der Querbewehrung (Spirale oder Ringe) liegenden Betons, ist an vier Säulen untersucht. Alle vier waren mit Spiralen bewehrt, deren Eisenstärke bei zwei Säulen 0,5 cm und zwei Säulen 0,7 cm betrug. Bei je einer der beiden gleichartig bewehrten Säulen fehlte die Schale. Die Ganghöhe der Spiralen betrug bei allen vier Säulen 4 cm, gegenüber 3 cm bei der Hauptreihe. Dieser Unterschied war geboten, weil als Spiralen zu den vier Säulen für Reihe D die von der Hauptreihe übrig gebliebenen Spiralen verwendet werden mußten und die Länge dieser Reststücke bei 3 cm Ganghöhe nicht zu 1,3 m langen Säulen hinreichte.

E. Zur Ermittlung des Einflusses einer stärkeren Spiralbewehrung sind drei weitere achtseitige Säulen gefertigt mit Spiralen von 1,2 cm Eisenstärke und 3 cm Ganghöhe. Diese Säulen hatten im übrigen die gleichen Abmessungen und bestanden aus dem gleichen Beton wie die Säulen 40 bis 45 der Reihe A (Gruppe h), so daß zum Vergleich drei Reihen vorliegen, und zwar mit Spiralen aus Eisen von 0,5, 0,7 und 1,2 cm Durchmesser.

## II. Die verwendeten Baustoffe.

1. Der Zement ist wieder von der Portland-Zementfabrik, Lossius-Dellbrück zu Züllichow, bezogen. Er ist sowohl bei Beginn der Säulenfertigung (am 6. März 1913) als auch nach Fertigstellung aller Säulen (am 3. Juli 1913) nach den Normen vom Dezember 1909 untersucht. Die ermittelten physikalischen Eigenschaften des Zementes sind aus Tab. 2, seine Festigkeitseigenschaften aus Tab. 3 zu ersehen.

Der Zement genügte den Normen.

Die Ergebnisse Tab. 2 lassen erkennen, daß der Zement während der Dauer seiner Verarbeitung, d. h. innerhalb 17 Wochen, um wenigstens leichter geworden ist, die Raumgewichte  $R_l$  (eingelaufen) und  $R_r$  (eingerüttelt) sind von 1,159 und 1,978 auf 1,143 und 1,847, d. h. um 2 und 6% zurückgegangen und das spezifische Gewicht des ungeglühten Zementes von 3,134 auf 3,125. Der ausgeglühte Zement dagegen zeigt bei der zweiten Prüfung größeres spezifisches Gewicht (3,259) als bei der ersten Prüfung (3,248). Der Zement scheint hiernach beim Lagern, obgleich er im geschlossenen Raume untergebracht war, Feuchtigkeit aus der Luft aufgenommen zu haben, was besonders dadurch bestätigt wird, daß der Glühverlust von ursprünglich 0,98% nach dem Lagern zu 2,05% sich ergab.

Die Festigkeit des Zementmörtels 1:3, mit 8,5% Wasser angemacht, ergab sich nach Tab. 3 bei der zweiten Prüfung geringer als bei der ersten; die Abnahme beträgt für die Zugfestigkeit nach 7 Tagen 6,4%, für die Druckfestigkeit bei Wasserlagerung nach 7 Tagen 1,3%, nach 28 Tagen 4,1% und bei kombinierter Lagerung nach 28 Tagen 6,4%.

2. Der Kies war zu den früheren Versuchen von der Firma Windsight & Langelott zu Cossebaude bezogen, im Amt durch Absieben in drei Körnungen von 0—8 mm, 8—18 mm und 18—24 mm zerlegt und dann vor der Verwendung wieder gemischt worden, so daß das Gemisch aus zwei Raumteilen der Körnung 0—8 mm und je einem Raumteil der beiden Körnungen 8—18 und 18—24 mm bestand. Gegen die weitere Verwendung dieses Kieses bestand das auf Versuche gestützte Bedenken, daß die drei genannten Körnungen in ihrer Zusammensetzung erhebliche und je nach dem Wetter schwankende Fehler in den Zusammensetzungen aufwiesen. Zur Untersuchung dieser Frage wurde ein besonderer Unterausschuß eingesetzt und auf seinen Vorschlag hin dann beschlossen, den Kies für die weiteren Versuche aus der Cossebauder Grube der Firma Dyckerhoff u. Widmann A.-G. in zwei Körnungen von 0—11 mm und 11—25 mm zu beziehen. Hierzu sollte der Grubenkies auf dem 25 mm-Sieb vom Gröbsten befreit und dann durch ein Sieb (Drahtsieb mit quadratischen Maschen als Schwingsieb mit Klopfer betätigt) von 11 mm Maschenweite in die beiden genannten Körnungen getrennt werden. Zur Verwendung gelangen sollte die durch Versuche festzustellende zweckmäßigste Mischung dieser beiden Körnungen. Hierzu sind untersucht (s. Tab. 4):

- I. der Kiessand in seiner natürlichen Zusammensetzung, aber nach dem Absieben auf dem 25-mm-Sieb,
- II. der Sand mit 0—11 mm Körnung,

- III. der Kies mit 11—25 mm Körnung<sup>1)</sup>,
- IV. Kiessand, als Gemisch des Sandes II und des Kieses III in gleichen Raumteilen,
- V. Kiessand, als Gemisch aus 5 Raumteilen Sand II und 3 Raumteilen Kies III,
- VI. Kiessand, als Gemisch aus 3 Raumteilen Sand II und 5 Raumteilen Kies III.

Nach den Ergebnissen in Tabelle 4 weist der Kiessand VI den größten Dichtigkeitsgrad auf.

Die Druckfestigkeiten des aus den Kiessanden IV bis VI hergestellten Betons zeigt Tab. 5. Der Beton bestand aus 4 Raumteilen Kiessand auf einen Raumteil Zement. Er erhielt in den Reihen 1—3 bei allen drei Sorten 8 % Wasserzusatz, bezogen auf die trockene Mischung. Aus dem feinsten Kiessand V wurde in Reihe 4 außerdem ein zweiter Beton mit 8,75 % Wasserzusatz untersucht, weil dieser Beton, mit 8 % Wasser angemacht, weniger weich war als die beiden andern. Die verschiedenen Betonsorten wurden in der Maschine gemischt, von Hand in eisernen Formen zu Würfeln von 30 cm Kantenlänge gestampft, nach zwei Tagen entformt, dann, an der Luft stehend, bis zum achten Tage angenäßt und bei 28 Tagen Alter geprüft.

Bei gleichem Zustande der Weichheit (s. Reihe 1, 2 und 4, Tab. 5) lieferte der grösste Kiessand VI (Reihe 1) den Beton grösster Druckfestigkeit (351 kg/qcm) bei grösstem Raumgewicht (2,401), während diese Werte mit 305 kg/qcm und 2,340 für den Beton aus dem feinsten Kiessand V (Reihe 4) am geringsten waren. Bei geringerer Weichheit war dagegen die Druckfestigkeit des letztgenannten Betons (8,0 % Wasserzusatz, Reihe 3, Tab. 5) mit 360 kg/qcm von allen am grössten.

Der Unterschied in den Eigenschaften der beiden Betonsorten Reihe 1 u. 2, Tab. 5, ist als unwesentlich und nicht ins Gewicht fallend erachtet und daher der Einfachheit halber zur Anfertigung der Säulen der Beton Reihe 2, aus gleichen Raumteilen Kies und Sand, verwendet.

**3. Das Eisen zur Bewehrung der Säulen.** Die 2,0 cm-Rundesen zu den Längsbewehrungen sämtlicher Säulen mit quadratischem Querschnitt (Nr. 1—24 und 49—51, Tab. 1) sind von der Aktiengesellschaft für Beton und Monierbau, Berlin, geliefert, die Längseisen von 1,4 und 1,6 cm Durchmesser zu den achtseitigen Säulen von dem Deutschen Eisenhandel, Abt. Ravené, Berlin, bezogen. Die 1,4 cm-Rundesen umfassten zwei Lieferungen (a und b). Aus Lieferung a sind gefertigt die Säulen: 30, 34 bis 39, 44, 45 und 55 bis 64, aus Lieferung b die Säulen: 28, 29, 31 bis 33 und 40 bis 43.

Das gesamte Eisen zu den Querbewehrungen lieferte die Firma WAYS u. FREYTAG, Neustadt a. H. Diese Firma war als Bezugsquelle gewählt, um die Spiralen zu den Säulen 40 bis 45 aus demselben Eisen zu erhalten, das auch für Bauausführungen verwendet zu werden pflegt, und um tunlichst das gleiche Eisen auch zu den übrigen Querbewehrungen verwenden zu können.

Die Lieferungen der Firma WAYS u. FREYTAG umfassten folgende Teile:

1. geschweißte Ringe aus Rundesen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser zu den Säulen 1—6;
2. Ringe mit Hakenenden aus Rundesen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser zu den Säulen 7—12 und 49—51;
3. Diagonalbügel mit Hakenenden aus Rundesen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser zu den Säulen 13—18;
4. fertige, an den Enden verschweißte Spiralen aus Rundesen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser zu den Säulen 19—24 und 40—45;

<sup>1)</sup> Der Kies III wurde von der Grube mit der Bezeichnung „gebrochene Kiessteine“ an das Amt eingeliefert.

5. fertige Spiralen aus Rundeisen von 1,2 cm Durchmesser zu den Säulen 65—67;
6. Rundeisen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser in Stangenform, aus denen im Amt gefertigt sind:
  - a) die geschweißten Ringe zu den Säulen 28—33,
  - b) die Ringe mit Hakenenden zu den Säulen 34—39;
7. Rundeisen von 0,7 cm Durchmesser in Ringen von 60 cm Durchmesser, aus denen die Spiralen zu den hohlen Säulen 55—60 im Amt gefertigt sind.

Zur Kennzeichnung ihrer Materialeigenschaften sind die Längseisen auf Zug- und Druckfestigkeit, die Quereisen auf Zugfestigkeit geprüft (s. Tab. 6 bis 10). Sämtliche Proben behielten den vollen Walzquerschnitt; die Endflächen der Druckproben wurden auf die Druckplatten aufgeschliffen.

Die Zugproben sind wie folgt entnommen:

- a) die geschweißten Ringe, Nr. 1 des vorstehenden Verzeichnisses, wurden aufgeschnitten und gerade gerichtet; hierbei enthielten die Proben 80 und 81 (s. Tab. 8) und 71 und 72 (s. Tab. 9) die Schweißstelle in der Mitte, während die übrigen Proben 47—49 und 50—52 ohne Schweißstelle waren.
- b) Die Ringe, Nr. 2 des vorstehenden Verzeichnisses und
- c) die Diagonalbügel, Nr. 3 des vorstehenden Verzeichnisses, sind ebenfalls kalt gerade gerichtet.
- d) Von den fertig eingelieferten Spiralen, Nr. 4 und 5 des Verzeichnisses, sind die Zerreißproben an deren Enden entnommen und kalt mit dem Holzhammer gerade gerichtet. Das Abschneiden war erforderlich, weil die Spiralen zu lang geliefert waren, so daß sie bei der vorgeschriebenen Steigung und dem äußeren Durchmesser der Spirale von 28 cm in den 1,3 m langen Säulen sich nicht unterbringen ließen. Das Ende der Spiralen wurde nach dem Abschneiden im Amt durch einen geübten Schweißer einer Berliner Firma neu autogen (Azetylen-Sauerstoff) verschweißt. Bemerkt sei hier, daß die Spiralen für die quadratischen Säulen bei der Einlieferung bereits aus 3 Enden zusammengeschweißt waren. Die Länge der Ueberlappung an den Schweißstellen betrug etwa 10 cm.
- e) Bei den in Stangenform eingelieferten Rundeisen, Nr. 6 des Verzeichnisses, wurden die Zerreißproben denselben Stangen entnommen, aus denen die Ringe zu den Säulen 28 bis 39 und die Spiralen zu den Säulen 55 bis 60 im Amt gefertigt wurden.

Die Druckversuche, Tab. 6, ergeben für die drei Sorten Längseisen von 1,4, 1,6 und 2,0 cm Durchmesser keine wesentlichen Unterschiede in den Elastizitätszahlen. Die Mittelwerte schwanken zwischen 2010000 und 2070000; das Gesamtmittel beträgt 2032500.

Die Spannungen an der Proportionalitätsgrenze sind bei dem 2,0 cm-Eisen für die Parallelversuche gut übereinstimmend, bei den anderen Eisen dagegen und besonders bei dem 1,4 cm-Eisen der Lieferung b stark abweichend; bei den letztgenannten Eisen und bei dem 1,6 cm-Eisen liegen sie wesentlich tiefer (2290 kg/qcm) als bei den beiden anderen Eisen (2860 und 2680 kg/qcm).

Die Spannung an der Quetschgrenze beträgt bei dem 1,6 cm-Eisen 2630 kg/qcm, bei den anderen drei Eisen in guter Uebereinstimmung etwa 3000 kg/qcm.

Die Zugversuche mit den Längseisen (Tab. 7) zeigen in Uebereinstimmung mit den Druckversuchen, daß das 1,4 cm-Eisen der Lieferung a (Proben 9 und 10) bei geringerer Bruchdehnung sowohl höhere Streckgrenze als auch höhere Bruchfestigkeit besitzt als das 1,4 cm-Eisen der Lieferung b (Proben 14 und 15), zugleich besitzt letzteres die auffallend geringe Elastizitätszahl 1985000. Hingewiesen sei ferner noch auf die niedrige Streckgrenze der 1,6 cm-Eisen (Proben 19 und 20).

Abb. 1. Zugversuche mit den Querbewehrungen.

I. Eisen von 0,5 cm Durchmesser.

Bewehrungsart:

<i>a</i> = geschweißte Ringe	quadratische Säulen.	achtseitige Säulen.
<i>b</i> = umgehakte "		
<i>c</i> = Diagonal-Bügel . . .		
<i>d</i> = Spiralen . . . . .		

<i>e</i> = geschweißte Ringe	achtseitige Säulen.
<i>f</i> = Spirale . . . . .	

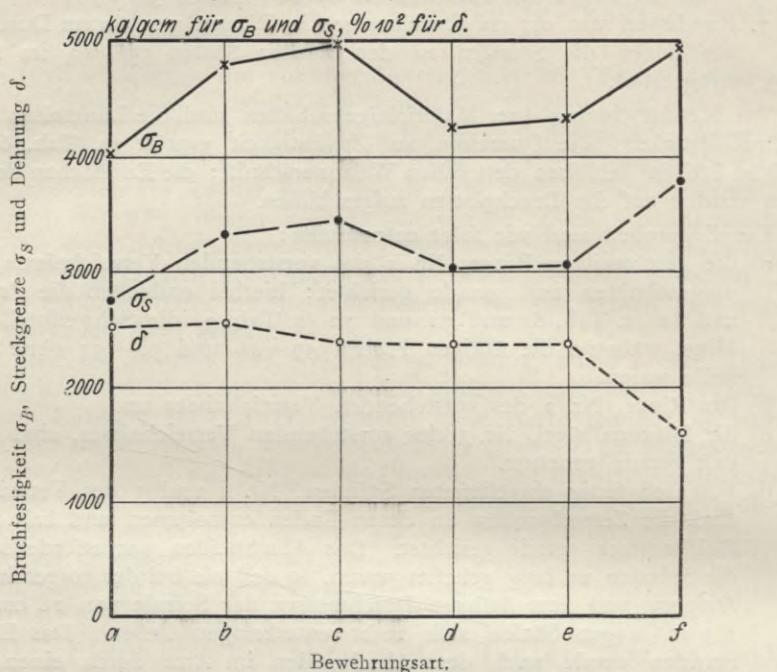


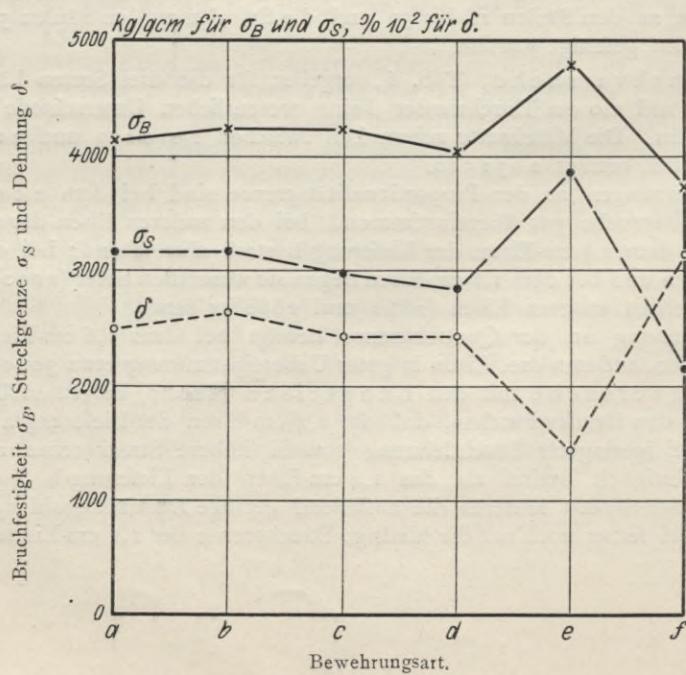
Abb. 2. Zugversuche mit den Querbewehrungen.

II. Eisen von 0,7 cm Durchmesser.

Bewehrungsart:

<i>a</i> = geschweißte Ringe	quadratische Säulen.	achtseitige Säulen.
<i>b</i> = umgehakte "		
<i>c</i> = Spiralen . . . . .		
<i>d</i> = geschweißte Ringe		

<i>e</i> = Spirale . . . . .	Säulen
<i>f</i> = Spirale . . . . .	



Die Ergebnisse der Zugversuche mit den Eisen für die Querbewehrungen sind für die drei Eisenstärken 0,5 cm, 0,7 cm und 1,2 cm in den Tab. 8 bis 10 gesondert zusammengestellt. Zur besseren Uebersicht sind außerdem die Werte für die Streckgrenze  $\sigma_s$ , Bruchgrenze  $\sigma_B$  und Bruchdehnung  $\delta$  der 0,5 cm und 0,7 cm dicken Eisen in den Abb. 1 und 2 zu Schaulinien aufgetragen. Aus letzteren ergeben sich für die 0,5 cm Eisen (Abb. 1) zu den verschiedenen Bewehrungsarten  $a$  bis  $f$  recht erhebliche Unterschiede in der Streckgrenze  $\sigma_s$  und Bruchfestigkeit  $\sigma_B$ . Besonders zeigen die Eisen zu der Spiralbewehrung  $f$  der achtseitigen Säulen auffallend hohe Streckgrenze  $\sigma_s$ , während die Bruchfestigkeit etwa die gleiche ist, wie die der Eisen zu den Diagonalbügeln  $c$  der quadratischen Säulen.

Die 0,7 cm-Eisen (Abb. 2) zu den verschiedenen Bewehrungen  $a$ ,  $b$  und  $c$  der quadratischen Säulen stimmen in ihren Festigkeitseigenschaften untereinander gut überein und unterscheiden sich auch von den Eisen zu der Bewehrung  $d$  (Ringe) der achtseitigen Säulen nicht wesentlich. Dagegen zeigen auch hier, wie in Abb. 1, die Eisen aus den fertig eingelieferten Spiralen  $e$  der achtseitigen Säulen auffallend hohe Streckgrenze  $\sigma_s$  und Bruchfestigkeit  $\sigma_B$  bei sehr geringer Bruchdehnung  $\delta$ . Die in Ringen von 60 cm Durchmesser eingelieferten Eisen zu den Spiralen  $f$  der hohlen Säulen lieferten bei weitem die geringsten Werte für die beiden Spannungsgrenzen  $\sigma_s$  und  $\sigma_B$  und die höchsten Bruchdehnungen.

### III. Die Herstellung der Säulen.

Die zu den Querbewehrungen bestimmten Ringe und Bügel sind zunächst mit Hilfe einer Lehre auf die Richtigkeit ihrer Abmessungen überprüft und, soweit erforderlich war, nachgerichtet. Aus ihnen und den zugehörigen Längseisen sind dann von demselben geübten Arbeiter der Firma Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau, wie früher, die Eisengerippe im Amt hergestellt. Abb. 3 zeigt die fertigen Gerippe mit Ringen, Bügeln und Spiralen aus 0,7 cm-Eisen für die quadratischen Säulen, Abb. 4 die Gerippe aus den 0,7-cm-Ringen, -Bügeln und den Spiralen aus 0,7 und 1,2 cm-Eisen für die achtseitigen Säulen und Abb. 5 die Innenansicht eines Geripps aus umgehakten Ringen für achtseitige Säulen. Die fertigen Gerippe wurden beim Stampfen der Säulen durch Lehren in der Form in richtiger Lage gehalten.

Der Beton bestand im allgemeinen aus 1 Raumteil Zement und 4 Raumteilen Kiessand, gemischt aus gleichen Raumteilen der beiden Körnungen 0—11 und 11—25 mm; nur zu den Säulen 49—54, Reihe B, Tab. 1, wurde der Beton in der Mischung 1 : 2 $\frac{1}{2}$  verarbeitet, der Wasserzusatz, bezogen auf die trockene Mischung, ist im Einvernehmen mit dem Vertreter der Aktiengesellschaft für Beton- und Monierbau bei der Mischung 1 : 4 gleich 10% und bei der Mischung 1 : 2 $\frac{1}{2}$  gleich 11% gewählt.

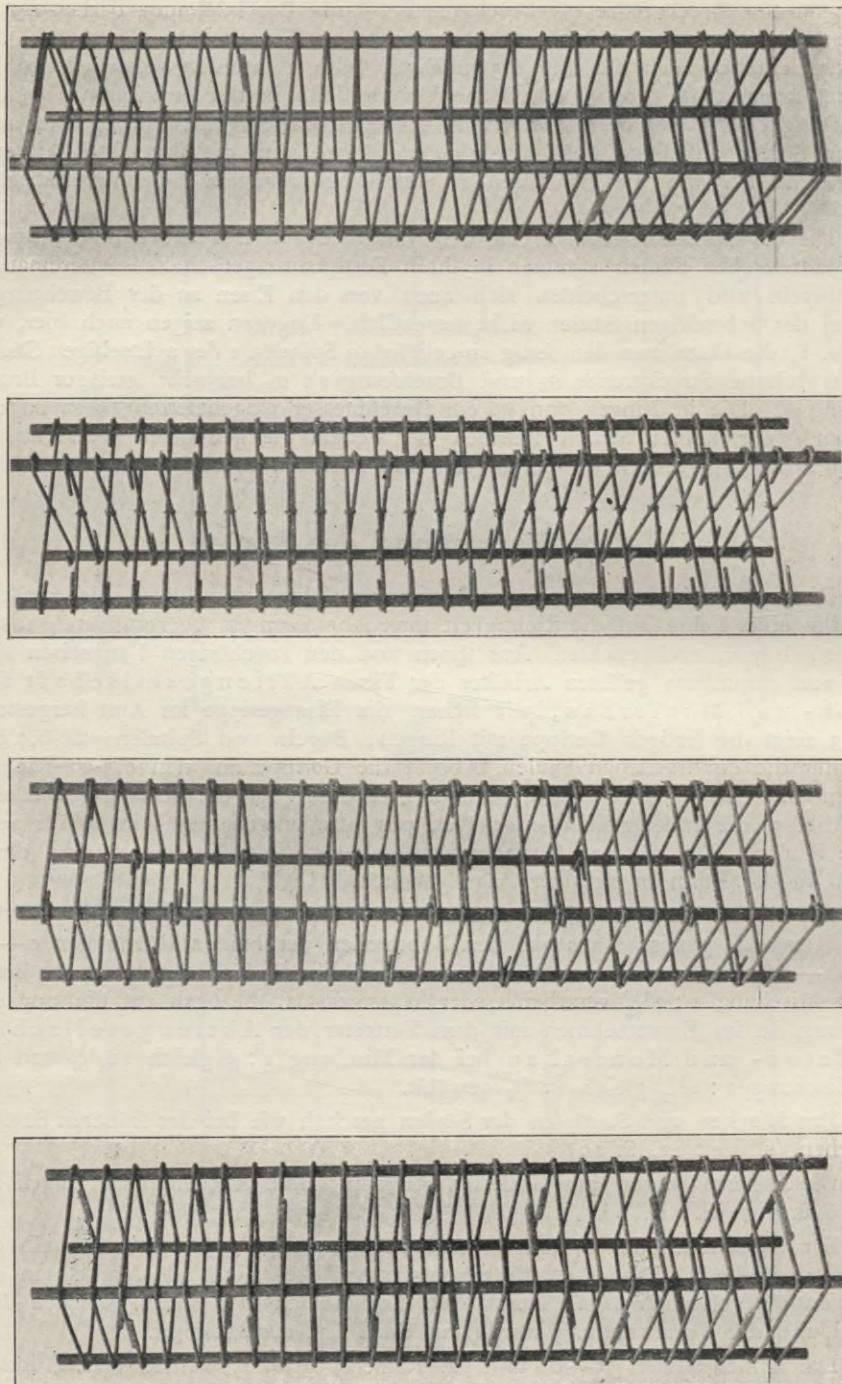
Das Mischen und Stampfen der Säulen geschah wie bei den früheren Säulenversuchen (s. Heft 21, S. 10).

Die Formen waren aus Gußeisen gefertigt; ihre Anordnungen zeigen die Abb. 6 und 7 (S. 11).

Zur Herstellung der Säulen 62 und 64 ohne Schale (Beton außerhalb der Spirale) s. Reihe D, Tab. 1, wurde ein 0,5 mm dickes Blech als Mantel um das Spiralgerippe gelegt und mit Draht fest umwunden. Der Raum zwischen dem Mantel und der Formwandung wurde mit Sand fest ausgestampft.

Die hohlen Säulen 55—60 und 72, Reihe C, Tab. 1, wurden erzielt, indem zentrisch in die Form ein Kern von 10 cm Durchmesser eingesetzt wurde. Der Kern bestand aus einem eisernen Rohr von 0,3 cm Wandstärke, das spiraling mit dünnem Draht umwunden war, der zur Erleichterung des Herausziehens des Kerns nach zweitägiger Erhärtung des Betons diente.

Abb. 3. Eisengerippe der quadratischen Säulen. Durchmesser der Quereisen 0,7 cm, der Längseisen 2 cm.



a) geschweißte Ringe.  
Säulen 4—6.

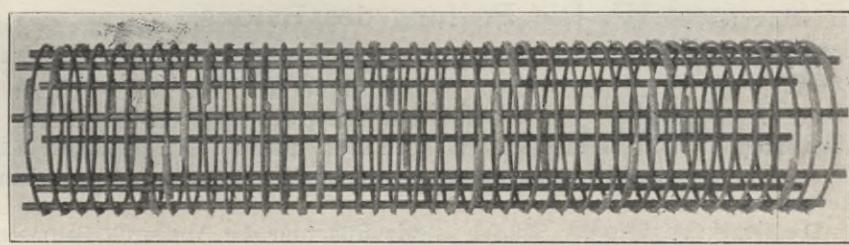
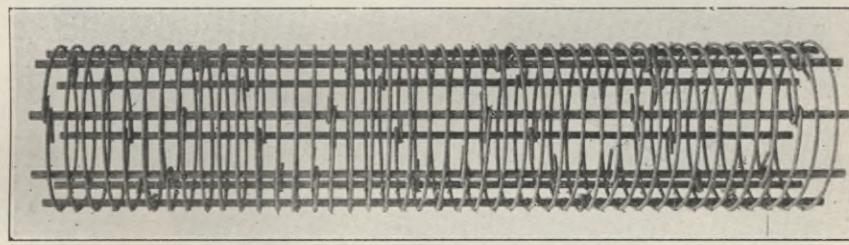
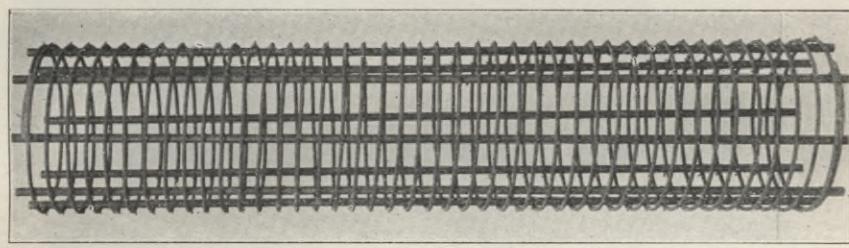
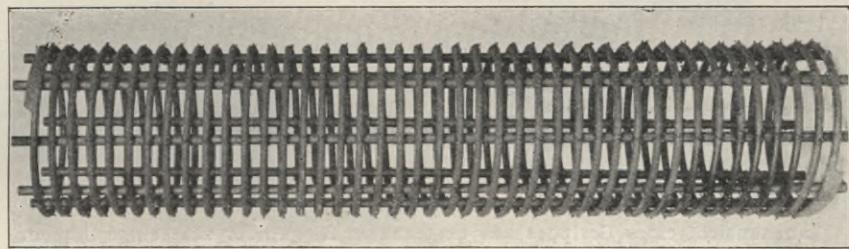
b) umgehaktte Ringe.  
Säulen 10—12.

c) Diagonalbügel.  
Säulen 16—18.

d) Spirale, Enden verschweift.  
Säulen 22—24.

Abb. 4. Eisengerippe der achtseitigen Säulen.  
Für f bis h: Durchmesser der Quereisen  $d_q = 0,7$  cm; der Längseisen  $d_l = 1,4$  cm.

$d_q = 1,2$  cm;  $d_l = 1,6$  cm.



e) Spirale, Enden verschweift.  
Säulen 65—67.

h) Spirale, Enden verschweift.  
Säulen 43—45.

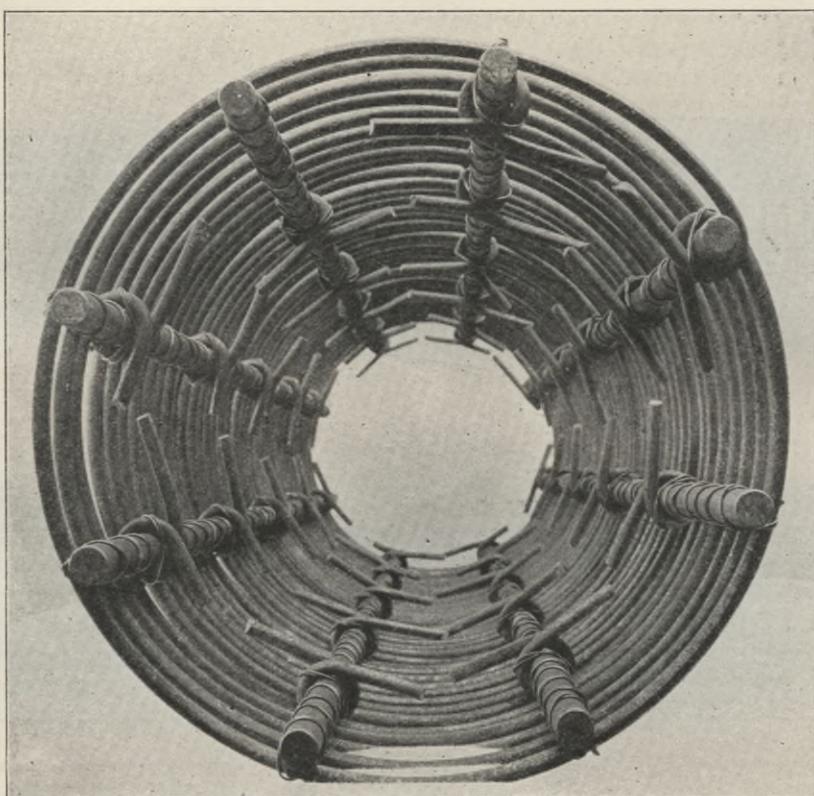
g) umgehakte Ringe.  
Säulen 37—39.

f) geschweißte Ringe.  
Säulen 31—33.

Die Proben erhärteten zwei Tage in der Form und dann bis zur Prüfung bei 90 Tagen Alter im geschlossenen Raum an der Luft, wobei sie bis zum achten Tage täglich einmal angenäßt wurden. Die Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur sind ständig von einem Richardschen Thermohygrographen aufgezeichnet.

Zehn Tage vor der Prüfung wurden beide Druckflächen der Säulen zwischen möglichst parallel gestellten, sauber bearbeiteten Eisenplatten mit Zementmörtel (1 : 1) abgeglichen. Die Abgleichschicht überdeckte die Endflächen der Längseisen, die vorher etwa 2—3 mm aus dem gestampften Beton hervorragten, um je etwa 2 mm.

Abb. 5.  
Innenansicht eines Gerippes aus umgehakten Ringen für achtseitige Säulen.



#### IV. Die Prüfung des Betons.

Gleichzeitig mit den Säulen wurde an jedem Tage der Probenfertigung ein Betonwürfel von 30 cm Kantenlänge in eisernen Formen und zwei Schichten von 15 cm Höhe gestampft. Die Würfel erhärteten zwei Tage in der Form und standen dann bis zur Prüfung bei 90 Tagen Alter neben den zugehörigen Säulen an der Luft, wobei sie wie die letzteren vom dritten bis achten Tage ebenfalls wiederholt angenäßt wurden.

Die Druckfestigkeit der Würfel ist wie früher in der Abt. 2 für Baumaterialprüfung auf der 400-t-Presse, Bauart Martens, ermittelt. Die Belastung erfolgte senkrecht zur Stampfrichtung.

Die Ergebnisse sind in Tab. 11 zusammengestellt. Auffallend sind die geringen Festigkeiten der Würfel 30 und 31 zu den Säulen 20, 41 und 23, 44.

Abb. 6.

Form für die quadratischen Säulen.

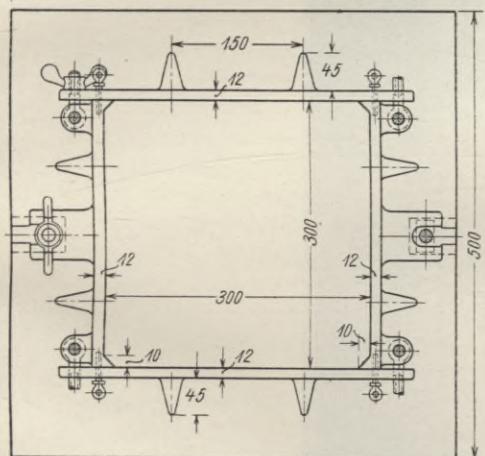
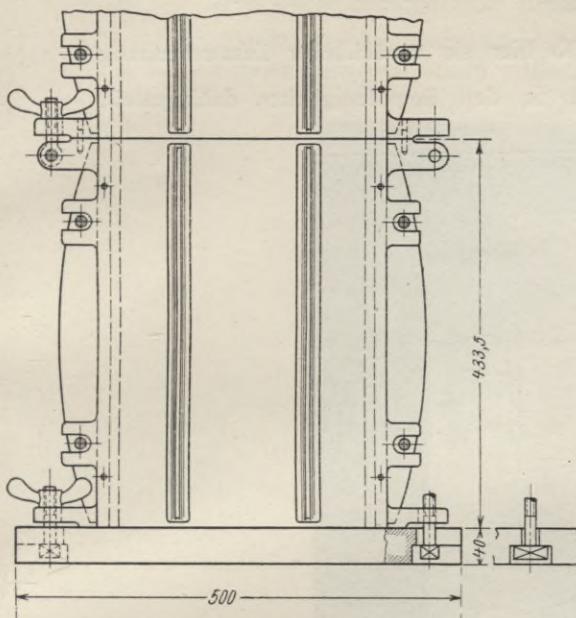
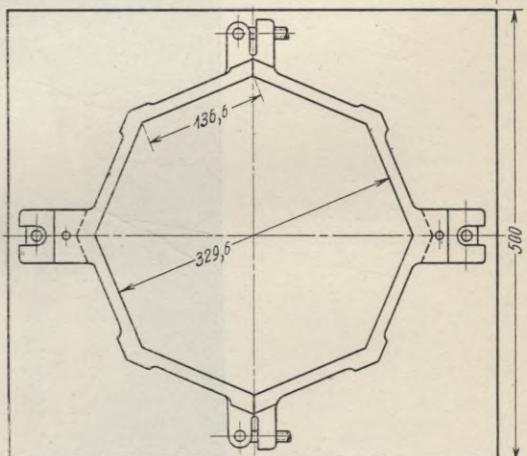
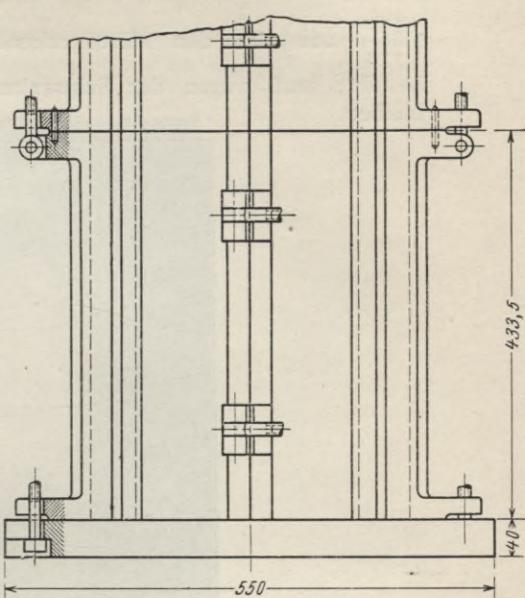


Abb. 7.

Form für die achtseitigen Säulen.



Ihre Bruchspannungen betragen nur 161 und 180 kg/qcm gegenüber der mittleren Festigkeit von 229 kg/qcm aller Würfel aus dem Beton in der Mischung 1:4. Der Beton in der Mischung 1:2 $\frac{1}{2}$  lieferte 320 kg/qcm mittlere Druckfestigkeit.

Nach Tab. 3 hatten die Eigenschaften des Zementes während der Dauer seiner Verarbeitung (6. III. 13 bis 3. VII. 13) sich verändert, die Festigkeit der aus diesem Zement gefertigten Mörtelproben hatte etwas abgenommen. Faßt man die aus Tab. 11 ersichtlichen Einzelwerte der Betonfestigkeiten nach Monaten der Probenfertigungen zusammen, so ergeben sich folgende Werte:

mittlere Festigkeit der im März gefertigten Proben = 238,7 kg/qcm

„	“	“	“	April	„	“	= 232,5	“
---	---	---	---	-------	---	---	---------	---

„	“	“	“	Mai	„	“	= 225,7	“
---	---	---	---	-----	---	---	---------	---

„	“	“	“	Juni	„	“	= 223,6	“
---	---	---	---	------	---	---	---------	---

Hiernach nehmen auch die Betonfestigkeiten stetig ab. Das Verhältnis der Werte für Juni und März beträgt  $\frac{223,6}{238,7} \cdot 100 = 93,5\%$ ; ebensogroß war es  $\left(\frac{350}{374} \cdot 100\right)$  bei den Mörtelproben. Ob hier ein tatsächlicher Zusammenhang besteht, muß wegen der Schwankungen in den Betonfestigkeiten dahingestellt bleiben.

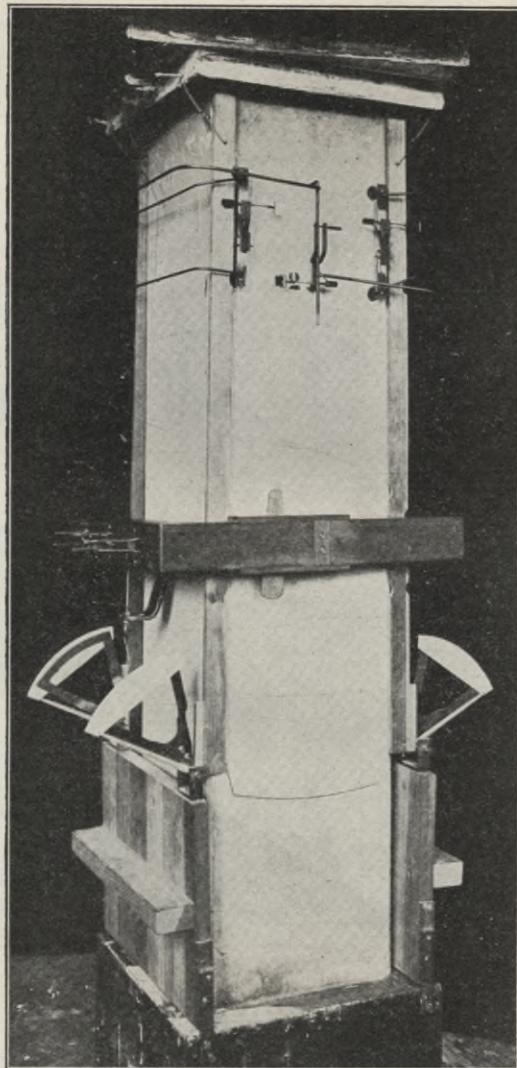


Abb. 8.  
Anordnung der Meßapparate bei den Säulen 21 und 24.

## V. Versuche mit den Säulen.

Die Säulen wurden wieder stehend auf der 600 t-Maschine geprüft. Die untere Druckplatte war verstellbar. Sie wurde zum Versuch so ausgerichtet, daß die obere Endfläche der auf ihr stehenden Säule parallel zur oberen Druckfläche der Maschine lag. Zwischen diesen beiden Flächen ist dann eine Stahlplatte von

4 cm-Dicke mit parallelen Flächen eingeschaltet. Die Belastung wurde stufenweise gesteigert unter wiederholtem Entlasten auf die Anfangslast von 2,09 t.

### 1. Die Einrichtungen zur Ermittlung der Formänderungen.

Die Ermittlung der Formänderungen erstreckte sich im wesentlichen auf Längenänderungen der Säulen. Bei 18 quadratischen Säulen sind außerdem

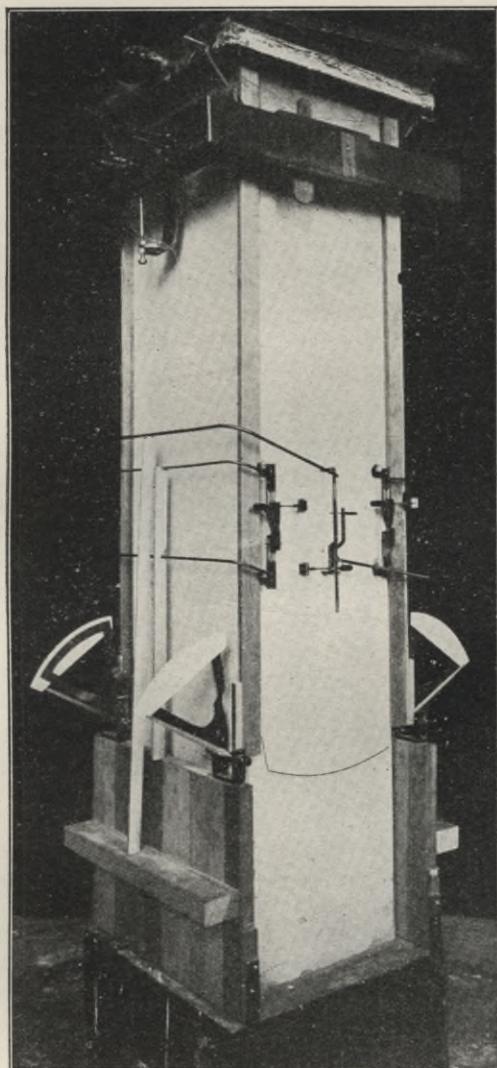


Abb. 9.

Anordnung der Meßapparate bei den Säulen 8, 11, 14, 20, 23 und 50.

auch Querdehnungsmessungen vorgenommen, und zwar bei 9 Säulen am oberen Ende (s. Abb. 9) und bei 9 Säulen in der Mitte (s. Abb. 8).

Die Einrichtung des Querdehnungsmessers ist bereits in Heft 21 Fig. 12 und S. 11 u. ff. beschrieben. Hervorgehoben sei aber unter Hinweis auf Abb. 13 Heft 21, daß bei den vorliegenden Versuchen nur die Meßstrecke 4 Abb. 13, Heft 21 in der Mitte der Querschnittskante beobachtet worden ist.

Die Ermittlung der Längenänderungen bezweckte festzustellen,

- wie die Verbundstoffe, das Eisen und der Beton, an der Lastaufnahme teilnehmen und
- welche Beziehungen zwischen den Belastungen und Längenänderungen der Säulen bis über die Belastung beim Beginn der Rißbildung hinaus bestehen.

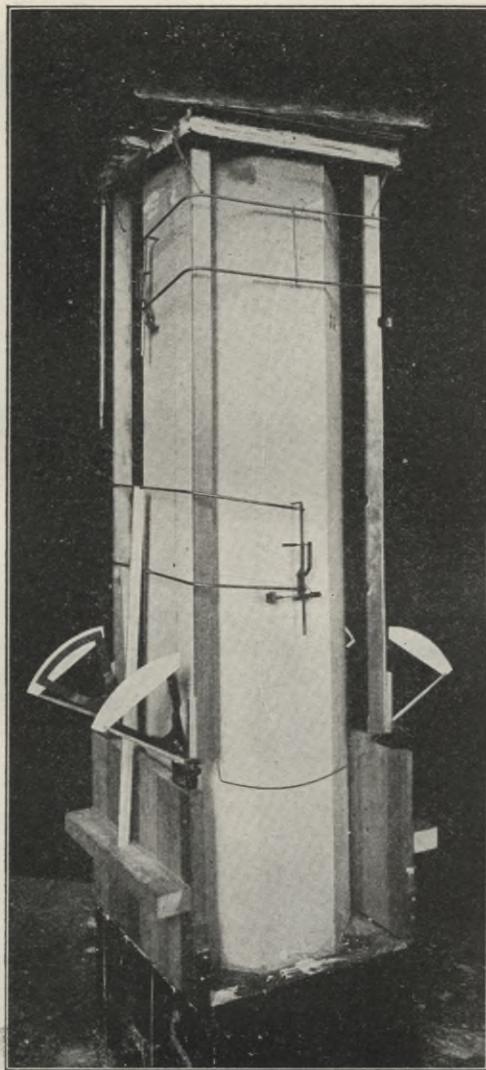


Abb. 10.  
Anordnung der Meßapparate bei den achtseitigen Säulen.

Aus den Ergebnissen der bei den früheren Versuchen (s. Heft. 5 S. 35) angestellten Formänderungsmessungen hatte ich geschlossen, „daß die Verteilung der Spannung über den Beton- und Eisenquerschnitt sowohl mit wachsender Belastung als auch beim wiederholten Lastwechsel sich beständig ändert“ und „daß beim Entlasten zwischen beiden Materialien Wechselspannungen entstanden“. Zur Feststellung der Spannungsverteilung wurden nun die Beziehungen zwischen der

Gesamtbelastung der Säule einerseits und den Längenänderungen sowohl des Betons als auch der Längseisen andererseits ermittelt und zwar getrennt für beide Verbundstoffe innerhalb derselben Strecken der Säulenlänge. Um hierbei die Unterschiede für verschiedene Meßstrecken möglichst scharf hervortreten zu lassen, mußte die Meßlänge tunlichst gering sein; gewählt ist sie zu 15 cm. Gemessen ist mit Martenschen Spiegelapparaten auf 1/100000 cm.

Außerdem ist die Gesamtlängenabnahme der Säulen zwischen den Druckplatten festgestellt.

Wegen des großen Arbeitsumfanges war es nicht tunlich alle verschiedenartigen Messungen an sämtlichen Säulen vorzunehmen. Gemessen sind daher gleichzeitig:

- A. an den Säulen: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 49, 21 und 24
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons am Säulenende
  - $\beta$ ) „ „ „ der Eisen „ „ „<sup>1)</sup>
  - $\gamma$ ) „ „ „ Querdehnung in Säulenmitte.
- B. an den Säulen: 2, 5, 17, 8, 11, 14, 20, 23 und 50
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons in Säulenmitte
  - $\beta$ ) „ „ „ der Eisen „ „ „<sup>1)</sup>
  - $\gamma$ ) „ „ „ Querdehnung am Säulenende.
- C. an den Säulen: 3, 6, 9, 12, 15, 18, 19, 22 und 51
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons in Säulenmitte
  - $\beta$ ) „ „ „ der Eisen in „ „ „
  - $\gamma$ ) „ „ „ „ „ „ am Säulenende.
- D. an den Säulen 25 und 52
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons am Säulenende
  - $\beta$ ) die Querdehnung in Säulenmitte.
- E. an den Säulen 26 und 53
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons in Säulenmitte
  - $\beta$ ) die Querdehnung am Säulenende.
- F. an der Säule 27 und an allen achtseitigen Säulen 28 bis 48, s. Abb. 10,
  - $\alpha$ ) die Längenänderungen des Betons in Säulenmitte
  - $\beta$ ) die Längenänderungen des Betons am Säulenende.

Um die Schneiden der Meßfedern für die Spiegelapparate an die Längseisen anlegen zu können, wurden einige Tage vor dem Versuch Löcher von 2 cm Durchmesser in den erhärteten Beton eingestemmt, die bis auf die Eisen hineingingen und deren Mitten die Enden der Meßlängen bildeten. Die Anordnung dieser Löcher am Säulenende zeigt Abb. 11 (s. auch Abb. 8 und 9). Die gleiche Anordnung hatten die Löcher auf der gegenüberliegenden Seite der Säule, sofern die Messungen an allen vier Längseisen vorgenommen werden sollten. War nur an zwei Längseisen zu messen, so wurden auf den beiden Seiten auch nur je zwei übereinanderliegende Löcher angebracht, die dann auf beiden Seiten einander senkrecht gegenüberlagen.

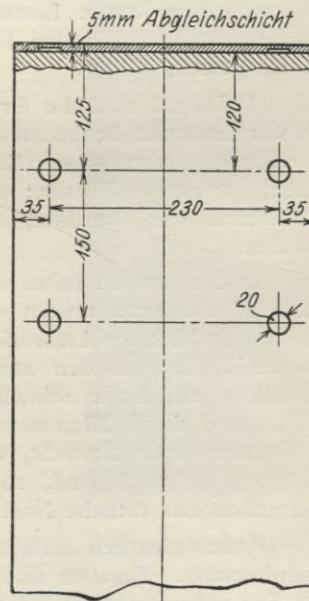


Abb. 11.  
Anordnung der Löcher zum  
Ansetzen der Meßfedern der  
Spiegelapparate an die  
Längseisen.

<sup>1)</sup> Gemessen ist bei den Säulen 21 und 24 unter A und bei 8, 11, 14, 20, 23 und 50 unter B gleichzeitig an allen 4 Eisen (s. Abb. 8 und 9), bei allen übrigen Säulen nur an zwei Eisen.

Die Längenänderungen der Säulen innerhalb deren ganzer Länge sind mit 4 Rollenapparaten gemessen, deren Anordnung aus den Abb. 8—10 zu ersehen ist. Sie zeigten den Abstand zwischen den beiden Druckplatten im Uebersetzungsvorhältnis von annähernd 1:50 an. Das Mittel aus den vier Beobachtungen ist als „Längenänderung der Säule“ angegeben.

Die Belastung wurde stufenweise gesteigert und bei jeder Stufe wurde wiederholt ent- und belastet, bis annähernd gleichbleibende Formänderungen erhalten wurden.

## 2. Versuchsergebnisse.

### A. Vergleich der verschiedenartigen Querbewehrungen bei gleicher Längsbewehrung.

#### 1. Säulen mit quadratischem Querschnitt.

##### a) Die Querdehnungen bei wachsender Belastung.

Die Beobachtungswerte für die Querdehnungen enthält Tab. 12. Man erkennt, daß die Querdehnung beim wiederholten Beladen der Säule bei der gleichen Beanspruchung mit der Zahl der Lastwechsel fortschreitet. Im allgemeinen sind hierbei aber für Belastungen bis 75 t schließlich gleichbleibende Formänderungen erzielt, während letztere bei höheren Belastungen selbst nach zehnmaligem Wechsel noch zunehmen.

Um eine bessere Uebersicht hinsichtlich des Einflusses der Lage der Meßstelle und der Art der Querbewehrung auf die Querdehnung zu gewinnen, sind die nach den letzten Lastwechseln erzielten Werte in Tab. 13 besonders zusammengestellt und hierbei die für das Säulenende geltenden Werte in liegender Schrift gesetzt.

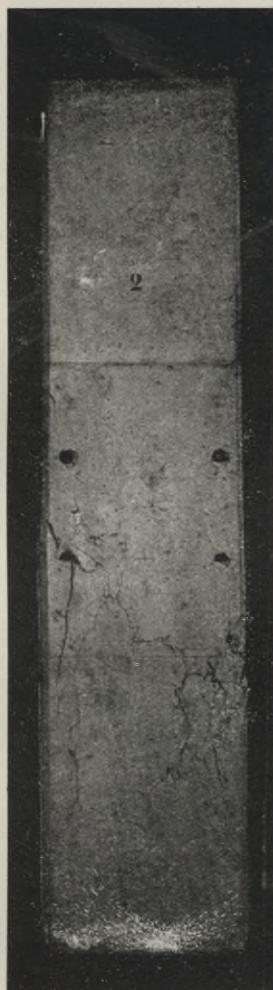
Auffallend sind die für die Querdehnung am Säulenende bei den ersten drei bis vier Laststufen beobachteten negativen Werte, entsprechend einer Abnahme des Säulendurchmessers. Daß sie auf Zufälligkeiten oder Beobachtungsfehler beruhen, ist ausgeschlossen; dafür bürgt neben ihrer regelmäßigen Wiederkehr am Säulenende der Umstand, daß sie bei den Messungen in Säulenmitte niemals auftreten.

In Säulenmitte nahm der Durchmesser mit wachsender Belastung stetig zu. Bei fünf der untersuchten 9 Paar Säulen blieb die Zunahme des Durchmessers bis zu der höchsten Laststufe, für die Beobachtungen vorliegen, in der Mitte größer als am Ende, bei den anderen vier Paaren erreichten aber die Durchmesserzunahmen am Ende schließlich größere Werte als in der Mitte. Die Umkehrstellen sind durch Klammern in Tab. 13 gekennzeichnet. Zieht man die Brucherscheinungen in Betracht, wie sie in den Lichtbildern Abb. 12 bis 32 zur Ansicht gebracht sind, so scheint es nach der Lage der Bruchstellen, als ob hier schon das örtliche Nachgeben des Betons zur Geltung gekommen ist.

Außerordentlich auffallend ist der verschiedenartige Verlauf der „bleibenden“ Querdehnung. Ergaben sich beim erstmaligen Entlasten bleibende Zunahmen des Säulendurchmessers, so wuchs der Durchmesser auch beim wiederholten Entlasten (s. z. B. Säule 1 und 13 Tab. 12), hatten sich dagegen beim erstmaligen Entlasten für die Querdehnung bleibende negative Werte, also bleibende Abnahmen des Säulendurchmessers ergeben, so wuchsen die negativen Werte bei den ersten Laststufen mit der Zahl der Wiederholungen des Entlastens; bei den späteren Laststufen, also bei höheren Belastungen, nahmen dagegen die negativen Werte beim wiederholten Entlasten ab und gingen schließlich in positive über (s. z. B. Säule 2, 4, 7 Tab. 12). Hierzu kommt, daß sich auch in der

Abb. 12.

Säulen 1 bis 3 mit Ringbewehrung (0,5 cm Durchmesser, geschweißt).



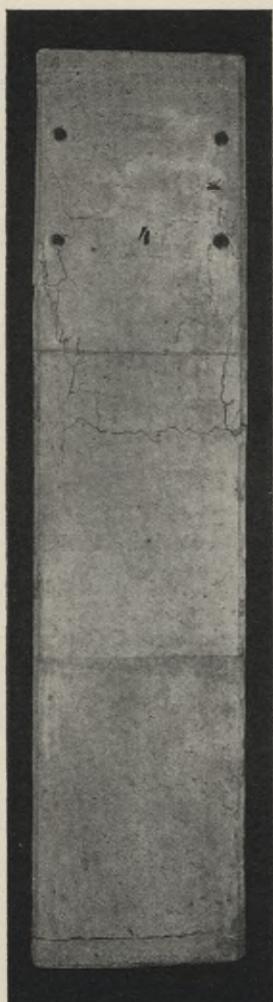
Bruchlast = 172 170 kg

= 180 440 kg

= 183 280 kg.

Abb. 13.

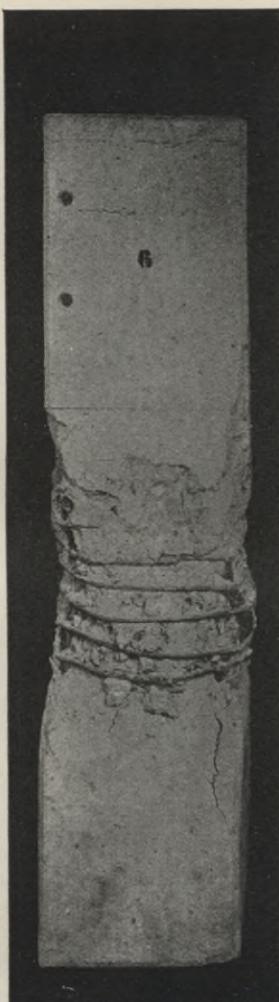
Säulen 4 bis 6 mit Ringbewehrung (0,7 Durchmesser, geschweißt).



Bruchlast = 201 350 kg



= 182 470 kg



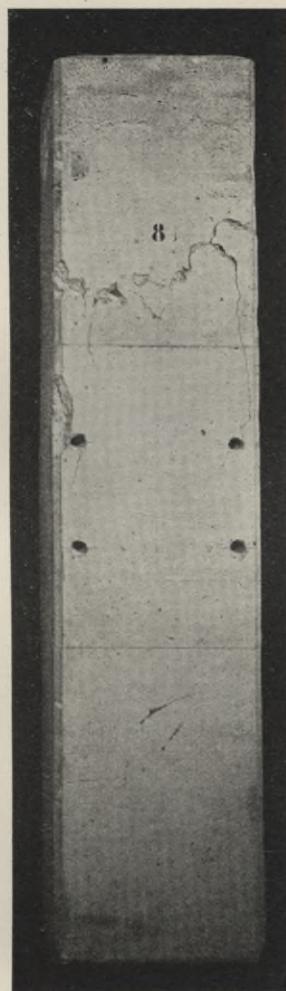
= 196 680 kg.

Abb. 14.

Säulen 7 bis 9 mit Ringbewehrung (0,5 cm Durchmesser, umgehakt).



Bruchlast = 191 200 kg



= 186 530 kg



= 195 060 kg.

Abb. 15.

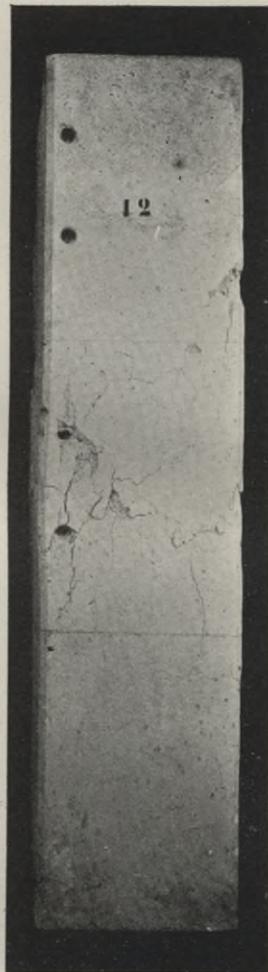
Säulen 10 bis 12 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgehakt).



Bruchlast = 176720 kg



= 196680 kg



= 204190 kg.

Abb. 16.

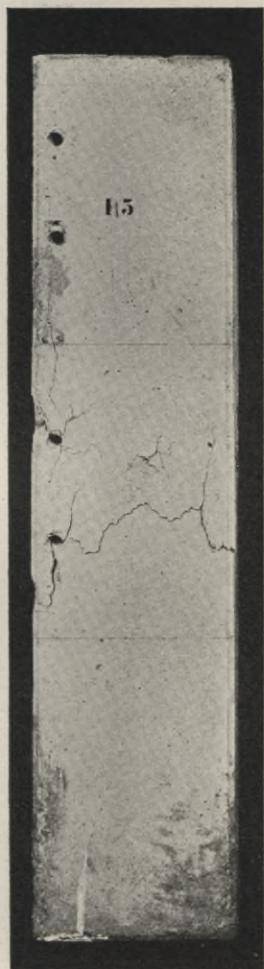
Säulen 13 bis 15 mit Diagonalbügel (0,5 cm Durchmesser).



Bruchlast = 185 520 kg



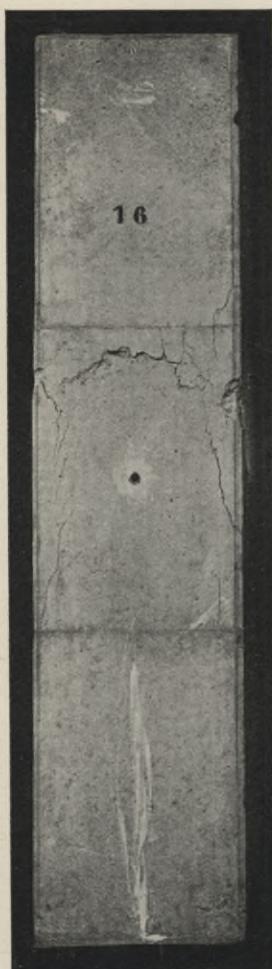
= 174 240 kg



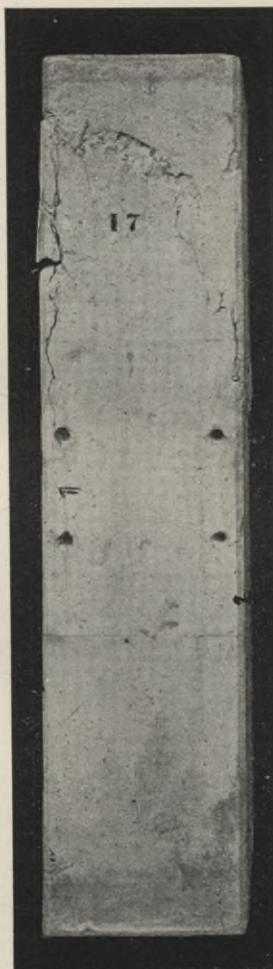
= 184 500 kg.

Abb. 17.

Säulen 16 bis 18 mit Diagonalbügel (0,7 cm Durchmesser).



Bruchlast = 182880 kg



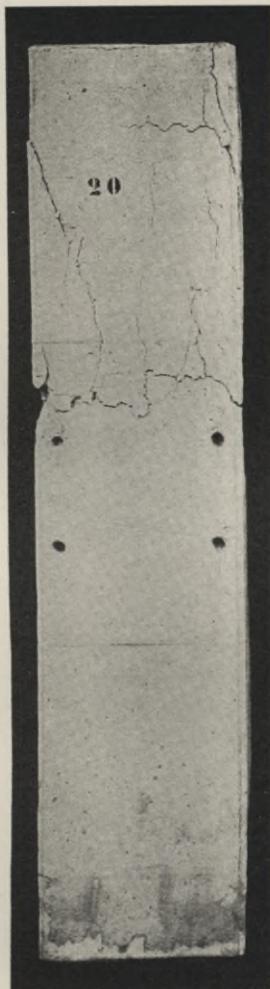
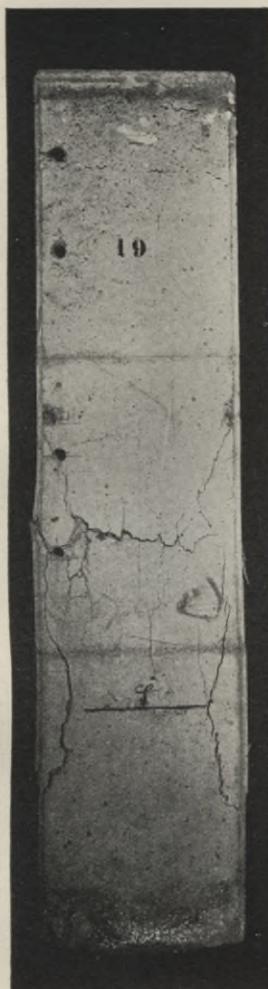
= 183280 kg



= 153090.

Abb. 18.

Säulen 19 bis 21 mit Spiralbewehrung (0,5 cm Durchmesser).



Bruchlast = 198710 kg

= 165950 kg

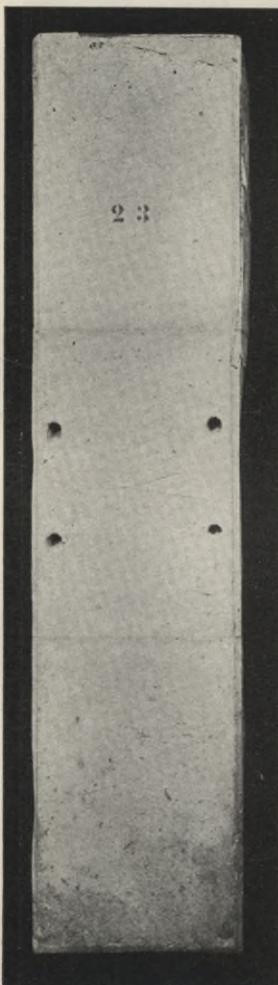
= 174240 kg.

Abb. 19.

Säulen 22 bis 24 mit Spiralbewehrung (0,7 cm Durchmesser).



Bruchlast = 204 800 kg



= 171 340 kg



= 196 680 kg.

Abb. 20.

Säulen 26 und 27 ohne Bewehrung.



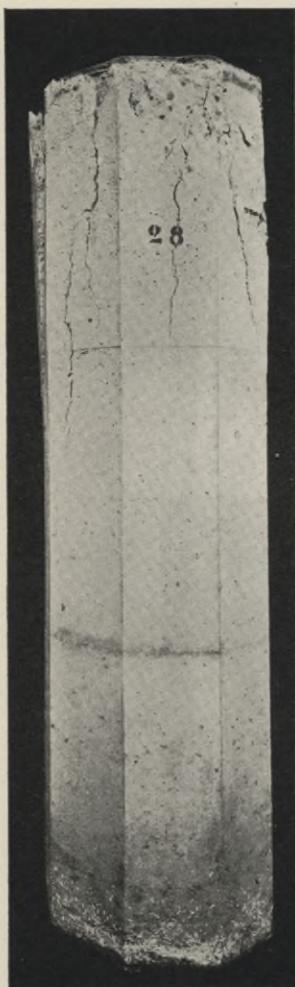
Bruchlast = 179 210 kg



= 176 730 kg.

Abb. 21.

Säulen 28 bis 30 mit Ringbewehrung (0,5 cm Durchmesser, geschweißt).



Bruchlast = 206 010 kg



= 186 730 kg



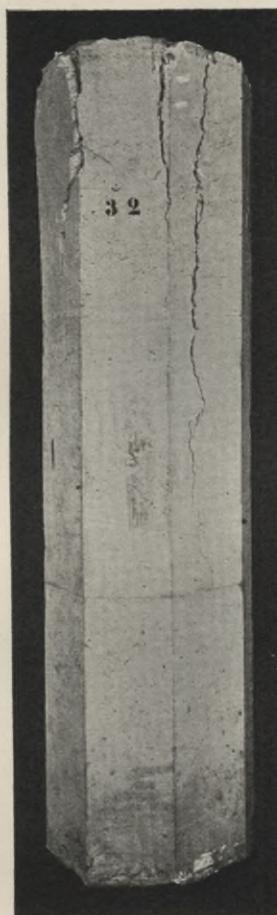
= 194 240 kg.

Abb. 22.

Säulen 31 bis 33 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, geschweißt).



Bruchlast = 215 950 kg



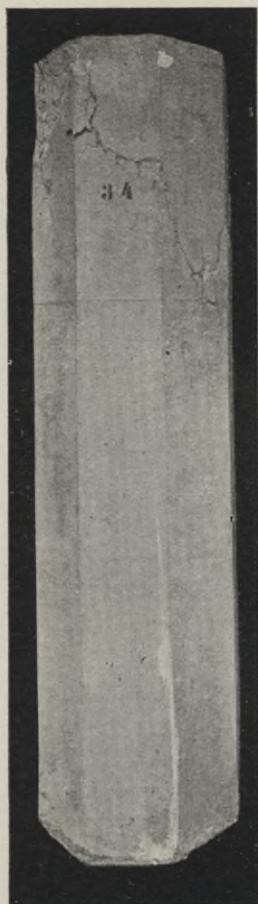
= 203 780 kg



= 225 700 kg.

Abb. 23.

Säulen 34 bis 36 mit Ringbewehrung (0,5 cm Durchmesser, umgehakt).



Bruchlast = 165 320 kg



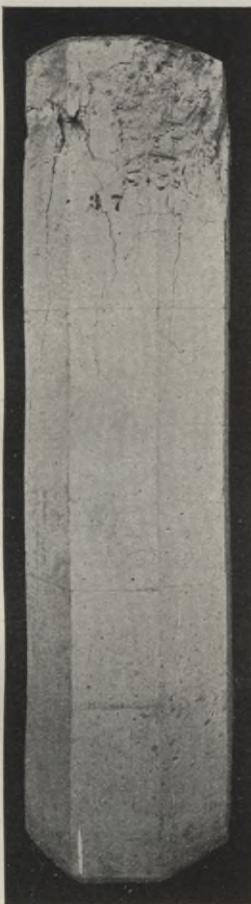
= 189 170 kg



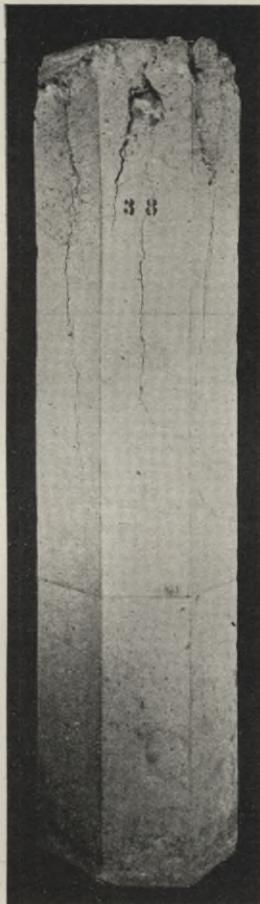
= 194 040 kg.

Abb. 24.

Säulen 37 bis 39 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgebakt).



Bruchlast = 209050 kg



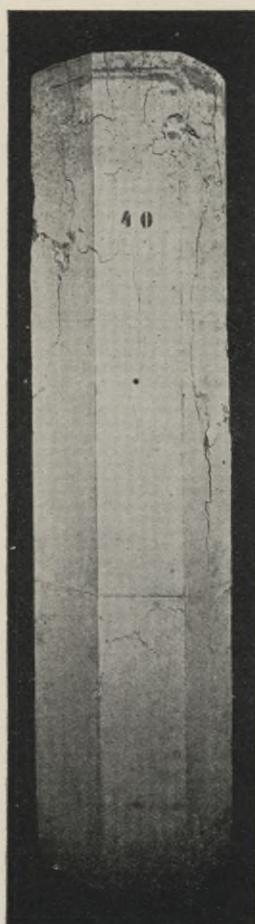
= 203990 kg



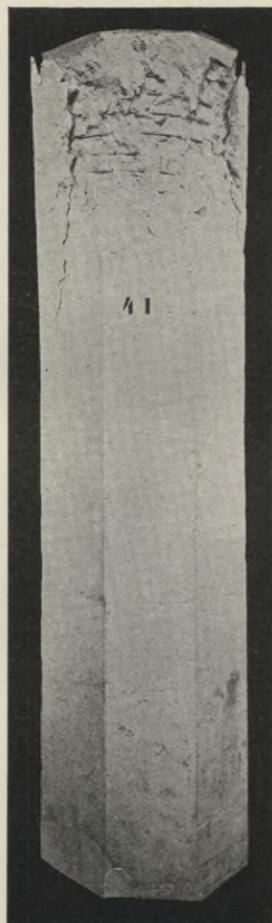
= 214940 kg.

Abb. 25.

Säulen 40 bis 42 mit Spiralbewehrung (0,5 cm Durchmesser).



Bruchlast = 205410 kg



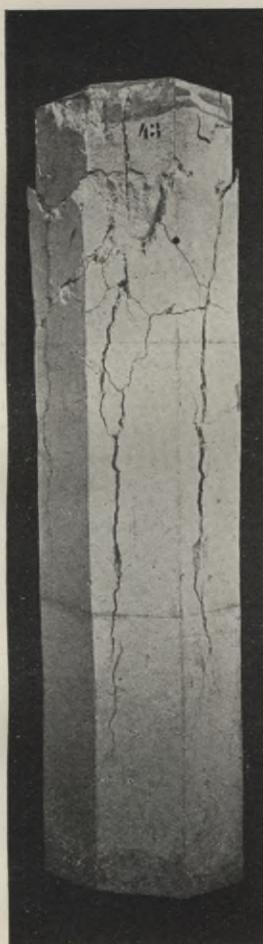
= 162010 kg



= 194650 kg.

Abb. 26.

Säulen 43 bis 45 mit Spiralbewehrung (0,7 cm Durchmesser).



Bruchlast = 210070 kg



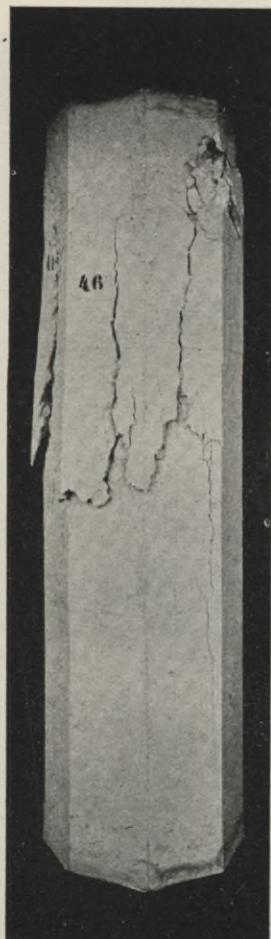
= 192420 kg



= 192620 kg.

Abb. 27.

Säulen 46 bis 48 ohne Bewehrung.



Bruchlast = 174850 kg



= 179420 kg



= 170090 kg

Abb. 28.

Säulen 49 bis 51 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgehakt).



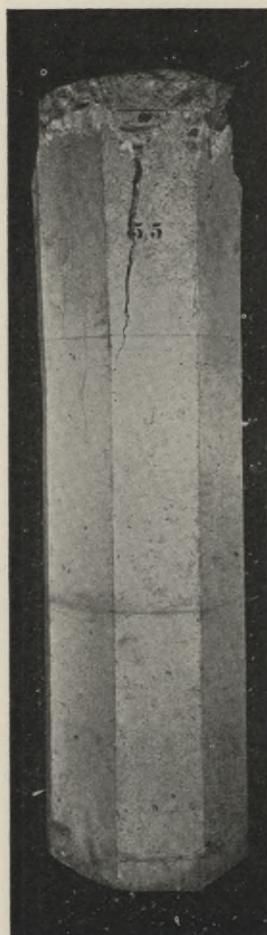
Bruchlast = 251180 kg

= 246460 kg

= 215960 kg.

Abb. 29.

Hohle Säulen 55 bis 57 mit Spiralbewehrung (0,7 cm Durchmesser).  
Durchmesser des Hohlraumes = 10 cm; Durchmesser der Spirale = 28 cm.



Bruchlast = 174 660 kg



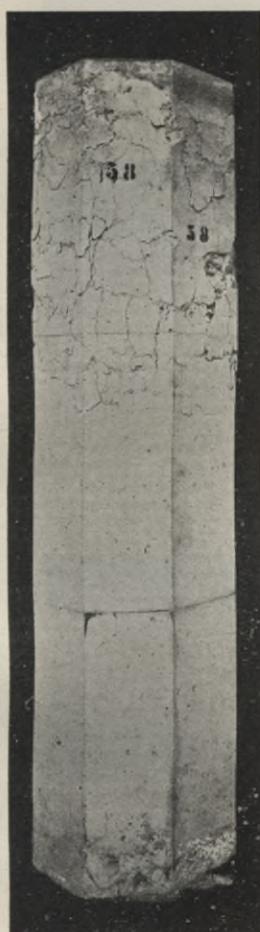
= 177 150 kg



= 165 950 kg.

Abb. 30.

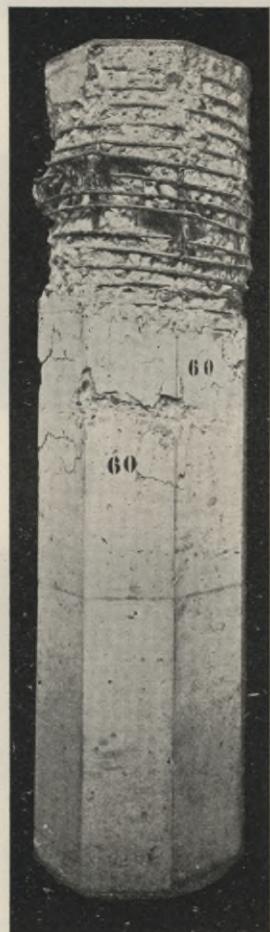
Hohle Säulen 58 bis 60 mit Spiralbewehrung (0,7 cm Durchmesser).  
Durchmesser des Hohlraumes = 10 cm; Durchmesser der Spirale = 28 cm.



Bruchlast = 197700 kg



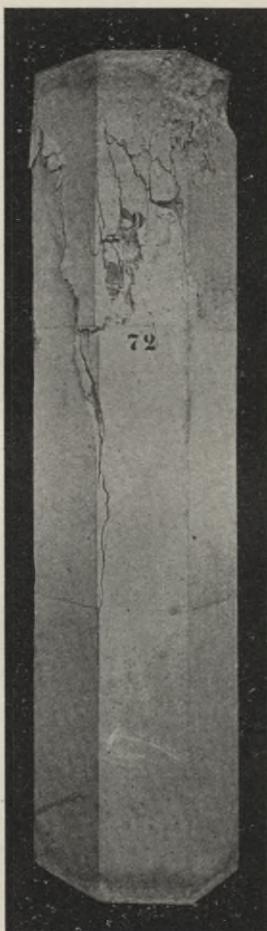
= 199520 kg



= 185720 kg.

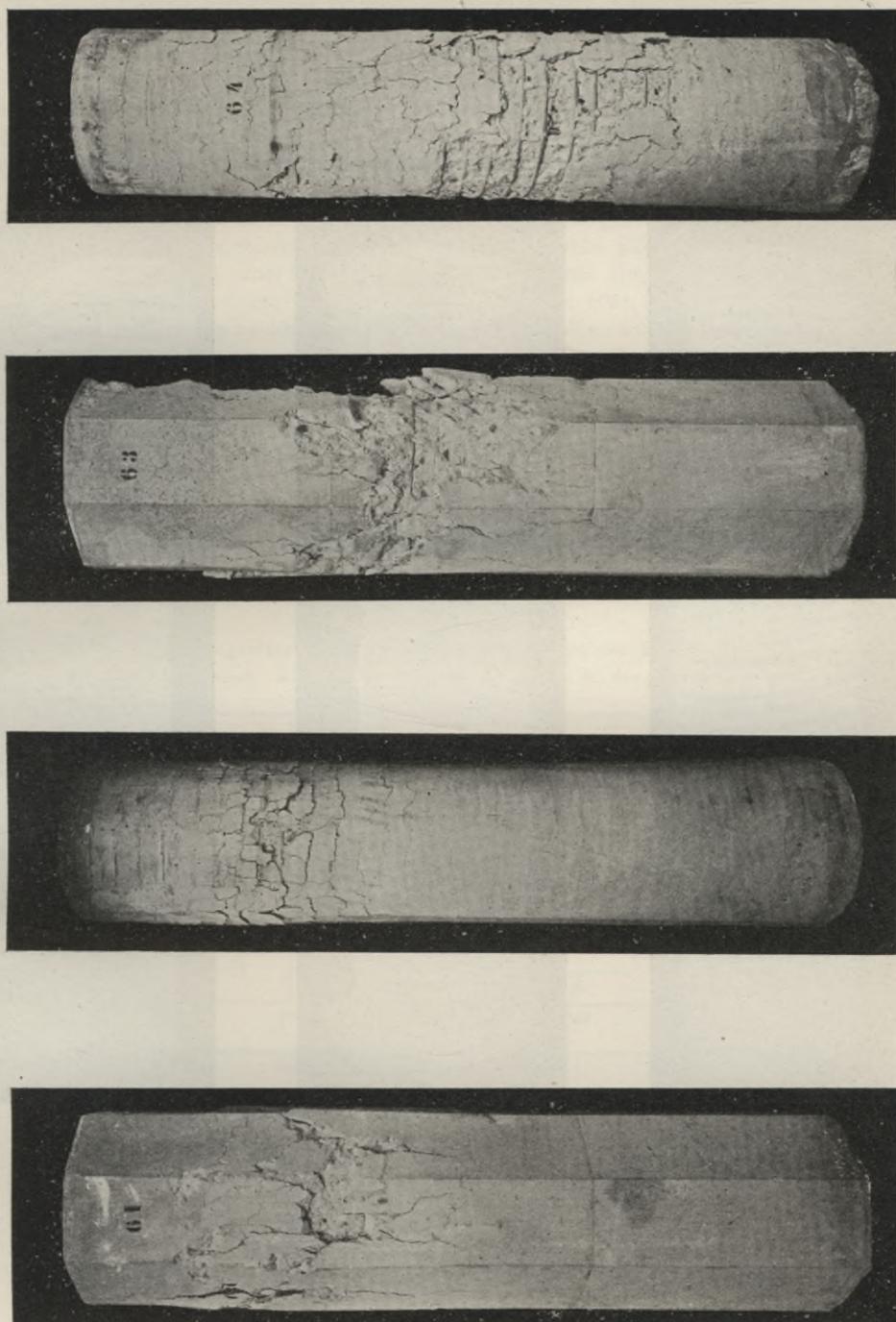
Abb. 30a.

Hohle Säule ohne Bewehrung.  
Durchmesser des Hohlraumes = 10 cm.



Bruchlast = 141 680 kg.

Abb. 31. Säulen 61 bis 64 mit Spiralbewehrung (62 und 64 ohne Schale). Durchmesser des Spiraleisens bei 61 und 62 = 0,5 cm, bei 63 und 64 = 0,7 cm.



Bruchlast = 177 360 kg

= 152 680 kg

= 200 740 kg

= 196 270 kg

Abb. 32.

Säulen 65 bis 67 mit Spiralbewehrung (1,2 cm Durchmesser,  $\sigma_s = 3400 \text{ kg/qcm}$ ).



Bruchlast = 375 240 kg



= 376 240 kg



= 367 870 kg.

Mitte einiger Säulen, wo die Gesamtquerdehnungen durchweg positive Werte ergeben hatten, nach dem Entlasten negative Werte einstellten und daß am Säulenende die negativen bleibenden Dehnungen z. T. größer waren als diejenigen unter der Belastung. Eine sichere Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Es möge aber darauf hingewiesen werden, daß hier vielleicht die Neigung des Betons, beim Erhärten zu schwinden, eine Rolle spielte, indem beim wiederholten Be- und Entlasten die Spannungen ausgelöst wurden, die dadurch in dem erhärtenden Beton entstanden waren, daß die Bewehrungen dem Schwinden durch Reaktionskräfte entgegenwirkten, sofern der Beton an ihnen haftete.

Abgesehen von der Probe, ergaben sich für die bewehrten Säulen, in Ueber-einstimmung mit den früheren Versuchen, bei Belastungen bis zu 73,7 t in der Mitte geringere Querdehnungen als für die unbewehrten Säulen, bei höheren Belastungen stellte sich aber das umgekehrte Verhältnis ein. Für die Messungen am Säulenende tritt diese Umkehr z. T. schon bei etwa 33,3 t Belastung ein.

Ein ausgesprochener Einfluß der Verschiedenartigkeit der Querbewehrungen auf die Querdehnung der Säulen tritt bei den vorliegenden Versuchen nicht zutage.

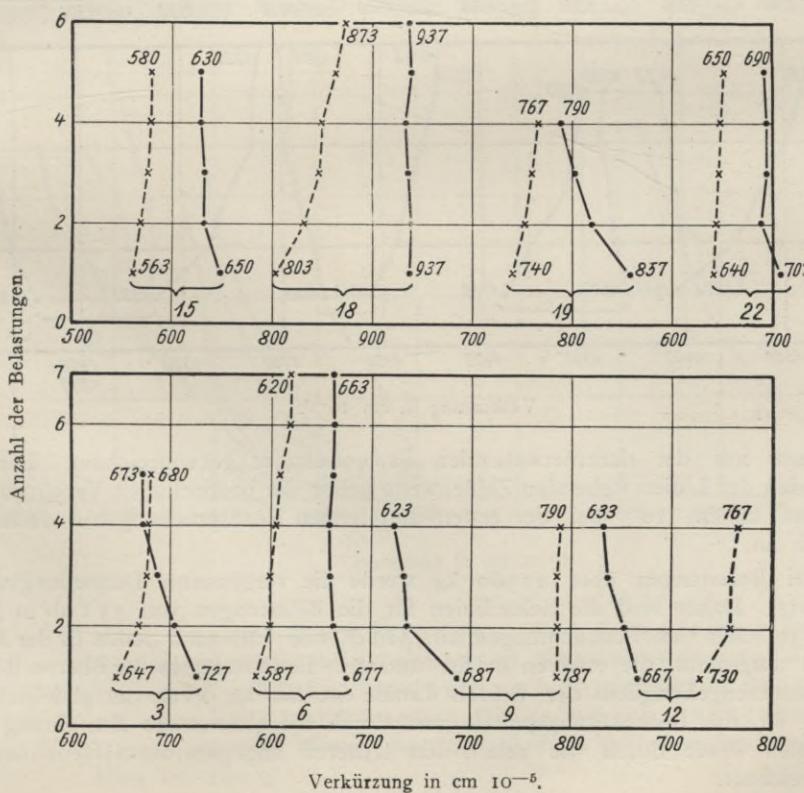
### b) Längenänderungen der Längseisen in den Säulen mit quadratischem Querschnitt.

Die für die einzelnen Laststufen bis zu 145800 kg Höchstlast beim wiederholten Be- und Entlasten beobachteten gesamten, bleibenden und federnden Längenänderungen der Längseisen sind in Tab. 14—21 zusammengestellt.

Abb. 33.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 12530 kg.

Gemessen: • ————— am Ende, ×-----× in der Mitte.

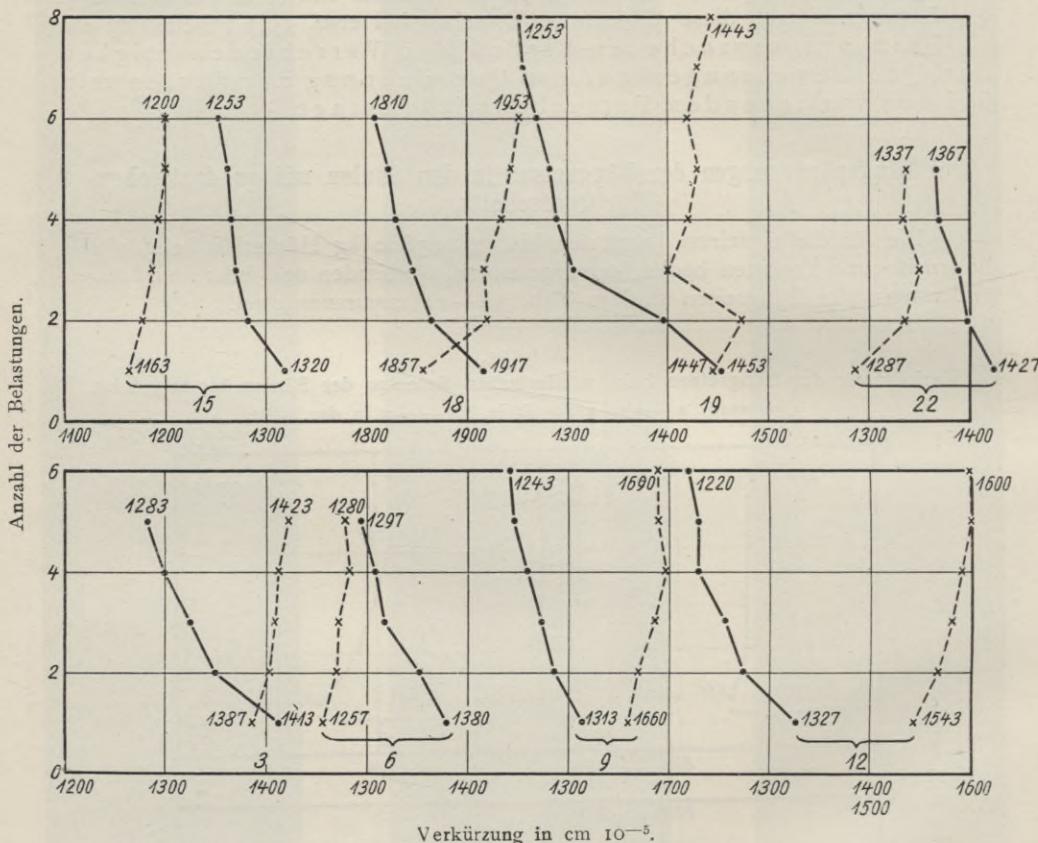


Für die Säulen 3, 6, 9, 12, 15, 18, 19 und 22, bei denen die Messungen am Säulenende und in der Mitte gleichzeitig erfolgten (s. Abschnitt V. 1 Reihe C), ist der Verlauf der Gesamt-Längenänderungen bei den wiederholten Beanspruchungen mit den gleichen Belastungen durch Schaulinien dargestellt. Abb. 33 und 34 zeigen die Linien für 12530 und 22960 kg Belastung, und zwar haben hier die Linien für die Beobachtungen am Säulenende und in der Mitte derselben Säule den gleichen Nullpunkt des Koordinatensystems. Die für das Säulenende geltenden Linien sind voll ausgezogen, diejenigen für die Mitte der Säulen gestrichelt. Die Zugehörigkeit der Linienpaare zu derselben Säule ist durch Klammern mit der darunterstehenden Säulennummer gekennzeichnet. Die an den Enden der Linien stehenden Zahlenwerte geben die beobachteten Verkürzungen der Eisen in  $\text{cm } 10^{-5}$  bei der ersten und letzten Beanspruchung mit derselben Laststufe an.

Abb. 34.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 22960 kg.

Gemessen: ● — ● am Ende, × - - - × in der Mitte.



Klammern mit der darunterstehenden Säulennummer gekennzeichnet. Die an den Enden der Linien stehenden Zahlenwerte geben die beobachteten Verkürzungen der Eisen in  $\text{cm } 10^{-5}$  bei der ersten und letzten Beanspruchung mit derselben Laststufe an.

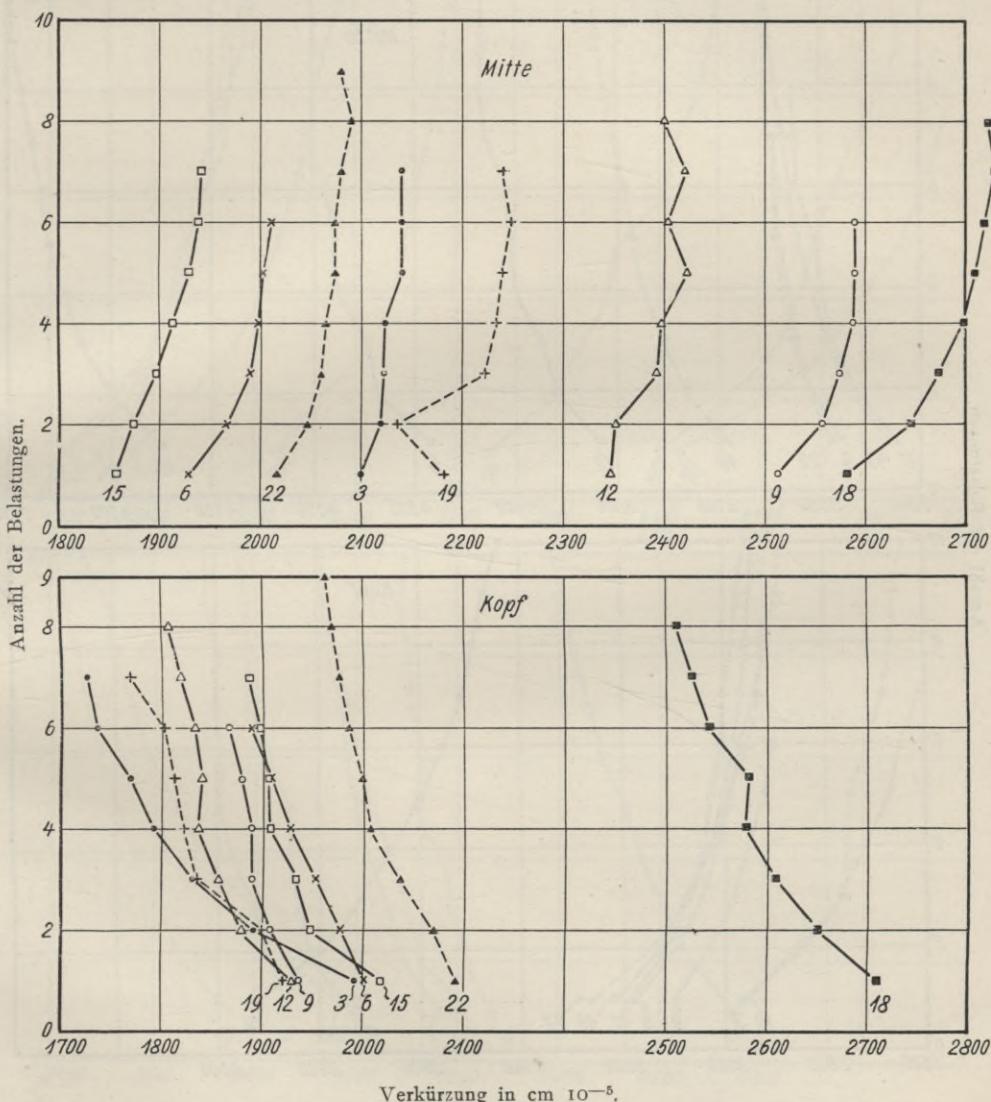
Bei Belastungen über 22960 kg wurde die vorgenannte Darstellungsweise zu sperrig. Daher sind die Schaulinien für die Belastungen von 33 t ab in Abb. 35 bis 39 nach den Beobachtungen am Säulenende und nach denen in der Mitte getrennt dargestellt, die ersten in der unteren, die letzteren in der oberen Reihe. Die Zusammengehörigkeit der beiden Linien ist hierbei durch die gleichartigen Zeichen für die Beobachtungspunkte und durch die gleichartige Ausführung der Schaulinien sowie durch die neben den letzteren angegebenen Säulennummern gekennzeichnet.

Aus der Neigung der Schaulinien Abb. 33 bis 39 ergibt sich für die Belastungen bis zu 145800 kg Höchstlast,

- a) daß die **Gesamtverkürzungen der Eisen** in der **Mitte** aller Säulen und unter allen Laststufen bei Wiederholung derselben Beanspruchung **zunahmen**. Dagegen nahmen

Abb. 35.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 33330 kg.



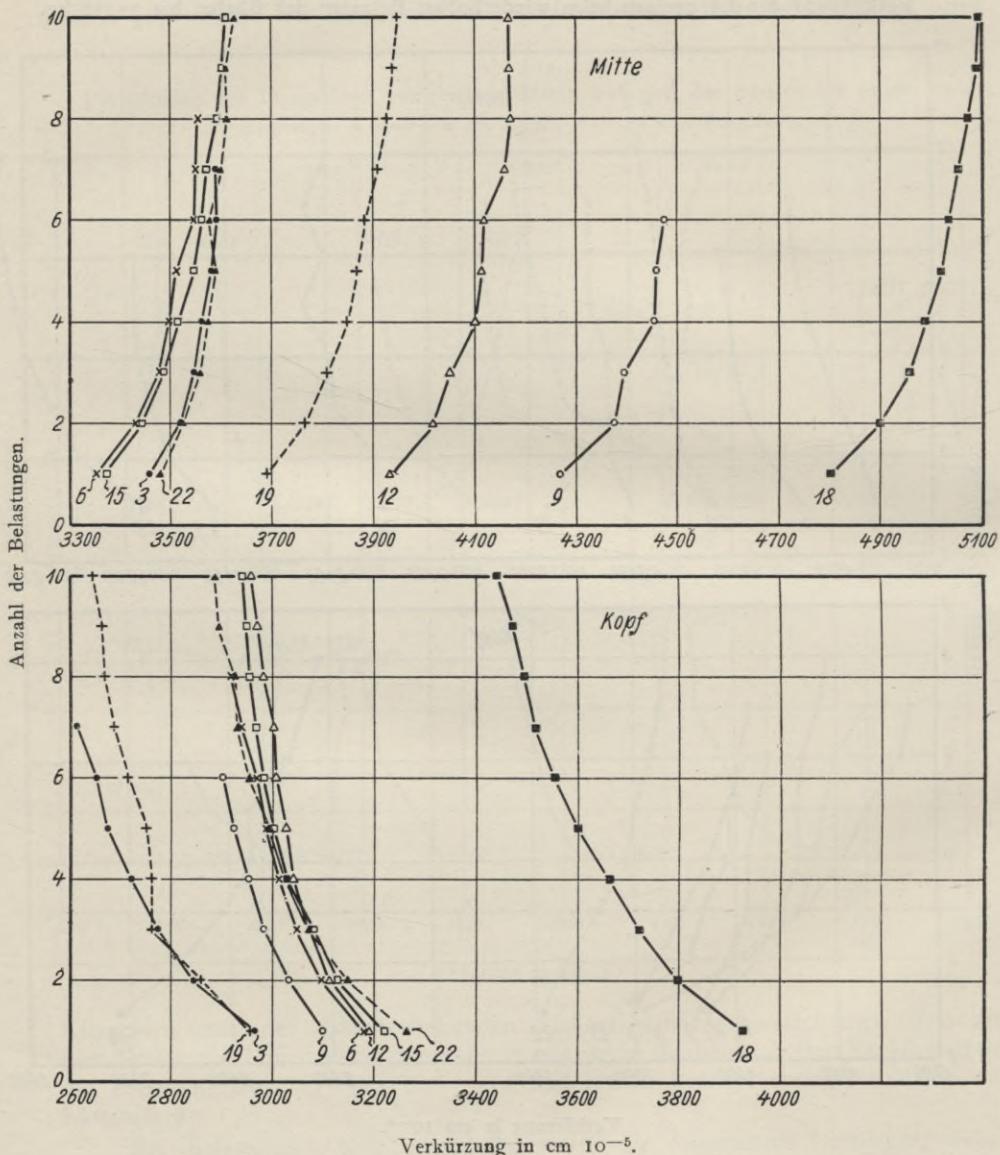
Verkürzung in cm  $10^{-5}$ .

- b) die **Gesamt-Verkürzungen der Längseisen am oberen Säulenende** bei wiederholter Beanspruchung der Säule mit der gleichen Belastung bei **geringeren** Belastungen **ab** und erst bei höheren Belastungen ebenfalls zu. Die Grenze zwischen diesem verschiedenartigen Verhalten der Längseisen liegt etwa bei 100 t.

- c) die **federnden** Verkürzungen der Längseisen zeigen nach den Werten der Tab. 14—21 beim wiederholten Belasten der Säulen das gleiche Verhalten wie die Gesamtverkürzungen.

Abb. 36.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 53750 kg.

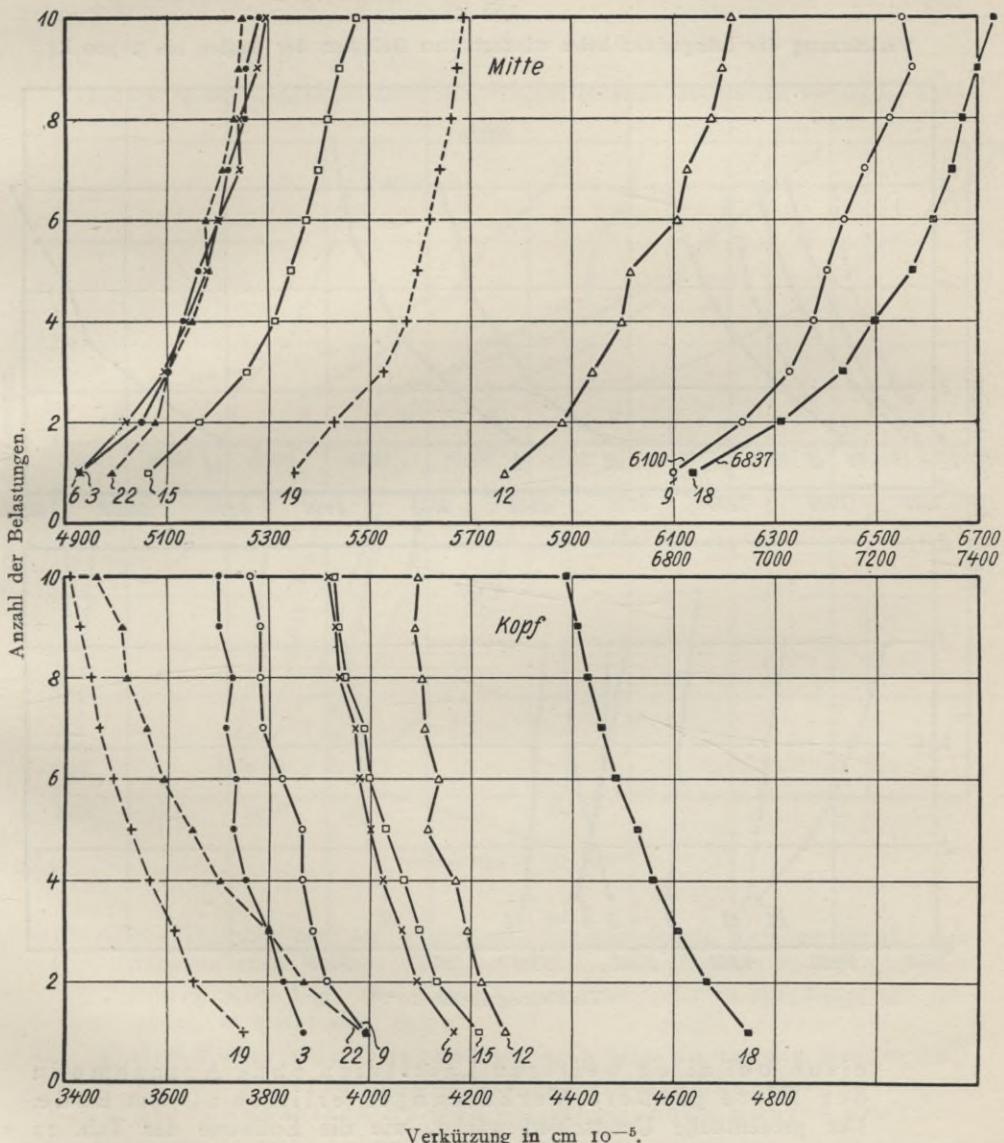


- d) die Beobachtungen Tab. 14—21 für die **bleibenden** Längenänderungen der Längseisen nach dem Entlasten der Säulen lassen die beachtenswerte Erscheinung zutage treten, daß die Längseisen sich in der Säulen **mitte** bleibend **verkürzen**, und zwar zunehmend mit der Zahl der Belastungswechsel,

dafür dagegen die Länge der Eisen am Säulenende nach dem Entlasten auf 2090 kg größer gefunden wurde, als sie ursprünglich in der mit 2090 kg belasteten Säule gewesen war. Hierbei wuchs diese Längenzunahme der Eisen mit der Zahl der Lastwechsel.

Abb. 37.

Verkürzungen der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 73710 kg.



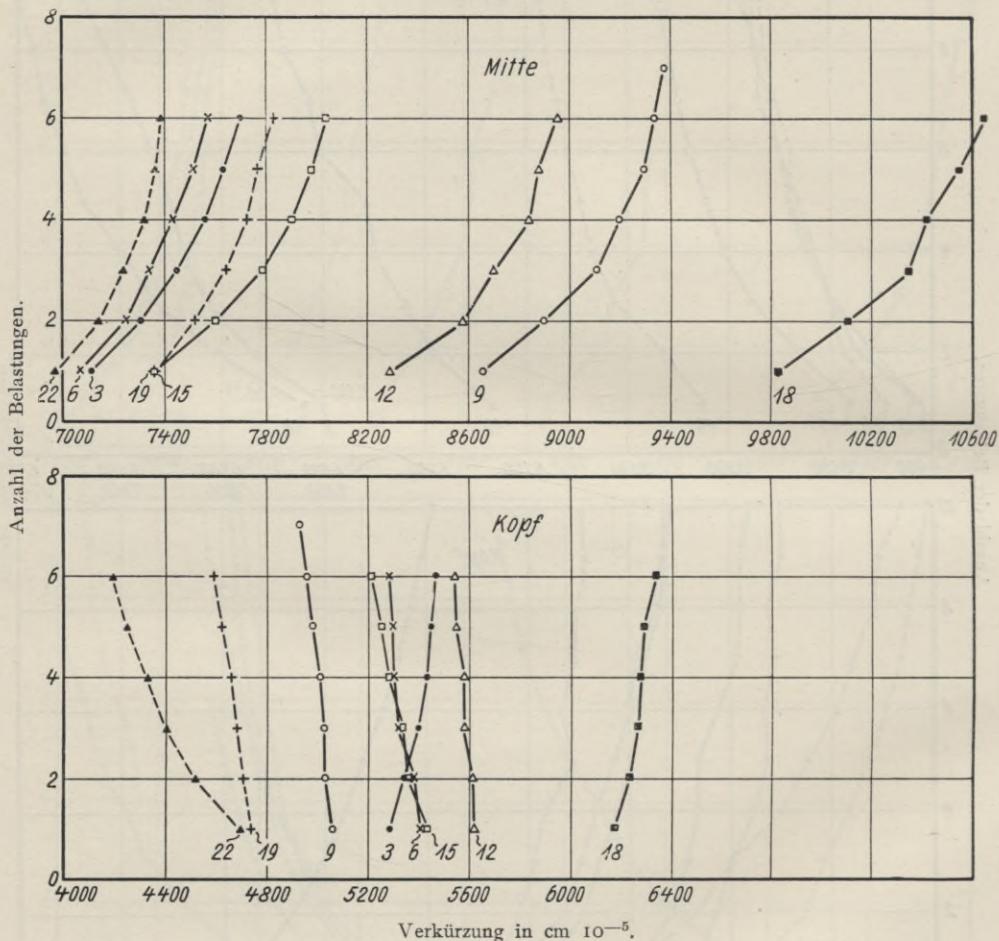
Die Erklärung für diese eigenartige Erscheinung suche ich darin, daß die Längseisen infolge Schwindens des an ihnen haftenden Betons unter Druckspannungen kommen, die sich beim Belastungswechsel allmählich auslösen, indem der Zusammenhang zwischen Beton und Eisen sich lockert.

In Tab. 22 sind die bei dem letztmaligen Lastwechsel für die einzelnen Laststufen erzielten Längenänderungen der Eisen (s. Tab. 14 bis 21), getrennt nach den Messungen am Ende der Säulen und in deren Mitte, gegenübergestellt. Vergleicht man zunächst die beiden Mittelwerte für die Säulen gleicher Bewehrung miteinander, so ergibt sich, daß

- e) die Gesamtverkürzungen der Längseisen bei 12530 kg Belastung teils am Ende, teils in der Mitte die größeren waren, daß aber die Längs-

Abb. 38.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 98500 kg.



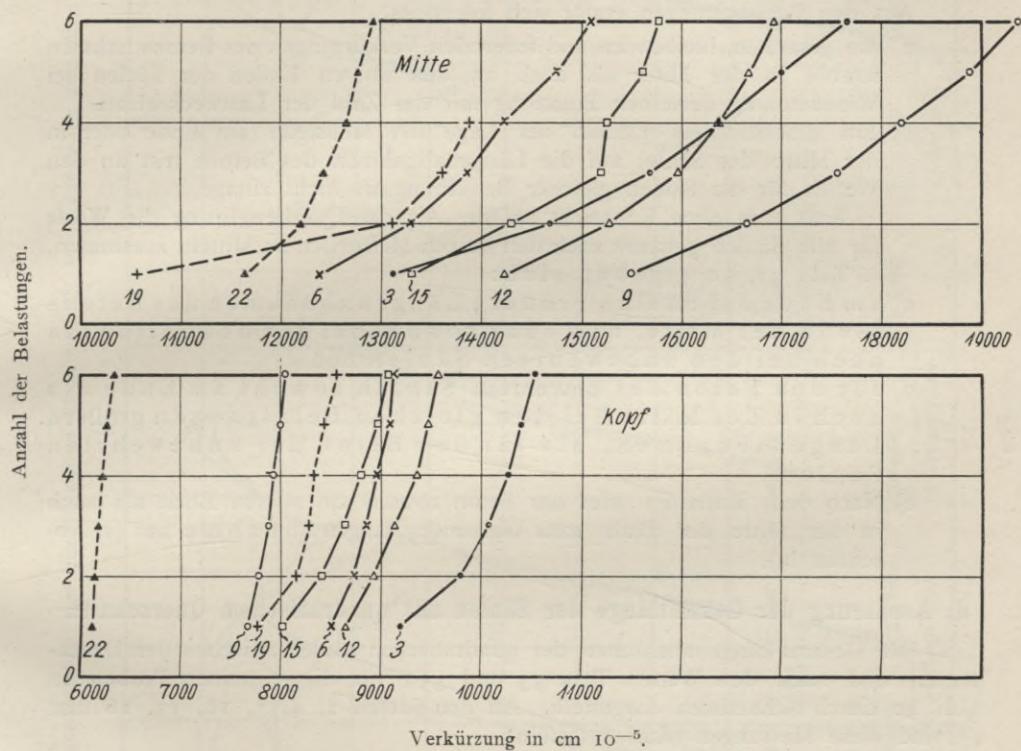
eisen bei allen weiteren Laststufen ohne Ausnahme in der Mitte größere Verkürzungen erlitten als am Ende. Der prozentuelle Unterschied wächst, wie die Endwerte der Tab. 22 zeigen, mit zunehmender Belastung der Säulen. Hieraus folgt aber, daß die Längseisen bei derselben Belastung der Säule in deren Mitte höher beansprucht waren, also einen größeren Anteil der Gesamtbelastung aufnahmen als an den Enden der Säulen.

Der Vergleich der Mittelwerte für die Messungen in der Mitte und am Ende der Säulen bei der gleichen Bewehrungsform ergibt, daß

- f) die Längseisen in den mit umgehakten Ringen und mit Diagonal-Bügeln bewehrten Säulen sowohl am Ende als auch in der Mitte bei der stärkeren Querbewehrung (0,7 cm-Eisenstärke) ausnahmslos größere Verkürzungen erlitten als bei der schwächeren (0,5 cm) Querbewehrung. Das Gleiche gilt bei den Säulen mit geschweißten Ringen für die Längenänderungen der Eisen in der Mitte; dagegen war die Längenabnahme der Längseisen bei den Säulen mit geschweißten Ringen am Ende und bei den spiralförmig bewehrten Säulen an beiden Meßstellen (Mitte und Ende) bei den dickeren Quereisen die geringere.

Abb. 39.

Verkürzung der Längseisen beim wiederholten Belasten der Säulen bis 145800 kg.



Vergleicht man schließlich noch die Mittelwerte Tab. 22 für die vier verschiedenen Formen der Querbewehrung bei gleichem Eisendurchmesser und gleicher Lage der Meßstelle (am Ende oder in der Mitte) mit einander, so ergibt sich, daß

- g) die Form der Querbewehrung bis zu 145,8 t Belastung keinen gesetzmäßigen Einfluß auf die Längenänderungen der Längseisen in den quadratischen Säulen ausübte.

In Heft 21, Seite 55, hatte ich der Ansicht, „daß der Beton oder Mörtel zwischen den Endflächen der Längseisen und der Druckfläche (der Beton- oder Mörtel-Zylinder über den Längseisen) zuerst zerstört werde und dann Sprengwirkungen äußere“, die Beobachtung entgegengehalten, „daß der Beton oder die Abgleichschicht an den Stellen über den Längseisen aus der Endfläche der Säule meßbar herausgetreten war“, und aus dieser Beobachtung geschlossen, „daß nach dem Freiwerden der Druckfläche nach außen rückwirkende Kräfte ausgelöst sein

mußten". Diese Ansicht findet in dem vorstehend unter d) zusammengefaßten Ergebnis, daß die Längseisen nach dem Belasten und Wiederentlasten der Säulen sich an deren Ende tatsächlich sogar länger erwiesen, als sie vor dem Versuch gewesen waren, volle Bestätigung und dürfte nunmehr die Erscheinung der eigenartigen Rißbildung in den Druckflächen über den Längseisen (s. Abb. 18 Heft 21) ihre endgültige Erklärung gefunden haben.

### e) Längenänderungen des Betons in den Säulen mit quadratischem Querschnitt.

Die für die einzelnen Laststufen beim wiederholten Be- und Entlasten der Säulen beobachteten gesamten, bleibenden und federnden Längenänderungen des Betons der bewehrten Säulen sind in Tab. 23 bis 30 zusammengestellt. Tab. 31 enthält die Beobachtungen an den unbewehrten Säulen.

Aus den Beobachtungen ergibt sich folgendes:

- a) die gesamten, bleibenden und federnden Verkürzungen des Betons nahmen sowohl in der Mitte als auch an den oberen Enden der Säulen bei Wiederholung derselben Belastung mit der Zahl der Lastwechsel zu.
- b) Ein gesetzmäßiger Einfluß der Lage der Meßstelle (am Ende oder in der Mitte der Säule) auf die Längenabnahmen des Betons tritt an den Werten für die Säulen gleicher Bewehrungsart nicht zutage.
- c) Faßt man ohne Rücksicht auf die Art der Querbewehrung die Werte für alle Säulen getrennt nach den beiden Meßstellen zu Mitteln zusammen, s. Tab. 32, so ergeben sich:
- c) am Ende der Säulen größere Längenabnahmen des Betons als in der Mitte, und zwar sowohl bei den bewehrten als auch bei den unbewehrten Säulen und
- d) für den Beton der **bewehrten** Säulen sowohl am Ende als auch in der Mitte bei den gleichen Belastungen **größere** Längenabnahmen, als für den Beton der unbewehrten Säulen.
- e) Nach dem Entlasten wies der Beton sowohl am oberen Ende als auch in der Mitte der Säule stets bleibende Längenabnahme auf (s. Abschnitt b.).

### d) Änderung der Gesamtlänge der Säulen mit quadratischem Querschnitt.

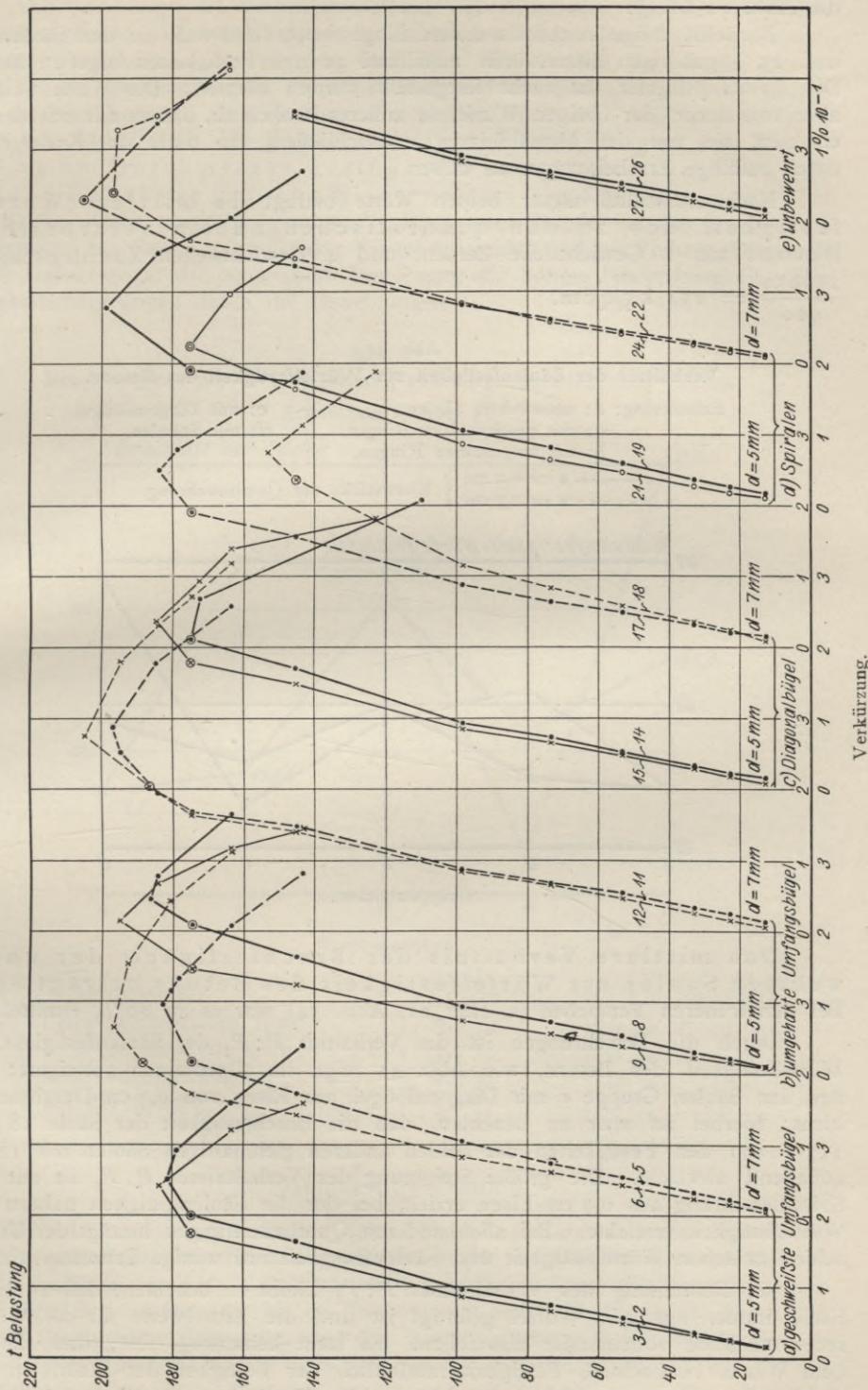
Die Gesamt-Längenabnahmen der quadratischen Säulen zwischen den Druckplatten sind nach den Werten Tab. 33 und 33a für die einzelnen Proben in Abb. 40 durch Schaulinien dargestellt. An den Säulen 1, 4, 7, 10, 13, 16 und 25 sind diese Messungen nicht ausgeführt.

Die Mittelwerte Tab. 33 lassen erkennen, daß die Längenabnahmen der Säulen zwischen den Druckplatten bis zu 145,8 t-Belastung durch keine der vier verschiedenartigen Bewehrungen gesetzmäßig beeinflußt sind. Sowohl die gesamten als auch die bleibenden sowie die federnden Verkürzungen sind bei den bewehrten Säulen meist etwas größer als bei den unbewehrten; ferner sind sie auch bei den Säulen mit den Querbewehrungen aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser meistens sogar größer als bei den Säulen mit der schwächeren Querbewehrung (0,5 cm-Durchmesser).

Die Schaulinien Abb. 40 lassen erkennen, daß nach dem Eintritt der ersten Risse bei den an den einzelnen Schaulinien durch Kreise gekennzeichneten Belastungen noch eine weitere Steigerung der Belastung möglich war.

### e) Die Festigkeit der quadratischen Säulen.

Die für die quadratischen Säulen beobachteten Belastungen beim Beginn der Rißbildung und die Bruchlasten sind aus Tab. 34 zu ersehen. Den letzteren sind zugleich die Bruchlasten der mit den Säulen gleichzeitig gefertigten Würfel

Abb. 40. Gesamt-Längenabnahme der quadratischen Säulen in  $\% \cdot 10^{-4}$ , gemessen zwischen den Druckplatten.

Verkürzung.

gegenübergestellt. Die an den Säulen zu beobachtenden Brucherscheinungen zeigen die Abb. 12 bis 32.

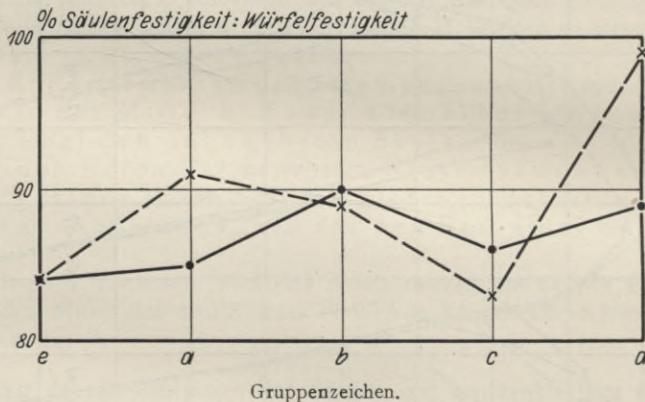
Zunächst möge nochmals darauf hingewiesen sein, daß die den Säulen 20 und 23 zugehörigen Betonwürfel auffallend geringe Festigkeiten ergeben haben. Die Ursache hierfür hat nicht festgestellt werden können. Die Werte weichen aber von denen der übrigen Würfel so außerordentlich ab, daß es mir erforderlich erschien, sie von der Mittelbildung auszuschließen, um nicht das Endergebnis durch zufällige Erscheinungen zu trüben.

Nach Ausschluß dieser beiden Werte beträgt die mittlere Würfelfestigkeit des zu den quadratischen Säulen verarbeiteten Betons aus 1 Gewichtsteile Zement und 4 Gewichtsteilen Zuschlagsmaterial  $\frac{210650}{900} = 234 \text{ kg/q cm}$ .

Abb. 41.

## Verhältnis der Säulenfestigkeit zur Würfelfestigkeit des Betons.

Erläuterung:   
 e: unbewehrte Säulen,      c: mit Diagonalbügel,  
 a: mit geschweißten Ringen,      d: mit Spiralen.  
 b: mit umgehaktten Ringen,  
 • — • = 0,5 cm } Eisenstärke der Querbewehrung.  
 x - - - x = 0,7 cm }



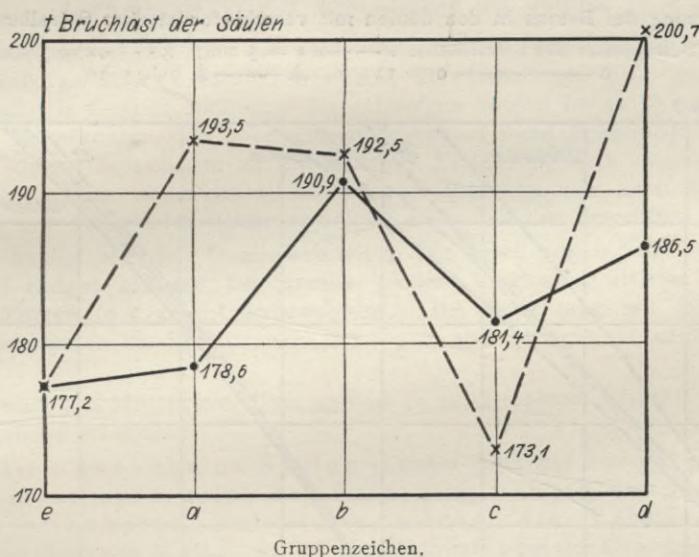
Das mittlere Verhältnis der Bruchfestigkeit der unbewehrten Säulen zur Würfelfestigkeit des Betons beträgt 84%. Bei den früheren Versuchen (s. Heft 21, Abb. 34) war es zu 80% ermittelt.

Durch die Bewehrungen ist das Verhältnis  $P : P_1$  der Säulenfestigkeit zur Würfelfestigkeit des Betons, wie Abb. 41 zeigt, im allgemeinen gesteigert; nur bei den Säulen Gruppe c mit Diagonalbügel aus Eisen von 0,7 cm-Durchmesser nicht; hierbei ist aber zu beachten, daß die Bruchfestigkeit der Säule 18 mit 153 t von den Festigkeiten der beiden anderen gleichartigen Säulen mit 183 t auffallend abweicht. Die größte Steigerung des Verhältnisses  $P : P_1$  ist mit der Spiralbewehrung aus 0,7 cm-Eisen erzielt, bei der die Säulenfestigkeit nahezu die Würfelfestigkeit erreichte. Bei allen anderen Querbewehrungen beträgt der Unterschied zwischen Würfelfestigkeit und Säulenfestigkeit nur wenige Prozente.

Bei Beurteilung des Verhältnisses  $P : P_1$  bleibt zu beachten, daß zu jeder Säule immer nur ein Würfel gefertigt ist und die Einzelwerte für die Würfel recht erheblich voneinander abweichen. Es steht keineswegs fest, daß die an dem Würfel beobachtete Festigkeit tatsächlich der Festigkeit des Betons in der gleichzeitig gefertigten Säule entspricht (s. die Ergebnisse für die unbewehrten Säulen). Daher kommt m. E. die Wirkung der verschiedenenartigen Bewehrungen besser in den absoluten Säulenfestigkeiten zum Ausdruck.

Abb. 42 zeigt die Gegenüberstellung der Mittelwerte für die absoluten Säulenfestigkeiten. Hiernach lieferten die Säulen mit Diagonalbügeln die geringsten mittleren Festigkeiten. Im übrigen wird man den Einfluß der Ringe, gleichgültig ob sie geschweißt oder umgehakt sind, auf die Säulenfestigkeit als gleich groß erachten können. Aus der Lage der beiden Linienzüge Abb. 42 zueinander ergibt sich ferner, daß die Säulen mit Querbewehrungen aus Eisen von 0,5 cm Durchmesser geringere Festigkeiten besaßen als bei den Bewehrungen aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser. Bei den Säulen Reihe a und d (geschweißte Ringe und Spirale) ist der Unterschied beträchtlich, bei Reihe b (umgehakte Ringe) nur gering und bei Reihe c (Diagonalbügel) lieferte sogar die schwächere Bewehrung die höhere Säulenfestigkeit. Die Festigkeitssteigerungen durch die Bewehrungen

Abb. 42.  
Bruchfestigkeit der verschiedenartig bewehrten quadratischen Säulen.  
Erläuterung s. Abb. 41.



	betrugen für	0,5 cm	0,7 cm Eisenstärke
beim geschweißten Ring	.	0,8 %	9,2 %
beim umgehakten Ring	.	7,7 %	8,6 %
beim Diagonalbügel	.	2,4 %	-2,3 %
bei der Spirale	.	5,2 %	13,2 %

## 2. Achtseitige Säulen.

Bei den achtseitigen Säulen (Nr. 28 bis 45 Tab. 1) waren die Querbewehrungen ebenso wie bei den quadratischen (Nr. 1 bis 24) in allen drei Formen sowohl aus Eisen von 0,5 cm als auch von 0,7 cm Durchmesser gefertigt. Außerdem sind noch drei Säulen (65 bis 67 Tab. 1) mit Spiralbewehrung aus Eisen von 1,2 cm Durchmesser untersucht, um den Einfluß stärkerer Bewehrung kennen zu lernen. Die Ganghöhe betrug auch bei den 1,2 cm-Spiralen ebenso wie bei den schwächeren 3 cm.

Diese stärker bewehrten Säulen sind S. 2 und 3 unter Reihe E genannt, ihre Ergebnisse sollen aber der Kürze wegen im nachstehenden gleich mit besprochen werden.

### a) Längenänderungen des Betons in den achtseitigen Säulen.

Die für die einzelnen Laststufen beim wiederholten Be- und Entlasten der Säulen beobachteten gesamten, bleibenden und federnden Längenänderungen des Betons der bewehrten Säulen 28 bis 45 und 65 bis 67 (s. Tab. 1) sind in Tab. 35 bis 41 zusammengestellt. Tab. 42 enthält die Beobachtungen für die unbewehrten Säulen 46 bis 48 und Tab. 43, die Gegenüberstellung der bei dem letztmaligen Lastwechsel für die einzelnen Laststufen erzielten Verkürzungen am Ende und in der Mitte der Säulen.

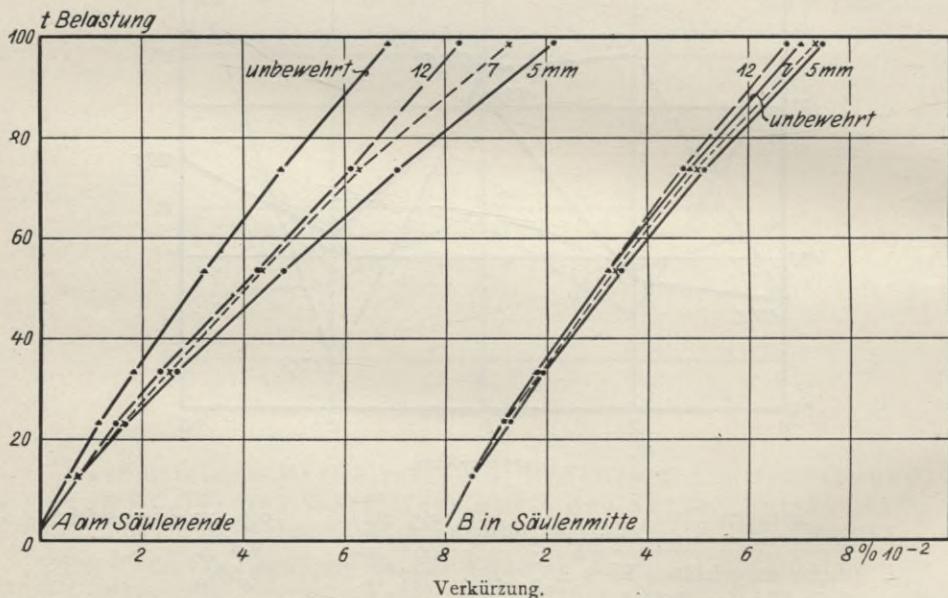
Aus den Beobachtungen ergibt sich folgendes:

- a) Die gesamten, bleibenden und federnden Verkürzungen des Betons nahmen sowohl in der Mitte der Säulen als auch an deren oberem Ende bei Wiederholung derselben Belastung mit der Zahl der Lastwechsel zu.

Abb. 43.

#### Verkürzung des Betons in den Säulen mit verschiedenen starker Spiralbewehrung.

Durchmesser des Spiraleisens: ● —● = 5 mm; ×—× = 7 mm;  
○ —○ = 12 mm. ▲ —▲ unbewehrt.



- b) Mit nur zwei Ausnahmen (Säule 31 und 35) sind die Verkürzungen bei den bewehrten Säulen an deren Ende größer als in der Mitte. Dies Ergebnis tritt in dem steileren Verlauf der Linien B, Abb. 43, gegenüber den Linien A deutlich zutage; es deckt sich mit den Mittelwerten aus den Beobachtungen an den bewehrten quadratischen Säulen (s. Abschnitt 1 c). Von den unbewehrten Säulen Nr. 46 bis 48 (s. Tab. 43) zeigt nur Säule 47 ebenfalls die größten Verkürzungen bei allen Laststufen am oberen Ende, bei den beiden anderen Säulen Nr. 46 und 48 ist dagegen schon von 33 bez. 53 t Belastung ab, die Verkürzung in der Mitte die größere.
- c) Ebenso wie bei den quadratischen Säulen, war die Verkürzung des Betons der bewehrten achtseitigen Säulen sowohl am Ende als auch in der Mitte bei den gleichen Belastungen größer als die des Betons in den unbewehrten

**Säulen.** Der Unterschied war bei den Säulen mit Spiralbewehrung größer als bei den Säulen mit Ringen und am Ende der Säulen größer als in der Mitte (s. a. Abb. 43). Diese Beobachtung gilt im allgemeinen für Belastungen bis 98500 kg und selbst 145 800 kg, nur bei den mit umgehakten Ringen aus 0,7 cm-Eisen und Spiralen aus 1,2 cm-Eisen bewehrten Säulen war die Verkürzung des Beton in Säulenmitte von 33 und 53 t ab geringer als in den unbewehrten Säulen.

- d) Bei derselben Bewehrungsform war die Verkürzung des Betons in den Säulen für die gleichen Belastungen bei Bewehrungen aus 0,5 cm-Eisen größer als bei den Querbewehrungen aus 0,7 cm-Eisen (s. a. Abb. 43).
- e) Die Verkürzung des Betons war bei gleicher Stärke des Bewehrungseisens in den spiralbewehrten Säulen größer als in den ringbewehrten. Der Unterschied war an den Säulenenden größer ( $\cong 15\%$ ) als in der Mitte ( $\cong 2-3\%$ ).

### b) Änderung der Gesamtlänge der Säulen.

Die Gesamtverkürzungen der achtseitigen Säulen zwischen den Druckplatten sind in Tab. 44 und 45 zusammengestellt; die Mittelwerte Tab. 44 lassen erkennen, daß die Gesamtverkürzung der achtseitigen Säulen bis zu 33,3 t Belastung durch die Bewehrungen den unbewehrten gegenüber nicht gesetzmäßig beeinflußt ist. Bei höheren Belastungen ist die federnde Verkürzung aller bewehrten Säulen größer als die der unbewehrten, anscheinend überwiegt aber auch die Gesamtverkürzung mit wachsender Belastung immer mehr bei den bewehrten Säulen.

Die Säulen mit den Querbewehrungen aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser zeigten bei Ringen kleinere, bei Spiralen größere Verkürzung als die Säulen mit der schwächeren (0,5 cm) Querbewehrung. Bei Bewehrung mit Spiralen aus 1,2 cm-Eisen waren die Verkürzungen der Säulen aber geringer als bei den 0,5 cm-Spiralen.

Die nach den Mittelwerten Tab. 44 und 45 aufgetragenen Schaulinien Abb. 44 lassen folgendes erkennen:

- α) Die unbewehrten Säulen (Linie *i* Abb. 44) verkürzten sich bis zu etwa 100 t der Belastung nahezu proportional, bei höherer Belastung wuchs die Verkürzung in stärkerem Maße, so daß die Schaulinie *i* bei der Ordinate 100 einen Knick aufweist.
- β) Die Schaulinien *f*, *g*, *h* für die bewehrten Säulen (Gruppe A mit 0,5 cm-Eisen, B mit 0,7 cm-Eisen) zeigen bei etwa 100 t Belastung den gleichen Knick wie die Linie *i*; oberhalb 145 t verlaufen sie aber zunächst wieder steiler, bis sie bei etwa 175 t starke Krümmung im Sinne starker anwachsender Verkürzung der Säulen annehmen.

Bis zum ersten Knick bei 100 t war die Verkürzung der bewehrten Säulen teils geringer, teils größer als die der unbewehrten; die Unterschiede sind aber nur sehr klein und auch zwischen 100 und 145 t Belastung ist die Neigung der Schaulinien *f*, *g* und *h* für die bewehrten Säulen (abgesehen von Linie *h* für die mit 0,7 cm starken Spiralen bewehrten Säulen) annähernd die gleiche, wie die der Schaulinie *i* für die unbewehrten Säulen. Diese gute Uebereinstimmung in dem Verlauf der Schaulinien beweist,

- γ) daß die Bewehrungen bis zu 145 t Belastung keinen wesentlichen Einfluß auf den Widerstand der Säulen gegen Druckbeanspruchung ausübten. 145 t sind aber diejenige Belastung, bei der an den unbewehrten Säulen die ersten Risse, also die beginnende Zerstörung des Betons, wahrgenommen wurden.

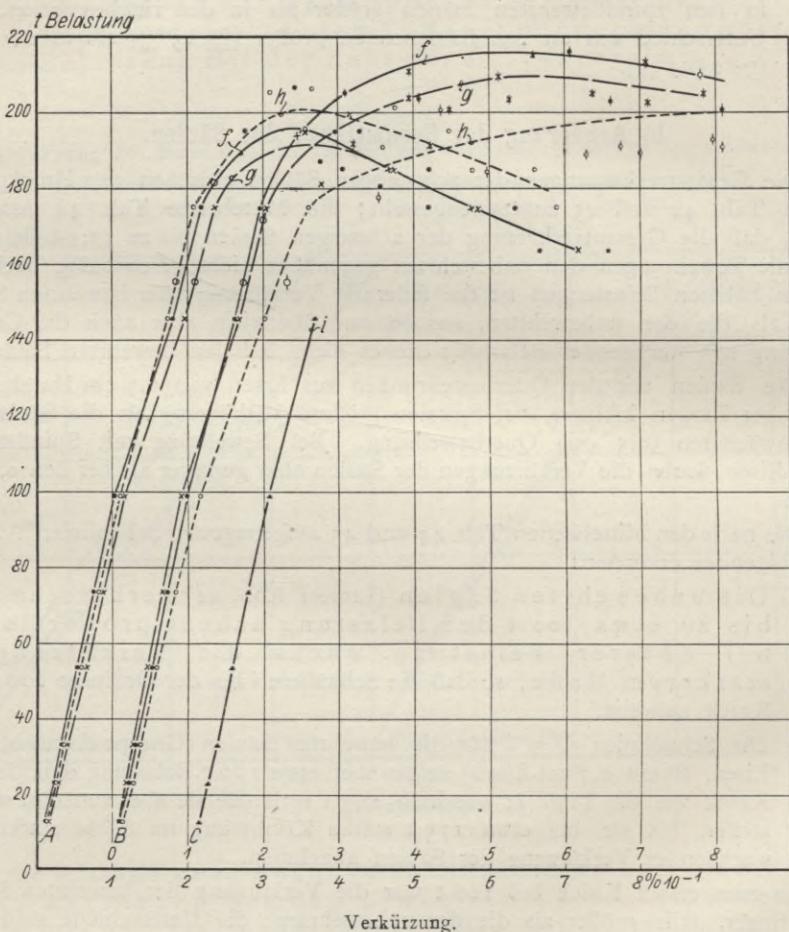
Der steilere Verlauf oberhalb 145 t deutet darauf, daß  
d) der Einfluß der Bewehrung mit Ueberschreitung von  
145 t, d. h. mit dem Beginn der Zerstörung des Betons  
sich geltend machte.

Abb. 44.

## Gesamtverkürzung der achtseitigen Säulen mit wachsender Belastung.

Art der Querbewehrung:  $\left\{ \begin{array}{l} f = \text{geschweißte Ringe}, \\ g = \text{umgehakte Ringe}^1), \\ h = \text{Spiralen}^1), \end{array} \right| i = \text{unbewehrt}.$

Durchmesser der Bewehrungsseisen:  $\left\{ \begin{array}{l} A = 0,5 \text{ cm}, \\ B = 0,7 \text{ cm}, \\ C = \text{unbewehrt}. \end{array} \right.$



Mit Ueberschreitung von 180 t nahm nicht nur die Ausdehnung der Risse im Beton der bewehrten Säulen stark zu, sondern zum Teil fiel die Schale, d. i. der Beton außerhalb der Bewehrung, vollständig ab (s. Abb. 21 bis 26 und 32). Trotzdem konnte die Belastung bis zu den aus Tab. 46 ersichtlichen Höchstbelastungen weiter gesteigert werden. Hierbei machte sich aber der Einfluß der Geschwindigkeit, auf die der Wasserzufluß zum hydraulischen Zylinder eingestellt, mit der also der Kolben der Presse bewegt wurde, deutlich geltend.

<sup>1)</sup> Zu g ist Säule 34 und zu h Säule 41 und 44 außer acht gelassen, weil sie nach Formänderung und Druckfestigkeit augenscheinlich fehlerhaft waren.

### c) Die Festigkeit der achtseitigen Säulen.

Bei Bildung der Mittelwerte in Tab. 46 sind die Ergebnisse für die Säulen 34 (Reihe g) sowie 41 und 44 (Reihe h) ausgeschlossen; Säule 34 weicht sowohl hinsichtlich der Verkürzungen als auch in der Bruchbelastung so erheblich von den beiden anderen gleichartig bewehrten Säulen 35 und 36 ab, daß sie als fehlerhaft angesehen werden mußte. Für die Säulen 41 und 44 gilt das unter Abschnitt e Seite 20 zu den Säulen 20 und 23 Gesagte.

Die mittlere Würffelfestigkeit des zu den achtseitigen Säulen verarbeiteten Betons beträgt  $\frac{210730}{900} = 234 \text{ kg/qcm}$  und das mittlere Verhältnis der Bruchfestigkeit der unbewehrten Säulen zur Würffelfestigkeit des Betons  $81\%$ .

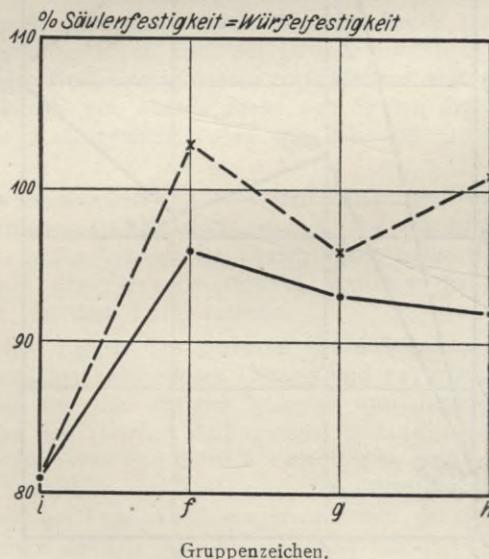
#### a) Einfluß der Bewehrungen aus Eisen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser.

Abb. 45.

Verhältnis der Säulenfestigkeit zur Würffelfestigkeit des Betons.

Art der Querbewehrung:  $\begin{cases} i = \text{unbewehrte Säulen}, \\ f = \text{mit geschweißten Ringen}, \\ g = \text{mit umgehakten Ringen}, \\ h = \text{mit Spiralen}, \end{cases}$

— Bewehrung aus 0,5 cm-Eisen,  
- - - - Bewehrung aus 0,7 cm-Eisen.



Gruppenzeichen.

Durch die Bewehrungen mit Eisen aus 0,5 und 0,7 cm Durchmesser ist das Verhältnis der Säulenfestigkeit  $P$  zur Würffelfestigkeit  $P_1$  des Betons (s. Abb. 45) am meisten durch die Bewehrung mit geschweißten Ringen (Reihe f) gesteigert. Im Mittel für alle drei Bewehrungsformen beträgt das Verhältnis  $P : P_1$  bei der 0,5 cm starken Bewehrung  $94\%$ , bei der 0,7 cm starken Bewehrung  $100\%$ . Bei der letzteren ist also in der bewehrten Säule die Würffelfestigkeit des Betons erreicht.

Die mittleren absoluten Bruchfestigkeiten der Säulen zeigen die Schaulinien Abb. 46. Hiernach ist die höchste Säulenfestigkeit bei Bewehrung mit 0,5 cm-Eisen mit der Spirelle und bei Bewehrung mit 0,7 cm-Eisen

mit den geschweißten Ringen erzielt. Die Festigkeitssteigerungen durch die Bewehrungen betragen:

bei	geschweißten Ringen	umgehakten Ringen	Spiralen
aus 0,5 cm-Eisen:	12,0	9,6	14,5 %
aus 0,7 cm-Eisen:	23,1	19,8	15,2 %
im Mittel:	17,6	14,7	14,8 %

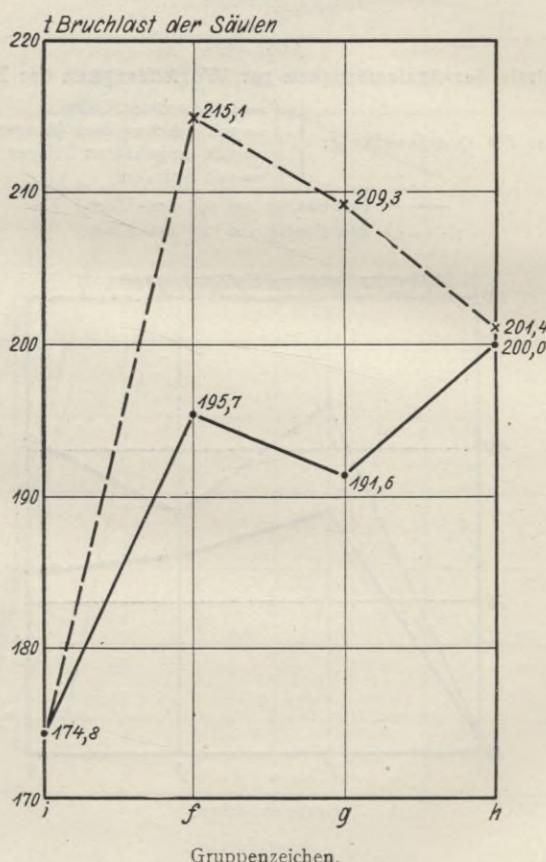
bezogen auf die Festigkeit der unbewehrten Säulen.

Abb. 46.

## Bruchfestigkeit der verschiedenartig bewehrten achtseitigen Säulen.

Art der Querbewehrung:  $\begin{cases} i = \text{unbewehrte Säulen}, \\ f = \text{mit geschweißten Ringen}, \\ g = \text{mit umgehakten Ringen}, \\ h = \text{mit Spiralen}. \end{cases}$

— Bewehrung aus 0,5 cm-Eisen,  
- - - Bewehrung aus 0,7 cm-Eisen.



Gruppenzeichen.

Hiernach gibt sich ein erhöhter Einfluß der Bewehrung aus 0,7-cm-Eisen gegenüber derjenigen aus 0,5 cm-Eisen nur bei den Ringen zu erkennen. Im übrigen haben die Ringe sich bezüglich des Einflusses auf die Festigkeit der Säulen mit den Spiralen als gleichwertig erwiesen, sofern der Ringabstand gleich der Steigung der Spirale gewählt wird.

Zu beachten bleibt hierbei noch, daß die den Spiralen entnommenen Zugproben (s. Tab. 9 und 46) höhere Streckgrenzen und höhere Bruchfestigkeiten ergaben als die Proben aus den Ringen (s. Abschnitt IX, 2.).

*β) Bewehrung mit Spiralen aus Eisen von verschiedenem Durchmesser.*

Die Ergebnisse der Reihe h (Tab. 46) sind dadurch in etwas getrübt, daß der Beton zu den Säulen mit den Spiralen aus 0,7 cm-Eisen auffallend geringe Festigkeit aufweist; sie beträgt nur  $\frac{199\,200}{900} = 221$  kg/qcm gegen  $\frac{217\,650}{900} = 242$  bzw.  $\frac{216\,130}{900} = 240$  kg/qcm bei den Säulen mit Spiralen aus 0,5 cm- bzw. 1,2 cm-Eisen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die vorerwähnte geringe Betonfestigkeit die Ursache dafür war, daß die Spirale aus dem 0,7 cm-Eisen nur um  $201\,350 - 200\,030 = 1320$  kg höhere Säulenfestigkeit lieferte als die Spirale aus 0,5 cm-Eisen.

Ganz außerordentlich groß war die Steigerung der Säulenfestigkeit bei der 1,2 cm-Spirale, sie betrug gegenüber derjenigen bei der 0,5 cm-Spirale  $373\,120 - 200\,030 = 173\,090$  kg oder 86,5% und gegenüber der unbewehrten  $373\,120 - 174\,790 = 198\,330$  kg oder 114%; die Festigkeit der mit 1,2 cm-Spiralen bewehrten Säulen war also über doppelt so groß als die der unbewehrten.

Die Verhältniszahlen für die Säulenfestigkeit: Würzelfestigkeit des Betons ( $P : P_1$ ) betragen 92, 101 und 174%. Hiernach wurde die Würzelfestigkeit des Betons mit der 0,7 cm-Spirale erreicht, bei der 1,2 cm-Spirale aber noch um 74% überschritten.

*d) Lage des Bruches.*

Bei den früheren Untersuchungen (Heft 5 und 21), zu denen die Versuchsstücke in Holzformen gestampft waren, lag der Bruch der Säulen meistens an dem zuletzt gestampften Ende und auf Grund besonderer Versuche konnte ich die Ursache für diese Erscheinung darauf zurückführen, daß sofort nach beendetem Einstampfen der Beton am oberen Ende der Säulen den größten Wassergehalt und das geringste Raumgewicht, also die geringste Dichte besaß (s. Heft 5, S. 105—109).

Bei den hier zur Besprechung stehenden Versuchsreihen, zu denen die Proben in eisernen Formen gestampft sind, ist nun, wie die Lichtbilder Abb. 12—32 zeigen, eine sehr große Anzahl der Säulen nicht unter der oberen Druckplatte durch Herausscheren der Pyramide zerstört, sondern die Bruchstelle liegt mehr oder weniger weit von dem Ende entfernt.

Zur Aufklärung dieser den früheren Beobachtungen widersprechenden Erscheinung sind zunächst zwei Säulen (Nr. 73 und 74) ohne Bewehrung genau in der gleichen Weise wie die übrigen gefertigt und diesen Säulen, nachdem sie 80 Tage lang unter den gleichen Bedingungen gestanden hatten wie die übrigen, je drei Abschnitte in Form von Würfeln entnommen, und zwar ein Abschnitt am oberen Ende, der zweite in der Mitte und der dritte am unteren Ende. Die mit diesen Würfeln bei 90 Tage Alter vorgenommenen Gewichtsbestimmungen und Druckversuche führten zu den folgenden Ergebnissen:

Lage des Würfels in der Säule:		oben	Mitte	unten
Gewichte der Würfel in kg	aus Säule 73	63,5	63,9	64,9
	„ „ 74	63,3	64,6	65,4
	Mittel	63,4	64,3	65,2
Druckfestigkeit der Würfel in kg	aus Säule 73	190 500	171 700	195 800
	„ „ 74	187 800	182 400	206 500
	Mittel	189 150	177 050	201 150
Mittlere Würzelfestigkeit des Betons kg/qcm		210	197	224
Verhältniszahlen %	Gewicht	98,5	100	101,4
	Würzelfestigkeit	106,5	100	113,5

Die ermittelten Gewichte der Würfel bestätigen die frühere Beobachtung, daß das Raumgewicht des Betons in den Säulen von unten (zuerst gestampftes Ende) nach oben hin abnimmt.

Die Druckfestigkeit des Betons war bei beiden Säulen in deren Mitte bei weitem am geringsten und unten am größten. Ohne dies Ergebnis verallgemeinern zu wollen, erscheint es mir hiernach aber ohne weiteres erklärlich, daß der Bruch der Säulen vielfach in der Mitte erfolgte.

Hier möge auch der Hinweis auf folgendes Ergebnis Platz finden. Die Würzelfestigkeit des unmittelbar in die Würfelform eingestampften Betons, sowohl der quadratischen als auch der achtseitigen Säulen, hatte (s. S. 48 und 53) 234 kg/qcm betragen, an den von den Säulen abgetrennten Proben ist die Höchstfestigkeit am unteren Säulenende zu 224 kg/qcm ermittelt, sie geht aber für die Mitte auf 197 kg/qcm herunter. Diese Ergebnisse deuten darauf, daß der Beton in der Säule geringere Festigkeit besitzt als in dem gleichzeitig gefertigten Würfel.

Zur weiteren Aufklärung der Festigkeitsunterschiede des Betons aus verschiedenen Höhenlagen sind einer dritten unbewehrten Säule ebenfalls an beiden Enden und in der Mitte Betonproben entnommen, und zwar:

- a) 20 Minuten nach beendetem Stampfen;
- b) 5 Stunden nach beendetem Stampfen, d. h. nach Beginn des Abbindens und Nachlassen des Austretens von Wasser aus den Fugen der Form und
- c) der zwei Tage alten Säule beim Entformen.

Zur Probenentnahme für a) und b) wurde die Form mit der Säule umgelegt, eine Formwand abgehoben, die Betonproben schnell herausgestochen und die Form dann wieder aufgerichtet.

Die Untersuchung der entnommenen Proben auf Wassergehalt lieferte folgende Ergebnisse:

Probeentnahme	Wassergehalt des Betons		
	oben	Mitte	unten
20 Minuten nach beendetem Stampfen	10,2	8,0	6,4
	9,6	8,4	6,4
	Mittel	9,9	8,2
5 Stunden nach beendetem Stampfen	8,1	(11,2)	5,1
	7,1	6,2	5,6
	Mittel	7,6	[6,2]
aus der 2 Tage alten Säule	6,3	6,4	5,4
	6,4	6,4	6,0
	Mittel	6,4	6,4
			5,7

Die Ergebnisse bestätigen zunächst die frühere Beobachtung (s. Heft 5, S. 109), daß der Wassergehalt des Betons in der Säule von unten nach oben hin stetig zunimmt. Weiter zeigt sich, daß die Unterschiede in den Werten sich bei höherem Alter des Betons immer mehr ausgleichen, daß der Wassergehalt aber auch nach zwei Tagen Erhärtung am unteren Ende der Säule immer noch am geringsten ist.

### 3. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die vorstehend besprochenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Bei wiederholtem Lastwechsel nahmen
  - a) die gesamten bleibenden und federnden Verkürzungen des Betons sowohl am Ende als auch in der Mitte der Säulen mit der Zahl der Lastwechsel zu;

- b) die Längseisen erlitten
- in Säulenmitte ebenfalls ständige Zunahme der Verkürzung;
  - am Säulenende dagegen nahmen ihre gesamten und elastischen Verkürzungen bei Laststufen bis zu 100 t ab, bei höheren ebenfalls zu und
  - die Gesamtlänge der Eisen war am Säulenende nach dem Entlasten größer als vor dem Belasten.
2. Die Längenänderungen waren bei der gleichen Belastung am Säulenende andere als in der Mitte, und zwar war:
- die Verkürzung der Längseisen in der Mitte größer als am Ende, wobei der Unterschied mit der Größe der Belastung zunahm;
  - die Verkürzung des Betons sowohl bei den bewehrten als auch bei den unbewehrten Säulen in der Mitte geringer als am Ende;
  - die Verkürzungen der Eisen in Säulenmitte größer, am Ende kleiner als die des Betons.
3. Die Gesamtlängenabnahme der Säulen zwischen den Druckplatten war sowohl bei den quadratischen als auch bei den achtseitigen Säulen bis 100 t der Belastung nahezu proportional, bei höheren Belastungen wuchs die Verkürzung in stärkerem Maße als die Belastung. Bei mehr als 175 t trat eine sehr starke Verkürzung aller bewehrten Säulen ein.
4. Der allgemeine Einfluß der Bewehrungen äußerte sich wie folgt:
- Steigerung des Widerstandes der Säulen gegen Druckbeanspruchung durch die Bewehrungen war erst bei Belastungen über 145 t wahrnehmbar.
  - Bei Belastungen über 145 t waren die Verkürzungen des Betons und der ganzen Säulen für die gleichen Belastungen bei den bewehrten Säulen größer als bei den unbewehrten, besonders die des Betons am Ende der Säulen.
5. Aus dem Vergleich der verschiedenartigen Bewehrungen ergibt sich folgendes:
- Die Steigerung der Verkürzung des Betons und der Säulen durch die Bewehrung (s. 4 b) war bei der Spirale größer als bei der Ringbewehrung und demgemäß waren
  - die Verkürzungen des Betons und der Säulen unter Belastungen bis 145 t bei der Spiralbewehrung größer als bei der Ringbewehrung.
  - Die mit Ringen und Spiralen aus 0,7 cm-Eisen bewehrten Säulen zeigten etwas geringere Formänderungen als die mit 0,5 cm-Eisen bewehrten.
  - Die Bewehrung mit Diagonalbügeln hat bei den Säulen mit quadratischem Querschnitt keine Steigerung der Bruchfestigkeit bewirkt.
  - Geschweißte Ringe, umgehakte Ringe und Spiralen haben sich im Einfluß auf die Säulenfestigkeit als gleichwertig erwiesen.
  - Die Festigkeitssteigerung durch die Bewehrung mit Ringen oder Spiralen war bei den achtseitigen Säulen größer als bei den quadratischen. Sie betrug bei dem Beton aus 1 Raumteil Zement und 4 Raumteilen Zuschlagmaterial bei 0,5 cm Eisenstärke 12,0 und 4,6% bei 0,7 cm Eisenstärke 19,4 und 10,7%.

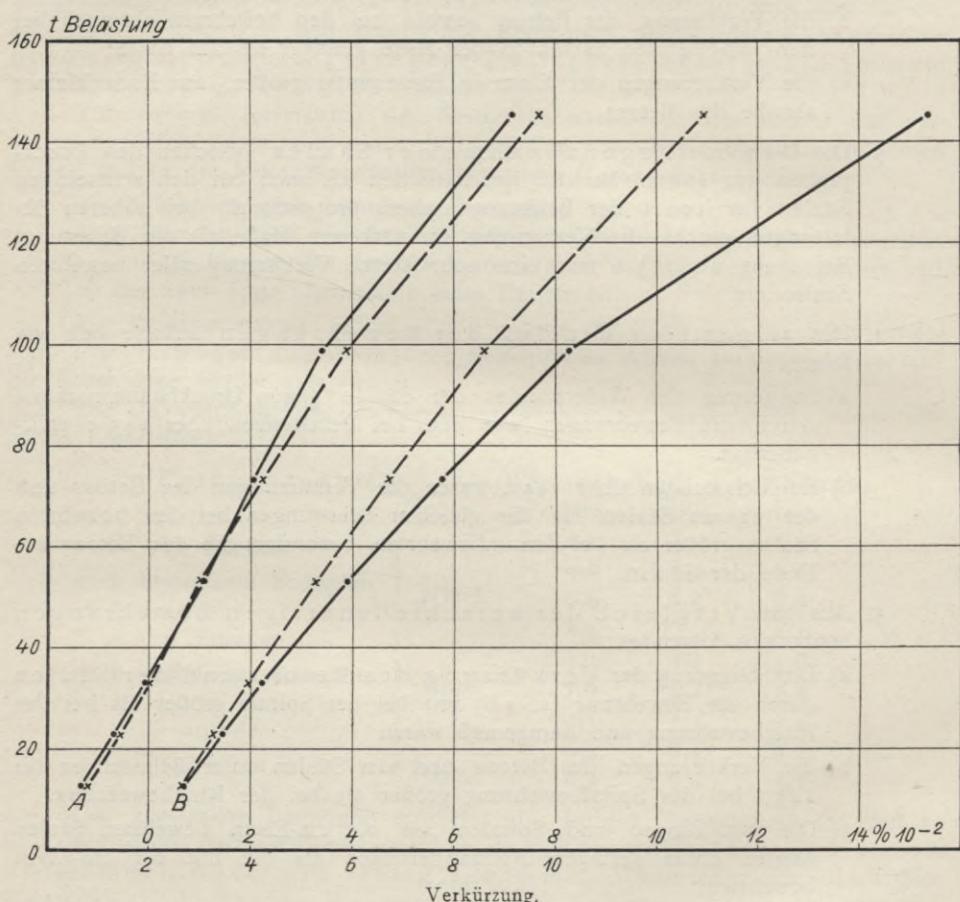
## VI. Einfluß der fetteren Beton-Mischung. (Reihe B.).

Der Einfluß der fetteren Betonmischung ( $1:2\frac{1}{2}$  gegenüber  $1:4$ ) auf die Formänderungen und Festigkeit der Säulen (s. a. S. 2) ergibt sich aus dem Vergleich der unbewehrten Säulen 25—27 (Mischung  $1:4$ ) mit den Säulen 52—54 (Mischung  $1:2\frac{1}{2}$ ) und der mit umgehakten Ringen bewehrten Säulen 10—12 (Mischung  $1:4$ ) mit den Säulen 49—51 (Mischung  $1:2\frac{1}{2}$ ).

Abb. 47.

Einfluß der Zusammensetzung des Betons auf die Verkürzung der Längseisen in den Säulen bei den gleichen Belastungen.

Betonmischung: — = 1 Zement + 4 Zuschlag, - - - = 1 Zement +  $2\frac{1}{2}$  Zuschlag.  
Lage der Meßstellen: A am Säulenende, B in Säulenmitte.



### a) Die Querdehnung bei wachsender Belastung.

Die Beobachtungen für die Querdehnungen der Säulen aus der fetteren Mischung enthält Tab. 47. Hiernach sind für die Querdehnung am Säulenende bei den ersten Laststufen negative Werte ermittelt, während der Säulendurchmesser in der Mitte mit der Belastung stetig zunahm. Ferner waren die Ausdehnungen in der Mitte bis zu den höchsten Laststufen größer als am Ende. Der Verlauf der Querdehnungen war also der gleiche wie bei den Säulen 10 und 11 sowie 25 und 26 aus dem mageren Beton (s. Tab. 12 und 13). Für die „bleibenden“ Dehnungen gilt das Seite 16 und 39 über die letzteren Gesagte für die Säulen aus der fetteren Mischung ebenfalls.

## b) Längenänderungen der Längseisen.

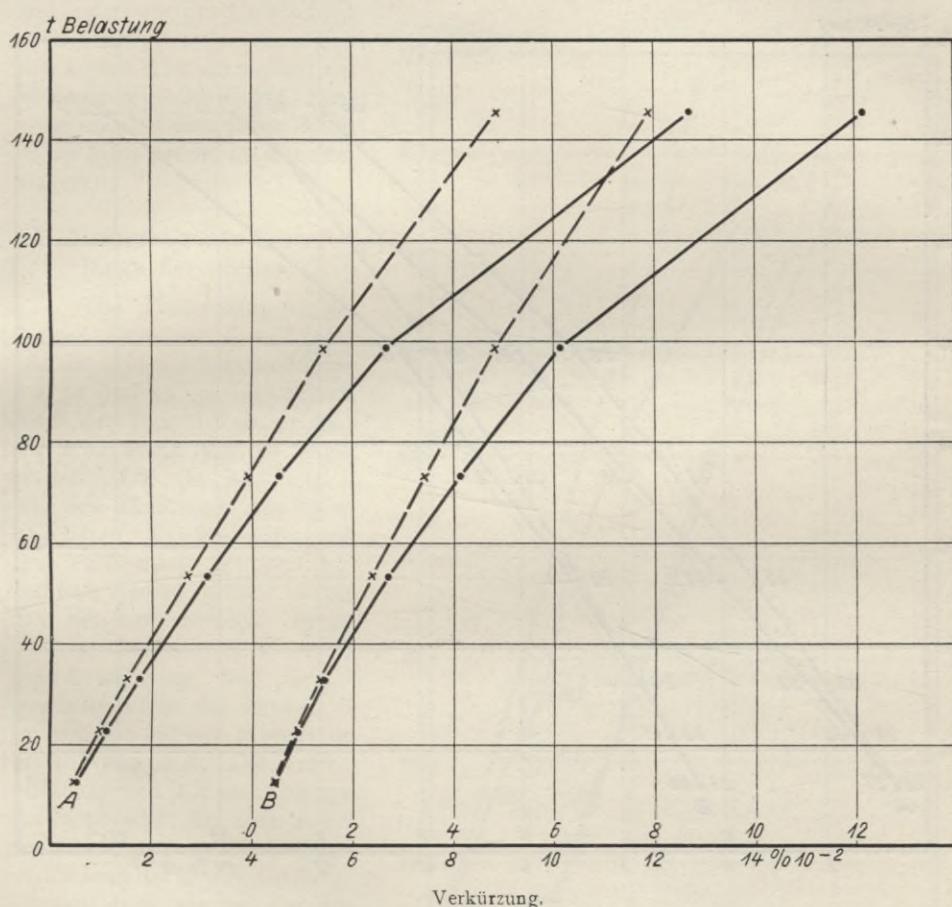
Die Längenänderungen der Längseisen (s. Tab. 48) sind bei der Säule 49 am Ende, bei Säule 50 in der Mitte und bei 51 gleichzeitig am Ende und in der Mitte beobachtet.

Die Ergebnisse bestätigen die an den Säulen aus dem mageren Beton aufgetretenen Erscheinungen (s. Abschn. V, S. 41), daß

Abb. 48.

Einfluß der Zusammensetzung des Betons auf dessen Verkürzung in den unbewehrten Säulen bei den gleichen Belastungen.

Betonmischung: — = 1 Zement + 4 Zuschlag; - - - = 1 Zement +  $2\frac{1}{2}$  Zuschlag.  
Lage der Meßstellen: A am Säulenende, B in Säulenmitte.



- die gesamte und federnde Verkürzung der Längseisen in der Mitte bei Wiederholung derselben Beanspruchung zunimmt, am Säulenende dagegen bei geringen Belastungen ab- und erst bei höheren Belastungen ebenfalls zunimmt. Die Grenze für dies verschiedenartige Verhalten der Längseisen liegt auch bei dem fetten Beton bei etwa 100 t;
- die Längseisen nach dem Entlasten in der Säulenmitte bleibende Verkürzung, dagegen am Ende eine Längenzunahme gegenüber der ursprünglichen Länge bei 2090 kg Anfangsbelastung aufweisen;
- die Gesamtlängenabnahme am Ende der Säule bei geringen Belastungen größer, bei höheren Belastungen aber kleiner ist als in der Mitte.

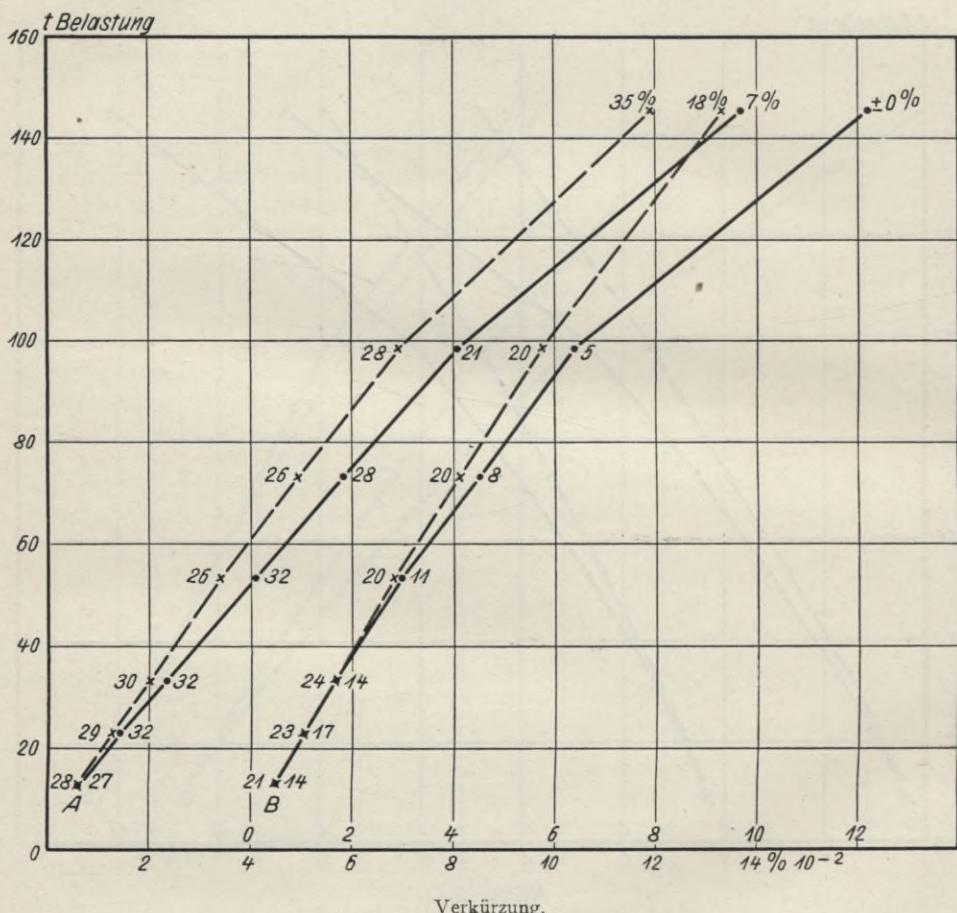
In Abb. 47 sind die Gesamtverkürzungen der Längseisen, beobachtet A am Ende und B in der Mitte der Säulen aus dem mageren ( $1:4$ ) und fetten ( $1:2\frac{1}{2}$ ) Beton, durch Schaulinien gegenübergestellt. Hiernach hatte die Zusammensetzung des Betons auf die Längenänderungen der Längseisen am Säulenende (Linien A)

Abb. 49.

Einfluß der Zusammensetzung des Betons auf dessen Verkürzung in den bewehrten Säulen bei den gleichen Belastungen.

Betonmischung: — = 1 Zement + 4 Zuschlag; - - - = 1 Zement +  $2\frac{1}{2}$  Zuschlag.  
Lage der Meßstellen: A am Säulenende, B in Säulenmitte.

Die  $\%$ -Werte neben den Schaulinien bedeuten das Mehr an Verkürzung gegenüber den unbewehrten Säulen.



keinen wesentlichen Einfluß, in Säulenmitte (Linien B) erfuhren aber die Längseisen in den Säulen aus dem fetteren Beton wesentlich geringere Verkürzungen als in den Säulen aus dem mageren Beton.

### c) Längenänderungen des Betons in den Säulen.

Die Beobachtungen für die Längenänderungen des Betons in den unbewehrten Säulen zeigt Tab. 49, die in den bewehrten Tab. 50. Die Mittelwerte sind in den Schaulinien Abb. 48 und 49 den Mittelwerten für die Säulen aus dem mageren Beton gegenübergestellt. Die ausgezogenen Linien liegen in den beiden

Abbildungen rechts von den gestrichelten. Dies besagt, daß der magere Beton (1 : 4) durchweg bei den gleichen Belastungen größere Verkürzung erlitt als der fette (1 : 2½), und zwar ist der Unterschied bei den unbewehrten Säulen (Abb. 48) größer als bei den bewehrten (Abb. 49). Die Neigung der Schaulinien Abb. 49 ist stärker als die der Linien Abb. 48; bei gleichen Belastungen hat sich also der Beton in den bewehrten Säulen mehr verkürzt als in den unbewehrten, und zwar war der Unterschied nach den %-Werten, die neben den Linien Abb. 49 stehen, am Säulenende größer als in Säulenmitte und bei dem fetten Beton in der Mitte größer als bei dem mageren.

#### d) Änderung der Gesamtlänge der Säulen.

Die Gesamtlängenänderungen zwischen den Druckplatten sind nur bei den Säulen 50, 51 und 53, 54 beobachtet. Nach den Werten Tab. 51 sind die Schaulinien Abb. 50 aufgetragen. Die im Abschnitt c aus den Messungen am Beton abgeleitete Erscheinung, daß die Verkürzung bei den bewehrten Säulen größer ist als bei den unbewehrten, findet hier für den fetten Beton darin eine Bestätigung, daß die gestrichelte Linie der Gruppe B in Abb. 50 stärker geneigt ist als in Gruppe A. Die beiden ausgezogenen Linien Abb. 50 laufen parallel; bei dem mageren Beton war also die Gesamtverkürzung der bewehrten Säule ebenso groß wie bei der unbewehrten. In beiden Gruppen A und B liegt die ausgezogene Linie rechts von der gestrichelten; die Verkürzung der Säulen aus dem mageren Beton war also größer als die der Säulen aus dem fetten Beton, und zwar war der Unterschied bei den bewehrten Säulen geringer als bei den unbewehrten.

Abb. 50.

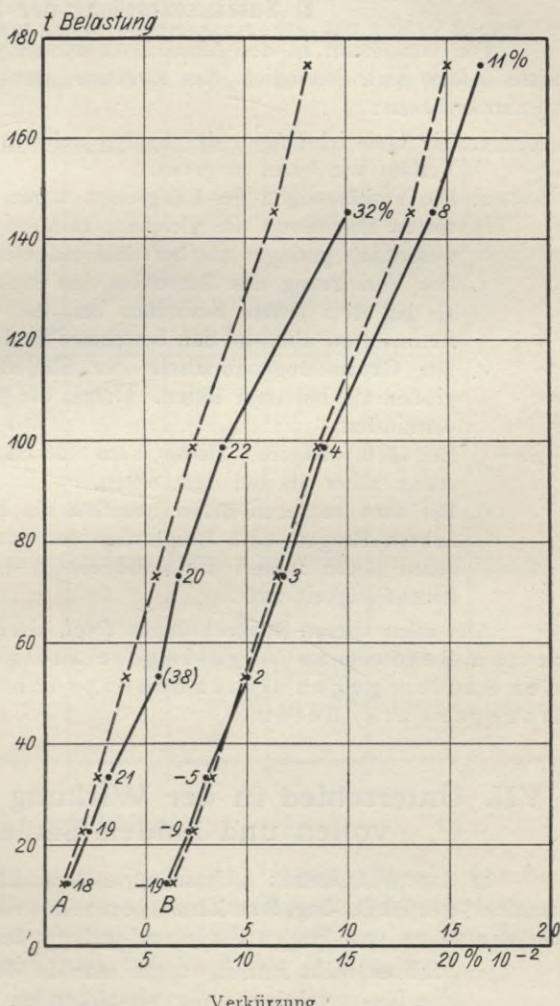
Einfluß der Zusammensetzung des Betons auf die Gesamtverkürzung der Säulen bei den gleichen Belastungen.

Betonmischung: — = 1 Zement + 4 Zuschlag;

- - - = 1 Zement + 2½ Zuschlag.

A = unbewehrt; B = bewehrt mit umgehaken Ringen.

Die %-Werte neben den Schaulinien bedeuten das Mehr an Verkürzung bei den Säulen aus Beton 1 : 4.



Verkürzung.

#### e) Die Festigkeit der Säulen.

Nach Tab. 52 beträgt die Druckfestigkeit des fetten Betons, ermittelt an den mit den Säulen gleichzeitig gefertigten Würfeln, 293 500 kg = 326 kg/qcm gegen-

über  $210\ 430 = 234$  kg/qcm bei dem mageren. Ferner beträgt das Verhältnis  $P : P_1$  der Säulenfestigkeit zur Würzelfestigkeit

bei den unbewehrten Säulen:  $84\%$  (mager) und  $81\%$  (fett)

„ „ bewehrten „ :  $89\%$  „ „  $84\%$  „ „ .

Schließlich ist das Verhältnis der Bruchfestigkeit der bewehrten Säulen zu denjenigen der unbewehrten

bei dem mageren Beton =  $108\%$

„ „ fetten „ =  $100\%$ .

Bei dem Beton  $1:2\frac{1}{2}$  ist also die Bruchfestigkeit der Säulen durch die Bewehrung nicht gesteigert<sup>1)</sup>.

#### f) Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die vorstehend in den Abschnitten a bis e im einzelnen besprochenen Ergebnisse lassen sich bezüglich des Einflusses der fetteren Betonmischung wie folgt zusammenfassen :

1. Die Querdehnungen der Säulen nehmen beim fetten Beton den gleichen Verlauf wie beim mageren.
2. Die Verkürzungen der Längseisen waren am Säulenende bei beiden Betonarten annähernd die gleichen, in Mitte der Säulen bei dem fetten Beton wesentlich geringer als bei dem mageren Beton.
3. Die Verkürzung des Betons in den Säulen war bei dem mageren größer als bei dem fetten, besonders bei den unbewehrten Säulen, bei beiden Betonarten aber in den bewehrten Säulen größer als in den unbewehrten.
4. Die Gesamtlängenabnahme der Säulen war bei dem mageren Beton größer als bei dem fetten. Durch die Bewehrung wurde der Unterschied vermindert.
5. Bei dem mageren Beton kam die Säulenfestigkeit der Würzelfestigkeit etwas näher als bei dem fetten.
6. Bei dem mageren Beton bewirkte die Bewehrung der Säulen mit umgehakteten Ringen eine Steigerung der Säulenfestigkeit um  $8\%$ , bei dem fetten Beton wiesen die unbewehrten und bewehrten Säulen die gleiche Bruchfestigkeit auf.

Aus allen diesen Beobachtungen folgt, daß die Bewehrung bei dem fetten Beton ( $1:2\frac{1}{2}$ ) geringere Steigerung des Widerstandes der Säulen gegen Druckbeanspruchung bewirkte als bei dem mageren ( $1:4$ ) Beton.

## VII. Unterschied in der Wirkung der Umschnürung bei vollen und hohlen Säulen. (Reihe C.)

In einem Aufsatze: „Umschnürte Druckkörper aus Eisenbeton mit Hohlräumen“ erörtert Dr.-Ing. Barkhausen rechnerisch die Wirkung der Umschnürung bei der vollen und hohlen Säule und gelangt hierbei zu dem Ergebnis,

„daß es nicht zutrifft, wenn man in der Anbringung eines Hohlraumes eine Beeinträchtigung der verstärkenden Wirkung der Umschnürung sucht. Das Gegenteil ist bei geeigneter Wahl der Abmessungen richtig; denn bei gleichen Außenmaßen und gleicher Umschnürung kann der volle Pfahl zwar im ganzen höher belastet werden als der hohle, die mögliche Belastung der Querschnittseinheit ist aber bei letzterem höher; beim hohlen Pfahl ist also die Wirkung der Umschnürung stärker.“

<sup>1)</sup> Die Säule 51 zeigt den beiden zugehörigen (49 und 50) gegenüber auffallend geringe Bruchfestigkeit. Läßt man Säule 51 außer Betracht, so ergibt sich die mittlere Bruchfestigkeit zu  $248\ 820$  kg =  $105\%$  des Mittels für die unbewehrten.

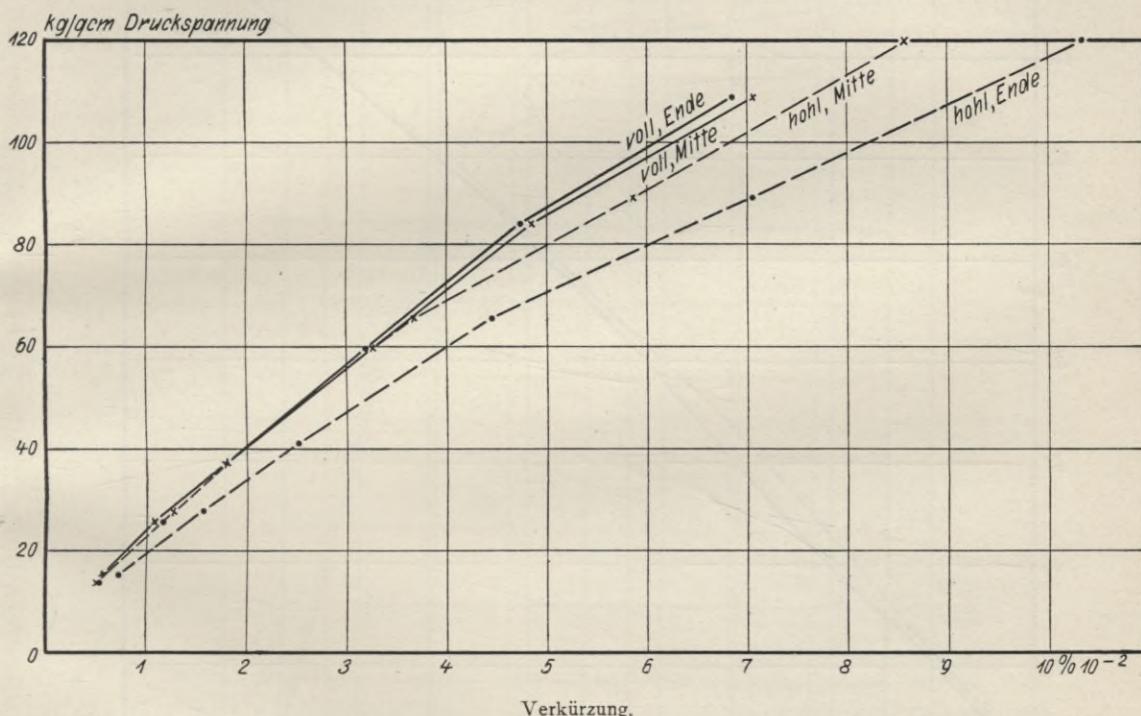
Zur Nachprüfung dieses auf dem Wege der Rechnung erzielten Ergebnisses durch den Versuch ist auf Antrag von Dr.-Ing. Koenen die Prüfung folgender achtseitiger hohler Säulen Nr. 55—60 und 72 beschlossen und ausgeführt worden, die mit den Säulen 43—45 aus Reihe A in Vergleich zu stellen waren.

Sämtliche Säulen, aus demselben Beton gefertigt, hatten die gleichen äußeren Abmessungen, und zwar betrug der von den acht Seitenflächen umschlossene Querschnitt 900 qcm; der Durchmesser des Hohlraumes betrug 10 cm, sein Querschnitt 78,5 qcm. Alle Säulen waren längs mit acht Rundseilen von 1,4 cm Durchmesser und quer mit einer an den Enden verschweißten Spirale mit 3 cm Ganghöhe aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser bewehrt.

Abb. 51.

Verkürzung des Betons der unbewehrten achtseitigen vollen und hohlen Säulen bei gleichen Druckspannungen.

— volle Säulen 46—48; - - - hohle Säule 72; • am Ende, × in der Mitte der Säule gemessen.



Die Bewehrung war bei den Säulen 55—57 in gleicher Weise angeordnet wie bei den vollen Säulen 43—45; der Außendurchmesser der Spirale betrug 28 cm und demnach war der hiermit berechnete Kernquerschnitt bei den Säulen 43—45 = 615,7 qcm (= rund 616 qcm), bei den Säulen 55—57 = 615,7 — 78,5 = 537 qcm.

Zu den Säulen 58—60 erhielten die Spiralen 31,7 cm Durchmesser, so daß der Kernquerschnitt dieser Säulen 789,2 — 78,5 = 711 qcm betrug.

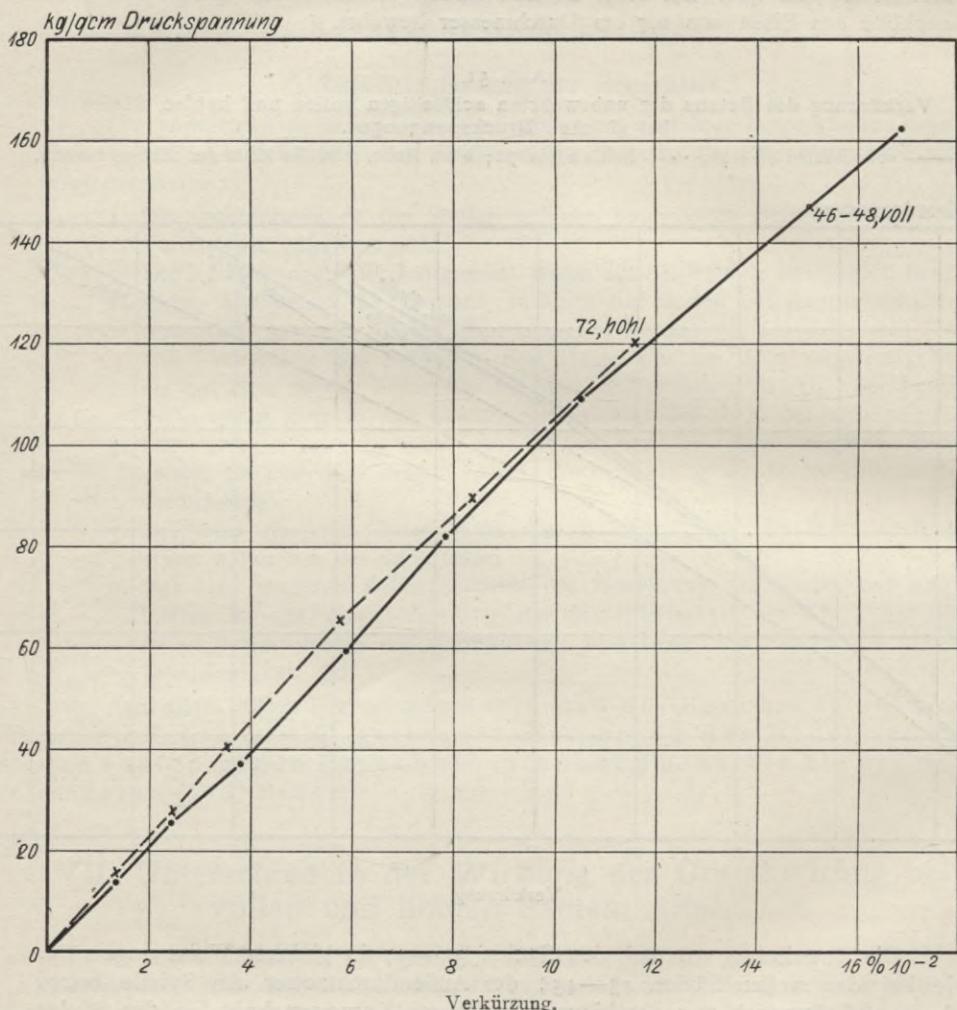
Die Säule 72 blieb unbewehrt; ihr Materialquerschnitt betrug 900 — 78,5 = 821,5 qcm.

Die bei stufenweiser Laststeigerung beobachteten Längenänderungen des Betons, gemessen in der Mitte und am oberen Ende der Säulen an deren Oberfläche, enthalten Tab. 53—55, die beobachteten Längenänderungen der Säulen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten Tab. 56 und 57.

Nach den Werten der Tab. 53—55 sind die Schaulinien Abb. 51 aufgetragen; sie zeigen, daß der Beton bei gleichen Druckspannungen in der unbewehrten hohen Säule 72, und zwar besonders an deren Ende, größere Verkürzungen erlitt als in den unbewehrten vollen Säulen 46—48. Die Gesamtverkürzung dieser Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten, war dagegen nach

Abb. 52.

Gesamtverkürzungen der unbewehrten achtseitigen vollen und hohen Säulen bei gleichen Druckspannungen.



den Schaulinien Abb. 52, zu deren Auftragung die durch Extrapolation ergänzten Werte der Tab. 56 dienten, bei den vollen Säulen etwas größer als bei den hohen.

Den Verlauf der Gesamtverkürzungen der hohen, spiralbewehrten Säulen 55—57 mit 537 qcm Kernquerschnitt und 58—60 mit 711 qcm Kernquerschnitt, bei gleichem Gesamtquerschnitt von 821,5 qcm für alle Säulen, zeigen die Schaulinien Abb. 53. Zum Vergleich sind auch die bis zu etwa 100 t Belastung reichende Schaulinie für die unbewehrte hohle Säule 72 sowie die Linie für die vollen bewehrten Säulen 43—45 mit aufgetragen. Ueber 160 t Belastung sind die Verkürzungen an den einzelnen Säulen bei verschiedenen Laststufen beobachtet

(s. Tab. 57); die Schaulinien stellen den Ausgleich für die weit streuenden Einzelwerte dar.

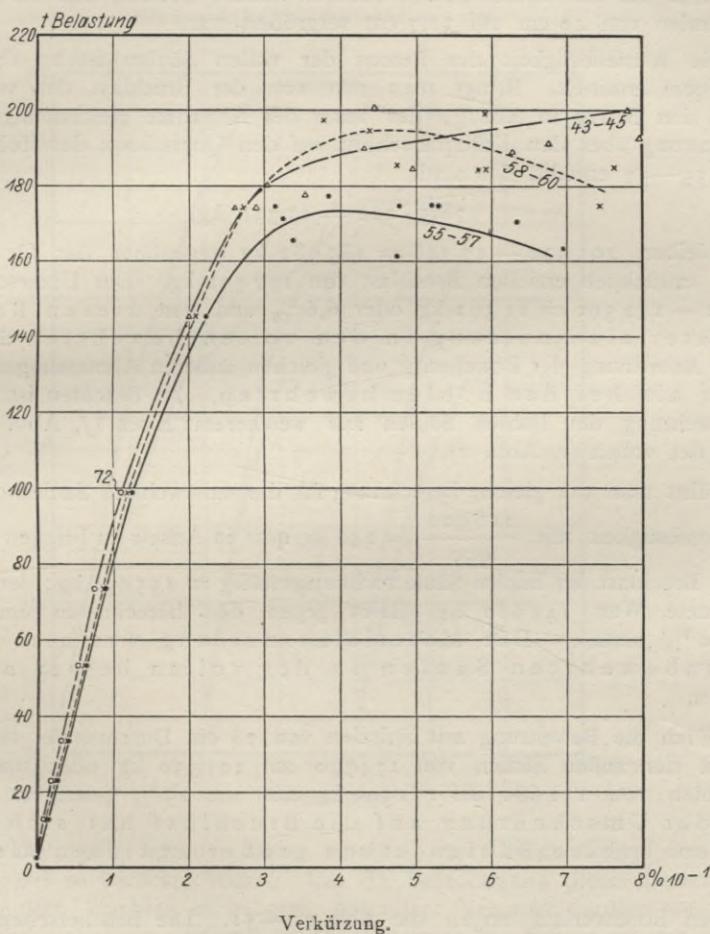
An der Lage der Linien zueinander zeigt sich zunächst, daß auch die hohlen Säulen, ebenso wie es bei den vollen beobachtet war, sich bei gleichen Belastungen unbewehrt (72) weniger verkürzen als bewehrt (55—57).

Abb. 53.

## Gesamtverkürzungen der spiralbewehrten, achtseitigen, hohlen Säulen.

Gesamt-Materialquerschnitt = 821,5 qcm;

Kernquerschnitt bei 55 bis 57 = ● —● = 537 qcm, bei 58 bis 60 = x - - - x = 711 qcm.  
○ —○ hohle unbewehrte Säule 72.



Von den bewehrten Säulen verkürzten sich die mit kleinerem Kernquerschnitt (55—57) mehr als die mit dem größeren Kernquerschnitt (58—60); der Unterschied nimmt mit wachsender Belastung zu, wird aber erst bei Belastungen über 140 t wesentlich.

Der Verlauf der Verkürzungen der bewehrten vollen Säulen 43—45 unterscheidet sich von dem der bewehrten hohlen Säulen 58—60 mit dem größeren Kernquerschnitt wesentlich erst bei Belastungen über 180 t. Die hohen Säulen erreichten ihre Bruchlast bei etwa 0,5 % Verkürzung, die vollen dagegen erst bei 0,8 % Verkürzung.

Die Bruchbelastungen der unbewehrten Säulen betragen (s. Tab. 58):

für die vollen (46—48) 174 790 kg = 195 kg/qcm Druckspannung  
 „ „ hohle (72) 141 680 „ = 174 „ „ .

Hiermit sind bei der vollen Säule die wiederholt nachgewiesenen 81% der Materialfestigkeit im Würfel erreicht, bei der hohlen Säule dagegen nur 72%.

Die mittleren Bruchbelastungen der bewehrten Säulen betragen (s. Tab. 58):

für die vollen mit 616 qcm Kernquerschnitt = 201 330 kg	
„ „ hohlen „ 537 „ „	= 172 590 „
„ „ hohlen „ 711 „ „	= 194 310 „

Hiernach haben die vollen Säulen die größte Bruchlast ergeben, dieselbe wurde aber bei den hohlen Säulen dadurch nahezu erreicht, daß der Durchmesser der Spiralen von 28 cm auf 31,7 cm vergrößert war.

Die Würfelfestigkeit des Betons der vollen Säulen ist zu  $199200 \text{ kg} = 221 \text{ kg/qcm}$  ermittelt. Bringt man nun von der Bruchlast der vollen Säulen 43—45 den Betrag in Abzug, der unter der Annahme gleichmäßiger Verteilung der Belastung über den Kernquerschnitt auf den Querschnitt des Hohlraumes der Säulen 55—57 entfällt, das sind

$$78,5 \cdot 221 = 17348 \text{ kg}$$

so verbleiben  $201\ 330 - 17\ 348 = 183\ 982$  kg gegenüber der für die Säulen 55—57 tatsächlich erzielten Bruchlast von  $172\ 590$  kg. Der Unterschied beträgt  $183\ 982 - 172\ 590 = 11\ 392$  kg oder 6,6 % und um diesen Betrag war die Materialausnutzung in den vollen bewehrten Säulen bei gleicher Anordnung der Bewehrung und gleichen äußereren Abmessungen der Säulen besser als bei den hohlen bewehrten. Zu beachten ist hierbei, daß die Bewehrung der hohlen Säulen aus weichem Eisen (*f*, Abb. 2) bestand, als die der vollen (*e*, Abb. 2).

Führt man die gleiche Berechnung für die unbewehrten Säulen durch, wobei die Betonfestigkeit mit  $\frac{216\,000}{900} = 240$  kg/qcm in Ansatz zu bringen ist, so ergibt sich die Bruchlast der hohlen Säule rechnungsmäßig zu 155 950 kg; der für Säule 72 beobachtete Wert 141 680 kg bleibt gegen den berechneten um 14 270 kg oder 10 % zurück. Die Materialausnutzung war also auch bei den unbewehrten Säulen in der vollen besser als in der hohlen.

Durch die Bewehrung mit Spiralen von 28 cm Durchmesser ist die Bruchfestigkeit der vollen Säulen von 174790 auf 201330 kg oder um 20% gesteigert. Die der hohlen von 141680 auf 172590 kg oder um 25% gesteigert. Die Wirkung der Umschnürung auf die Bruchlast hat sich hiernach bei den hohlen Säulen etwas größer erwiesen als bei den vollen.

Den Bruchverlauf zeigen die Abb. 29—31. Die Brucherscheinungen sind bei den hohlen Säulen nicht wesentlich verschieden von denen der vollen Säulen 43—45, Abb. 26. Interessant ist es, daß die Pyramidenbildung, die zu der Zerstörung der Säulen führt, auch bei den hohlen Säulen deutlich hervortritt; in Abb. 29 führte sie zum Längsaufreißen der Schale am oberen Ende der Säule 55 und bei Säule 57, bei der die Zerstörung weiter getrieben ist, ist der Pyramidenstumpf, getragen von den eingeknickten Längseisen, abgehoben. Die gleiche Erscheinung tritt, wenn auch weniger deutlich, bei Säule 60, Abb. 30, zutage.

## VIII. Einfluß des Betons außerhalb der Umschnürung. (Reihe D.)

Bei Berechnung der Tragfähigkeit von umschnürten Eisen-Beton-Säulen, das sind solche, bei deren Prüfung auf Druckfestigkeit das Material außerhalb der Umschnürung, die Schale, vor Erreichung der höchsten Belastung abzuplatzen

Abb. 54.

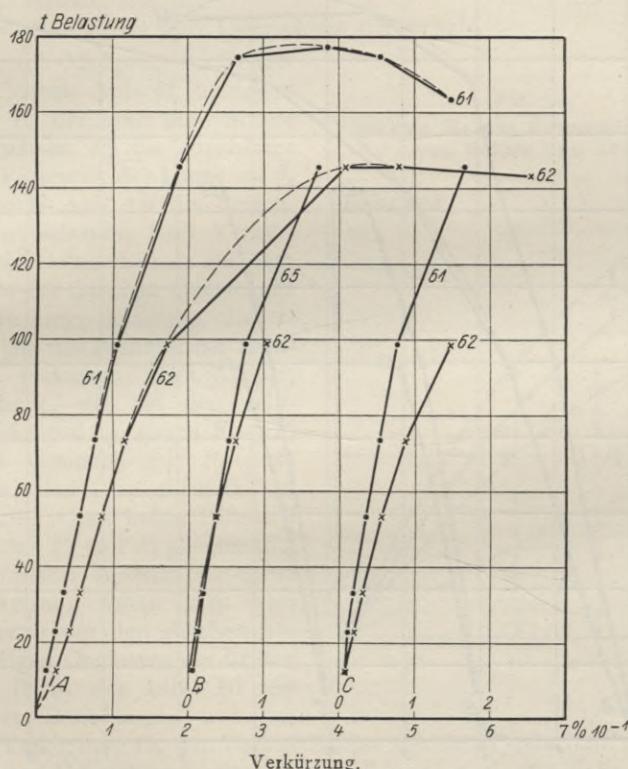
Längenänderungen bei wachsender Belastung der spiralbewehrten Säulen  
Nr. 61 mit und Nr. 62 ohne Schale.

A: gemessen zwischen den beiden Druckplatten,

B: gemessen in Säulen-Mitte,

C: gemessen am Säulen-Ende.

Eisenstärke der Spirale = 5 mm.



pflegt, ist es Gebrauch, nur den Beton innerhalb der Umschnürung, den Betonkern, als tragend zu berücksichtigen. Um die Berechtigung dieser Berechnungsweise nachzuprüfen, erschien es geboten, besondere Versuche darüber anzustellen, bis zu welcher Belastung und mit welchem Betrage die Schale an der Lastaufnahme teilnimmt. Zu diesem Zweck sind vier Säulen gefertigt, von denen zwei mit Spiralen aus 5 mm-Eisen, zwei mit Spiralen aus 7 mm-Eisen bewehrt waren. Die Ganghöhe der Spiralen betrug 4 cm, ihr äußerer Durchmesser bei allen 4 Säulen 28 cm. Von den beiden gleichartig bewehrten Säulen war die eine achtseitig mit 900 qcm Querschnitt; bei den zweiten Säulen fehlte die Schale. Diese Säulen waren also zylindrisch bei 28 cm Durchmesser.

Um die Säulen ohne Schale möglichst unter den gleichen Bedingungen herzustellen, wie die Vergleichssäulen mit Schale, wurde ein zum Zylinder aufgerolltes Blech von 0,5 mm Dicke um das fertige Eisengerippe (8 Längseisen, an den Kreuzungsstellen mit der Spirale durch Bindedraht verbunden) eng herumgelegt

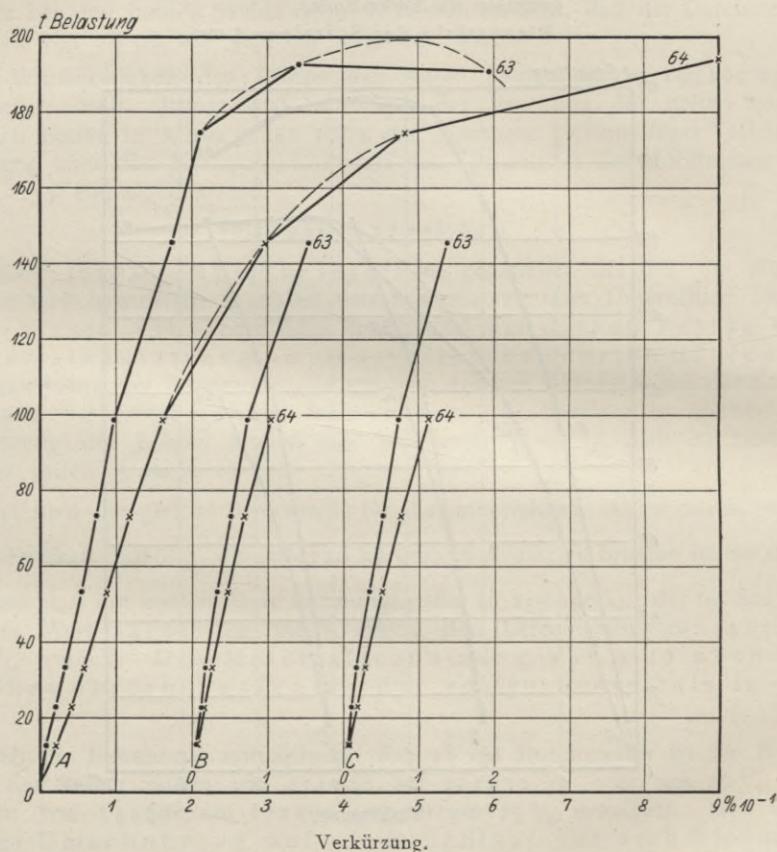
und durch Bänder zusammengehalten. Das Ganze wurde dann in dieselbe Form, in der auch die anderen Säulen gestampft sind, möglichst zentrisch hineingestellt und der Raum zwischen dem Blechmantel und den Formwandungen mit Sand fest ausgestampft.

Abb. 55.

Längenänderungen bei wachsender Belastung der spiralbewehrten Säule  
Nr. 63 mit und Nr. 64 ohne Schale.

- A: gemessen zwischen den beiden Druckplatten,
- B: gemessen in Säulen-Mitte,
- C: gemessen am Säulen-Ende.

Eisenstärke der Spirale = 7 mm.



Die Beobachtungen bei den einzelnen Laststufen für die Verkürzungen des Betons in den Säulen sind in Tab. 59 u. 60, diejenigen für die Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten, in Tab. 61 zusammengestellt und nach den Mittelwerten sind die Schaulinien Abb. 54 und 55 aufgetragen; Abb. 54 enthält die Ergebnisse für die Säulen mit 5 mm-Spiralen, Abb. 55 diejenigen für die Säulen mit 7 mm-Spiralen. In beiden Abbildungen entsprechen die Linien Gruppe A den Gesamtverkürzungen der Säulen, Gruppe B den Verkürzungen des Betons in Säulenmitte, Gruppe C denen am Säulenende.

Nach der Lage der beiden Linien derselben Gruppe zueinander waren die Verkürzungen unter den gleichen Belastungen, wie nicht anders erwartet werden konnte, bei den Säulen ohne Schale größer als bei den Säulen mit Schale. Der Einfluß der Schale auf die Längenänderungen der Säulen ist also unverkennbar, und zwar macht es sich nach

dem Verlauf der Linien in den Gruppen A auch nach Überschreitung der Höchstlast noch bemerkbar.

Die Höchstlast selbst betrug nach den Werten der Tab. 62 bei den Säulen mit Schale 177360 und 200740 kg, bei den Säulen ohne Schale 152680 und 196270 kg, sie war also für die ersteren bei der 5 mm-Spirale um 16%, bei der 7 mm-Spirale um 2% größer als für die Säulen ohne Schale.

Die Zerstörungserscheinungen an den vier Säulen zeigen die Lichtbilder Abb. 31.

Um zu ermitteln, ob der Beton der Schale seiner Eigenfestigkeit entsprechend an der Tragfähigkeit der Säule teilnimmt, sei folgende Betrachtung angestellt.

Ist  $F$  = dem Gesamtquerschnitt der achtseitigen Säule,

$F_k$  = dem Kernquerschnitt, entsprechend dem Außendurchmesser der Spirale,

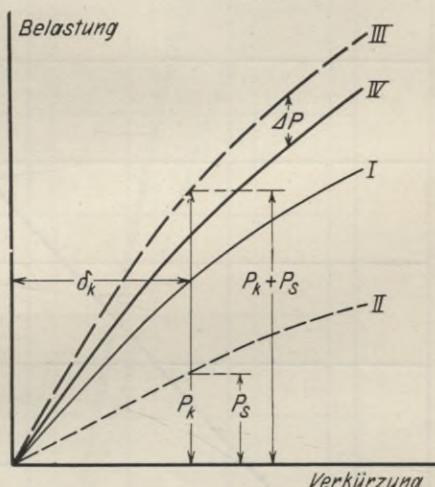
so ist  $F_s = F - F_k$  = dem Querschnitt der Schale.

Ist nun nach Maßgabe der Schaulinie I in dem Schema Abb. 56 für irgend eine Belastung  $P_k$  der Säule ohne Schale mit dem Querschnitt  $F_k$  die zugehörige Verkürzung in Prozenten der Länge =  $\delta_k$  und stellt Linie II Abb. 56 die Beziehungen zwischen Belastung und Verkürzung eines unbewehrten Prismas aus dem Beton der Säule dar mit dem Querschnitt  $F_s$ , so ist  $P_s$  diejenige Belastung, die erforderlich ist, um das Betonprisma ebenfalls um  $\delta_k$  zu verkürzen. Ein Körper, dessen Querschnitt, wie bei den achtseitigen Säulen 61 und 63, gleich  $F_k + F_s = F$  ist, muß demnach mit  $P_k + P_s$  belastet werden, damit er ebenfalls um  $\delta_k$  verkürzt wird, sofern beide Teile mit den Querschnitten  $F_k$  und  $F_s$  gleichmäßig an der Lastaufnahme teilnehmen. Unter dieser Voraussetzung erhält man also durch Summierung der den gleichen Abszissen zugehörigen Ordinaten der beiden Linien I und II in der Linie III die Darstellung der Beziehungen zwischen Belastung und Verkürzung für den Verbundkörper mit dem Querschnitt  $F_k + F_s = F$ . Liefert dann der Versuch mit dem Verbundkörper z. B. die Schaulinie IV, so entsprechen die Unterschiede  $\Delta P$  in den Ordinaten von III und IV für gleiche Abszissen den jeweiligen Verlusten an Festigkeit, die mit der Vereinigung beider Teile zum Verbundkörper, hier der Betonschale mit dem spiralbewehrten Kern, verbunden sind.

Nach diesen Gesichtspunkten sind die Tab. 63 und die Schaulinien Abb. 57 und 58 ausgeführt.

Tab. 63 enthält in den ersten fünf Reihen die Gesamtverkürzungen der hier zu betrachtenden Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten. Wie schon oben gesagt ist, haftet den Beobachtungen für diese Verkürzungen dadurch eine gewisse Unsicherheit an, daß die Druckflächen trotz sorgfältigen Abgleichens nicht von gleich an überall voll zur Anlage kamen und daher bei geringen Belastungen infolge örtlicher Verdrückungen sich zu große Werte für die Verkürzungen der Säulen ergaben. In Abb. 54 und 55 tritt dieser Umstand darin zutage, daß die Schaulinien Gruppe A bei geringen Belastungen zunächst gegen die Abscisse hin gekrümmmt sind, dann aber innerhalb eines gewissen Bereiches annähernd

Fig. 56.  
Schema für das Zusammenwirken  
von Schale und Kern.



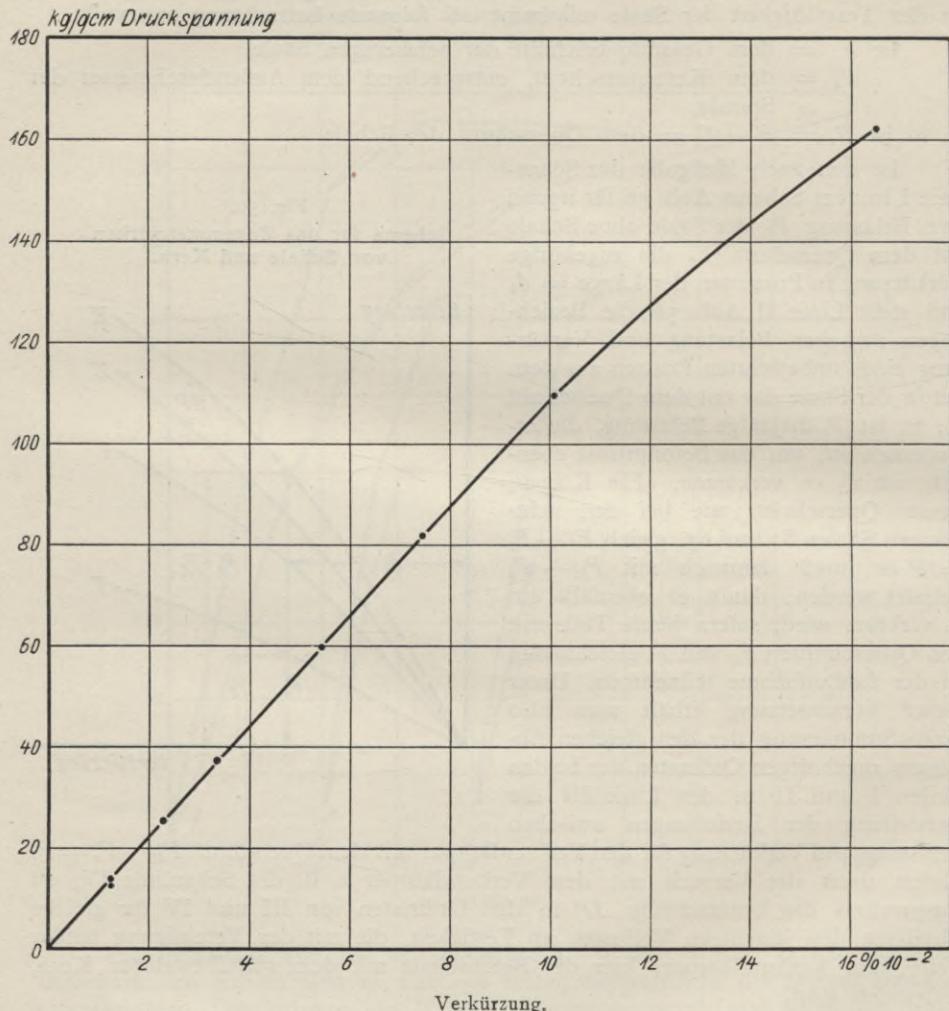
geradlinig verlaufen. Der annähernd geradlinige Verlauf ist auch für geringe Belastungen der wahrscheinlichste; daher sind nach ihm die Beobachtungswerte ausgeglichen und in Tab. 63 den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt.

Abb. 57 zeigt den Verlauf der Verkürzung der unbewehrten Säulen

Abb. 57.

Gesamtverkürzung  $\delta$  der unbewehrten achtseitigen Säulen 46, 47, 48  
bei wachsender Druckspannung.

Die Werte für  $\delta$  sind durch Ausgleich und Extrapolation gefunden.



46—48 mit wachsender Druckspannung in kg/qcm; die Werte der letzteren sind in Tab. 63 über den Belastungswerten in Klammern angegeben.

Die Verkürzungen der Säulen 61 bis 64 sind in Abb. 58 zu Schaulinien aufgetragen, und zwar in Gruppe A für die Säulen 61 und 62 mit Spiralen aus 5-mm-Eisen, in Gruppe B für die Säulen 63 und 64 mit Spiralen aus 7-mm-Eisen. Die dritten, mit  $J$  bezeichneten Schaulinien stellen den errechneten Verlauf dar, den die Verkürzungen der runden Säulen 62 und 64 unter der Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung genommen hätten, wenn diese Säulen ebenso wie die Säulen 61 und 63 durch Hinzufügen der Schale sechsseitig ausgestaltet worden wären.

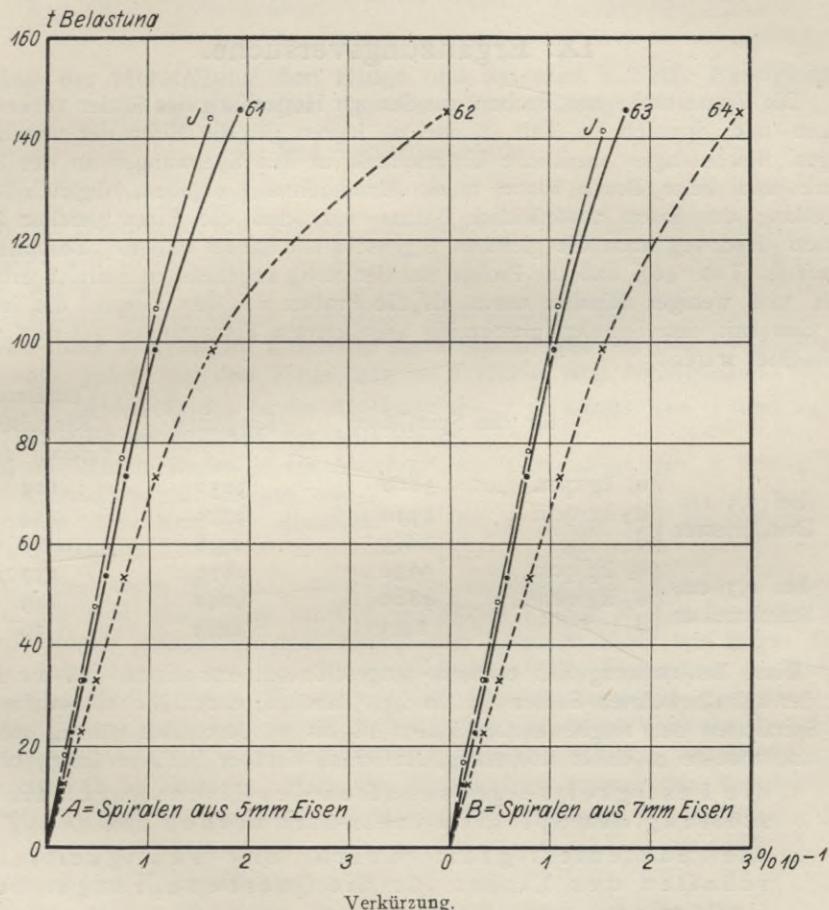
Der Gang der Berechnung war folgender:

An der Schaulinie Abb. 57 sind die Druck-Spannungen  $\sigma_s$  abgegriffen (s. Tab. 63), die erforderlich sind, um den Beton der Säulen, also auch den der Schale, um diejenigen Beträge zusammenzudrücken, um die die runden Säulen 62 und 64 sich unter den einzelnen Laststufen verkürzt hatten.

Aus diesen Druckspannungen  $\sigma_s$  sind dann die zugehörigen Druckbelastungen  $P_s$  nach der Gleichung  $P_s = \sigma_s \cdot F_s$  berechnet, und schließlich aus der Summe

Abb. 58.

Gesamtverkürzung der gleichartig bewehrten Säulen 61 und 63 mit und 62 und 64 ohne Schale im Vergleich mit den berechneten Werten  $J$ .



$P + P_s = J$  die Belastungen, die hätten erforderlich sein müssen, die mit der Schale versehenen Säulen um die gleichen Beträge zusammenzudrücken, wie die runden Säulen ohne Schale, unter der Annahme, daß die Belastung über den Verbundkörper gleichmäßig verteilt ist und der Beton sich in der Schale ebenso verhält, wie im vollen Prisma.

Wie Abb. 58 erkennen läßt, sind für gleiche Verkürzungen die Ordinaten der Linien  $J$  größer als die der Linien 61 und 63. Dies besagt, daß die achtseitigen Säulen tatsächlich geringeren Widerstand gegen Druckbelastungen äußerten, als sich rechnungsmäßig aus den beiden Widerständen des Kernes und der Schale ergibt. Die Verminderung des Widerstandes beträgt, wie die in Tab. 63 weiter angestellten

Berechnungen ergeben, bei der Säule 61 etwa 7 bis 10% und bei der Säule 63 etwa 4—6%, während der Querschnitt der Schale 32% des Gesamtquerschnittes beträgt. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß nur Einzelversuche vorliegen. Das erzielte Ergebnis kann daher keinen Anspruch auf große Zuverlässigkeit und auf Zulässigkeit der Verallgemeinerung machen. Immerhin geht aus den vorliegenden wenigen Versuchen zur Geltige hervor, daß die Schale der umschnürten Säulen einen wesentlichen Anteil an der Tragfähigkeit dieser Säulen hat. Dieser Einfluß erstreckt sich mindestens bis zur Erreichung der Höchstlast und daher ist es nicht zulässig, den Berechnungen der Festigkeitserhöhungen durch Umschnürungen nur den Kernquerschnitt zugrunde zu legen.

## IX. Ergänzungsversuche.

Die Zugversuche mit Proben aus den zur Herstellung der Säulen verwendeten Ringen und Spiralen (s. Tab. 8 und 9) hatten für die Eisen der verschiedenartigen Bewehrungen merkliche Unterschiede in den Spannungen an der Streckengrenze und beim Bruch sowie in der Bruchdehnung ergeben, obgleich bei der Bestellung der Eisen ausdrücklich betont war, daß die Eisen gleichen Durchmessers durchweg auch die gleichen Eigenschaften haben sollten. Besonders fiel es auf (s. Tab. 46), daß die Proben aus den fertig angelieferten Spiralen erheblich fester und weniger dehnbar waren als die Proben aus den Ringen, die im Amt aus den mit den Spiralen gleichzeitig angelieferten Eisenstangen gefertigt waren. Beobachtet waren:

	für die Spiraleisen	Ringisen	Verhältnis: Ringisen gleich 100
Durchmesser bei 0,5 cm	$\sigma_s$ kg/qcm 3800	3050	124
	$\sigma_B$ kg/qcm 4940	4330	114
	$\delta$ % 16,3	23,8	69
Durchmesser bei 0,7 cm	$\sigma_s$ kg/qcm 3930	2870	137
	$\sigma_B$ kg/qcm 4800	4040	119
	$\delta$ % 14,3	24,3	59

Diese Beobachtung ließ es nicht ausgeschlossen erscheinen, daß die Festigkeit der spiralbewehrten Säulen 40 bis 45, Tab. 46, durch die höhere Festigkeit der Spiraleisen den ringbewehrten Säulen 28 bis 39 gegenüber günstig beeinflußt war und machte es daher notwendig, Aufschluß darüber herbeizuführen, ob

1. die Festigkeitseigenschaften des Eisens durch die Herstellung der Spiralen verändert werden und
2. die Säulenfestigkeit durch die Festigkeitseigenschaften des Eisens für die Querbewehrungen beeinflußt wird.

Ferner hatten die S. 55 besprochenen Versuche ergeben, daß die Bruchfestigkeit der mit Spiralen aus 1,2 cm-Eisen bewehrten Säulen über doppelt so groß war, als die Bruchfestigkeit der unbewehrten Säulen, während die Spiralen aus Eisen von 0,5 und 0,7 cm Durchmesser nur geringe Unterschiede in den Steigerungen der Bruchfestigkeiten der Säulen ergeben hatten. Es blieb daher durch weitere Versuche festzustellen,

3. ob die Bewehrungen mit Ringen auch bei 1,2 cm Eisen-durchmesser die gleiche Festigkeitssteigerung liefert, wie die Spiralbewehrung.

Die Ausführung dieser drei Versuchsreihen wurde in der Sitzung des Arbeitsausschusses am 10. Oktober 1913 beschlossen.

Die bei den Versuchen mit den quadratischen Säulen gemachte Beobachtung, daß die Längseisen beim wiederholten Be- und Entlasten der Säule infolge der Druckbeanspruchung keine bleibenden Verkürzungen erlitten, sondern nach dem Entlasten bei den ersten Laststufen sogar Längenzunahme zeigten, glaubte ich S. 43 darauf zurückführen zu sollen, daß die Längseisen infolge Schrumpfens des an den Eisen haftenden erhärtenden Betons vor dem Versuch bereits unter Druckspannungen stehen und daß diese Druckspannungen beim Entlasten sich auslösen, indem die Haftung des Betons am Eisen nach und nach aufgehoben wird. Zur Nachprüfung dieser Erklärung genehmigte der Arbeitsausschuß in seiner Sitzung am 15. Mai 1914 die Ausführung einiger Versuche

4. über das Verhalten der Längseisen im erhärtenden Beton.

**1. Einfluß der Herstellung der Ringe und Spiralen auf die Festigkeiteigenschaften der Bewehrungseisen.**

**A. Das Versuchsmaterial.**

Die Versuche sind mit zwei verschiedenen Eisen ausgeführt, und zwar

- a) mit Rundeisen von 0,7 cm Durchmesser, aus dem auch die Spiralen zu den hohen Säulen 55 bis 60 (s. Reihe VII S. 62) im Amt gefertigt waren und
- b) mit zu diesem Zweck besonders ausgewalztem Eisen.<sup>1)</sup>

Das unter a) genannte Rundeisen lag in drei Ringen von etwa 60 cm Durchmesser vor. Jedem der drei Ringe, gez. a, b und c, sind entnommen:

- α) an beiden Enden je ein Abschnitt von 1 m Länge, gez. 1 und 2, zur Prüfung im Zustande der Anlieferung,
- β) an beiden Enden je ein Abschnitt von 1 m Länge, gez. 3 und 4, zur Herstellung von Ringen und
- γ) von dem Rest ein Abschnitt von 50 m Länge zur Herstellung von Spiralen.

Mit den sechs Proben unter α) ist je ein Zugversuch ausgeführt. Ebenso ist den aus den Abschnitten unter β) gefertigten Ringen je eine Zugprobe und den zur Spire gewickelten Abschnitten unter γ) einige Meter von jedem Ende entfernt, eine Zugprobe (gez. 5 und 6) entnommen. Die Proben aus den Ringen und Spiralen sind vor dem Versuch mit dem Holzhammer gerade gerichtet.

Als Ausgangsmaterial zur Herstellung der für diese Versuche besonders auszuwalzenden Eisen (s. oben unter b) dienten gewalzte Knüppel derselben Charge von je etwa 50 kg Gewicht. Nach der Werksanalyse enthielt das Material:

Kohlenstoff	Phosphor	Mangan	Schwefel	Silicium
0,05	0,05	0,5	0,035	0,0080%

Aus diesen Knüppeln wurden gewalzt:

- a) 180 m Rundeisen von 9,5 mm Durchmesser bez. Nr. 1
- b) 180 „ „ 8,2 „ „ „ Nr. 2
- c) 300 „ „ 7,4 „ „ „ Nr. 3 weich
- d) 300 „ „ 12,0 „ „ „ Nr. 9.

Von den Rundeisen a) wurden 12 Stangen je in drei Zügen ohne Zwischen-glühungen kalt gezogen, und zwar im Zuge:

- α) von 9,5 mm auf 8,8 mm Durchmesser
- β) „ 8,8 „ 8,2 „ „ „
- γ) „ 8,2 „ 7,4 „ „ „ bez. Nr. 5 besonders hart.

<sup>1)</sup> Die Herstellung dieser Proben erfolgte auf der Gewerkschaft Deutscher Kaiser, Hamborn, der auch an dieser Stelle für das bereitwilligste Entgegenkommen verbindlichst gedankt sein möge.

Von den Rundeisen b) wurden 36 Stangen in je einem Zuge kalt gezogen von 8,2 auf 7,4 mm Durchmesser — bez. Nr. 4 hart.

Aus den vorgenannten Proben sind gefertigt:

Nr. 6	aus Proben 3	die Ringe zur Bewehrung der Säulen	73 bis 75
Nr. 7	" 4 "	" " "	76 " 78
Nr. 8	" 5 "	" " "	79
Nr. 10	" 9 "	" " "	80 " 82
Nr. 11	" 9 "	Spiralen "	83 " 85.

Um bescheinigen zu können, daß die einzelnen Eisensorten 1 bis 4 und 9 ihre verschiedenartige Festigkeit lediglich durch die verschiedenartige Behandlung bei der Erzeugung angenommen haben, sind sie im Beisein eines Beauftragten des Amtes hergestellt.

### B. Die Herstellung der Ringe und Spiralen.

Die Ringe aus dem 0,7 cm-Rundeisen a) sowie die Ringe Nr. 6, 7, 8 und 10 aus den Walzstangen b) sind im Amt auf demselben kleinen Dreimalzen-Apparat gebogen, der auch zur Herstellung der zu den untersuchten Säulen verwendeten Ringe benutzt worden war.

Die Spiralen sind im Beisein eines Beauftragten des Amtes bei der Firma Wayß & Freytag A.-G., Berlin SW. gewickelt. Dies schien erforderlich, um sicher zu sein, daß der Einfluß des Wickelns auf das Eisen tunlichst bei diesen Proben der gleiche war, wie bei der üblichen Herstellung der Spiralen zur praktischen Verwendung. Auch der Firma Wayß & Freytag sei an dieser Stelle für ihr Entgegenkommen bestens gedankt.

Zum Wickeln diente ein Holz-Dorn von etwa 23,5 cm Durchmesser, der mechanisch angetrieben das Eisen durch eine Bremse zog, so daß es straff gespannt war. Nach dem Abziehen vom Dorn betrug der Durchmesser der Spirale 25,4 cm.

Die Ringe aus dem 1,2 cm-Eisen, Material Nr. 10, Tab. 64, wurden in der Weise hergestellt, daß das Eisen zunächst ebenfalls zur Spirale gewickelt und diese dann in einzelne Abschnitte für die Bügel zerlegt wurde. Auf diese Weise ist erreicht, daß das Eisen der Ringe in den Säulen 80—82 die gleichen Eigenschaften besaß, wie das Eisen der Spiralen in den Säulen 83 bis 85.

### C. Versuchsergebnisse.

Die Einzelwerte aus den Zugversuchen mit den besonders gewalzten Eisen und hieraus gefertigten Ringen und Spiralen enthält Tab. 64, die Einzelwerte für das 0,7 cm-Eisen Tab. 65. In Tab. 65 sind die Mittelwerte aus Tab. 64 nochmals mit aufgenommen und ferner Verhältniszahlen angegeben, die den Einfluß der Umformungen zu Ringen und Spiralen darstellen.

Die mittleren Beobachtungswerte für das 0,7 cm-Eisen sind in Abb. 59 zu Schaulinien aufgetragen und die Verhältniszahlen neben den Beobachtungspunkten niedergeschrieben. Abb. 59 zeigt, daß durch das Biegen zu Ringen und noch mehr durch das Wickeln zur Spirale die Streckgrenze  $\sigma_s$  gehoben und die Bruchdehnung vermindert ist, während die Bruchfestigkeit nicht wesentlich beeinflußt worden ist.

Die Ergebnisse für das besonders gefertigte Eisen sind in Abb. 60 durch Schaulinien dargestellt; die starken Linien gehören den geraden gewalzten oder gezogenen Stangen an, die feinen den aus den zugehörigen Spiralen entnommenen Proben.

Nach dem Verlauf der starken Linien, Abb. 60, haben durch das Warm-Auswalzen auf kleinere Durchmesser (Material 9, 1, 2, 3) Streckgrenze  $\sigma_s$  und Bruchdehnung  $\delta$  in gleicher Weise um wenig zugenommen, während die Bruchfestigkeit  $\sigma_B$  unverändert blieb; durch das Kaltziehen (Material 4 und 5) sind  $\sigma_s$  und  $\sigma_B$  erheblich gesteigert und  $\delta$  erheblich vermindert. Durch die Umformung

zu Spiralen (s. Abb. 60 die Lage der schwachen Linien zu den starken) sind sowohl  $\sigma_s$  als auch  $\sigma_B$  gehoben und  $\delta$  vermindert. Bei dem bereits bei der Herstellung hart gezogenen Material 4 und 5 waren die Veränderungen von  $\sigma_s$  und  $\sigma_B$  geringer als bei dem warm gewalzten.

Das Eisen der zu den Säulen

40 bis 45 verarbeiteten Spiralen

hatte für  $\sigma_s$  um 24 und 37 im Mittel um 31%<sup>0</sup>, für  $\sigma_B$  um 14 und 19 im Mittel um 17%<sup>0</sup> höhere Werte ergeben als das Eisen der Ringe in den Säulen 28 bis 39. Nach der vorliegenden Untersuchung, Tab. 65, bewirkte die Umformung des Eisens zur Spirale bei dem 0,7 cm-Eisen Erhöhung von  $\sigma_s$  um 7%<sup>0</sup> und von  $\sigma_B$  um 2%<sup>0</sup>. Diese Werte bleiben weit

Abb. 60.

Einfluß der Umformung zu Spiralen auf die Festigkeit und Dehnung bei dem besonders gefertigten Eisen.

Material: 9 auf 1,18 cm Durchmesser . . .

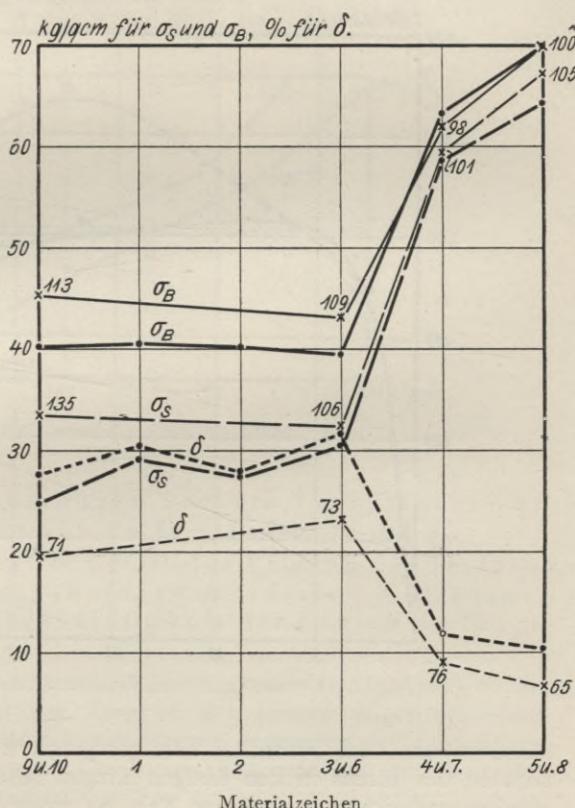
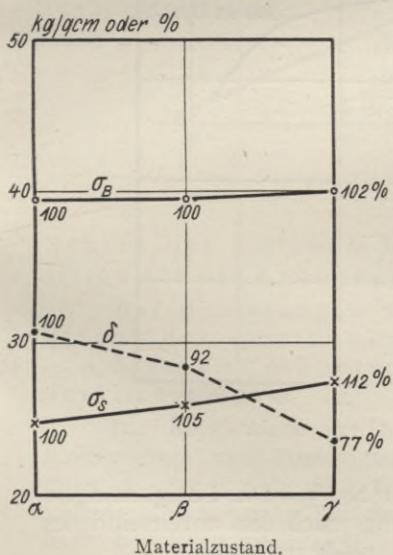
1	"	0,94	"	"	warm
2	"	0,82	"	"	gewalzte
3	"	0,75	"	"	Stangen
4	von	0,82	auf	0,74	cm Durchm.
5	"	0,95	"	0,74	kalt
10, 6, 7, 8	zu	Spiralen	gewickelt	"	gezogene

Die starken Linien gehören den Stangen an, die feinen den Proben aus Spiralen.

Abb. 59.

Einfluß der Umformung zu Ringen und Spiralen auf die Festigkeit und Dehnung des 0,7 cm-Eisens.

- $\alpha$ : wie angeliefert,
- $\beta$ : Ringe,
- $\gamma$ : Spirale.



hinter den erstgenannten zurück; die hohe Festigkeit des Spiraleisens der Säulen 40 bis 45 findet somit in dem Einfluß der Umformung keine volle Erklärung.

## 2. Einfluß der Festigkeitseigenschaften des Eisens für die Querbewehrungen auf die Druckfestigkeit der Säulen.

Zur Untersuchung gelangten sieben achtseitige Säulen, s. Tab. 71, mit 900 qcm Querschnitt und 1,3 m Länge bei 90 Tagen Alter, gefertigt aus dem gleichen Beton wie die Säulen der voraufgehenden Reihen. Sämtliche Säulen enthielten-

als Bewehrung acht Längseisen von 1,4 cm Durchmesser und umgehaktene Ringe aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser im gegenseitigen Abstande von 3 cm.

Die Festigkeitseigenschaften der Längseisen, ermittelt durch Zug- und Druckversuche, sind aus Tab. 66 zu ersehen, und zwar handelt es sich um die Stangen mit dem Materialzeichen 14.

Die Ringe wurden aus 0,7 cm-Eisen im Amt getertigt, und zwar zu den drei Säulen 73 bis 75 aus dem warm gewalzten Eisen Nr. 3, Tab. 64, zu den drei Säulen 76 bis 78 aus dem kalt gezogenen Eisen Nr. 4, und zu der siebenten

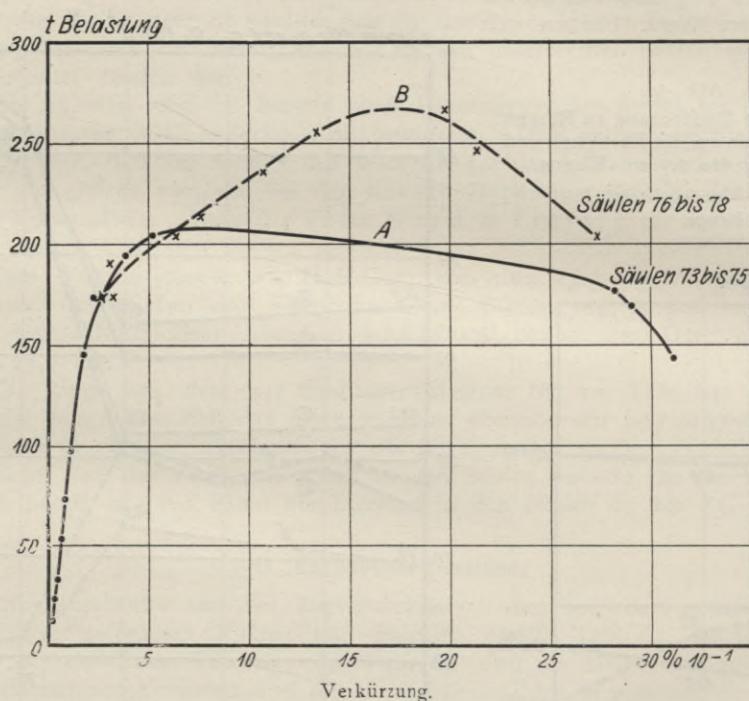
Abb. 61.

**Verkürzung der mit Eisen verschiedener Festigkeit bewehrten Säulen bei wachsender Belastung.**

Bewehrung mit Umfangsbügeln aus Eisen von 0,7 cm Durchmesser und den folgenden Festigkeiten:

A:  $\sigma_P = 2660 \text{ kg/qcm}$ ;  $\sigma_S = 3040 \text{ kg/qcm}$ ;  $\sigma_B = 3950 \text{ kg/qcm}$ ;  $\delta = 31,6\%$ .

B: " = 2520 " ; " = 5860 " ; " = 6310 " ; " = 11,9 " .



Säule 79 aus dem besonders hart gezogenen Eisen Nr. 5. Die Festigkeitseigenschaften des Eisens in den fertigen Ringen (allerdings nach dem unvermeidlichen Wiedergeraderichten<sup>1)</sup>) sind aus Tab. 64 unter Nr. 6—8 zu ersehen.

Über die Festigkeitseigenschaften der unbewehrten Säulen geben die Versuche mit den Säulen 86—88 (Tab. 76) Aufschluß, die mit den Säulen 73—79 in der gleichen Reihe gefertigt sind. Die Mittelwerte für 86—88 sind daher in Tab. 71 mit aufgenommen. Schließlich ist auch wieder die Druckfestigkeit des Betons an Würfeln ermittelt, die mit den Säulen gleichzeitig gefertigt waren.

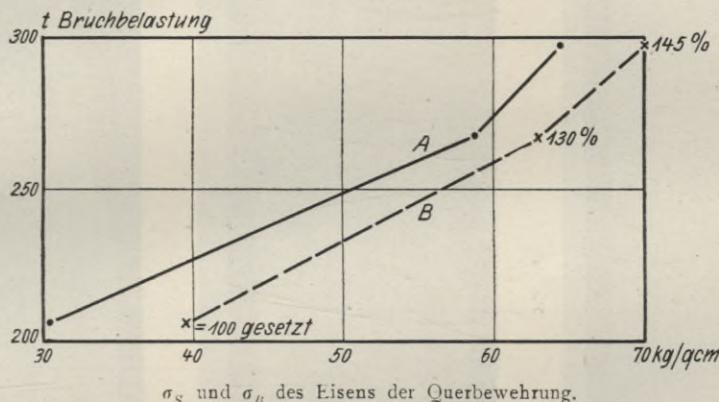
Bei Prüfung der Säulen wurden unter stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Be- und Entlasten die Längenänderungen des Betons in Mitte der Säulen

<sup>1)</sup> Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluß voraufgegangener Formänderungen auf die Festigkeitseigenschaften der Metalle, Mitteilungen a. d. Königl. technischen Versuchsanstalten 1901, Ergänzungsheft I.

auf 15 cm Länge (s. Tab. 67—69), sowie die Längenänderungen der Säulen zwischen den Druckplatten gemessen (s. Tab. 70).

Nach den Mittelwerten Tab. 67—69 und 70 sind weder die Längenänderungen des Betons noch die der Säulen zwischen den Druckplatten durch die Festigkeitseigenschaften des Eisens der Ringe bei Belastungen bis zu 174 t (s. a. Abb. 61) nennenswert beeinflußt. Allerdings sind die Mittelwerte für Säule 79 mit dem härtesten Eisen etwas geringer als die Gesamtmittel in den andern beiden Gruppen (73 bis 75 und 76 bis 78), indessen finden sich in den letzteren auch Säulen von ebenso geringer Verkürzung, so daß man dem Ergebnis des Einzelversuches 79 keine große Bedeutung beimessen kann, zumal die Verkürzungen der Säulen 73 bis 75 mit dem weichsten Eisen 6, Tab. 64, etwas geringer waren als die der Säulen 76—78 mit dem hartgezogenen Eisen 7 und sämtliche bewehrten

Abb. 62.  
Einfluß der Festigkeit des Eisens der Querbewehrung  
auf die Bruchlast der Säulen.  
Linie A nach  $\sigma_S$ , B nach  $\sigma_B$  des Eisens aufgetragen.



Säulen bei gleichen Belastungen größere Verkürzungen erlitten als die unbewehrten Säulen 86—88, Tab. 74 und 75.

Bei Belastungen über 200 t tritt der Einfluß des festeren Eisens der Querbewehrungen in verminderter Verkürzung (s. Abb. 61) und erhöhter Bruchfestigkeit der Säulen (s. Tab. 71) deutlich zutage.

Die Beziehungen der beobachteten Säulenfestigkeiten (s. Tab. 71) zu den Streckgrenzen und Zugfestigkeiten der Eisen in den Ringen zeigen die Schaukurven A und B Abb. 62. Die Festigkeitssteigerung gegenüber den „weich“ bewehrten Säulen beträgt bei den „hart“ bewehrten 30% und bei der „besonders hart“ bewehrten sogar 45%.

Nach den der Tab. 71 weiter angefügten Verhältniszahlen beträgt die Bruchfestigkeit der unbewehrten Säulen 79%, die der „weich“ bewehrten 104%, die der „hart“ bewehrten 130% und die der „besonders hart“ bewehrten 145% der Würfelfestigkeit des Betons.

Die Säulenfestigkeit ist durch die „weiche“ Bewehrung um 31%, durch die „harte“ um 71% und durch die „besonders harte“ sogar um 90% gegenüber der Festigkeit der unbewehrten Säulen gesteigert.

Die Zerstörungerscheinungen an den Säulen 73 bis 79 zeigen die Abb. 63—65. Die Zusammendrückungen sind bei einigen Säulen soweit gesteigert, daß die Ringe unter Ausknicken der Längseisen rissen.

Abb. 63.

Säulen 73 bis 75 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgehakt).  
Bewehrung aus weichem Eisen ( $\sigma_s = 3040 \text{ kg/qcm}$ ).



Bruchlast = 194 650 kg



= 202 360 kg



= 219 000 kg.

Abb. 64.

Säulen 76 bis 78 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgehakt).

Bewehrung aus hartem Eisen ( $\sigma_s = 5860$  kg).

Bruchlast = 262100 kg



= 272800 kg



= 267590 kg.

Abb. 65.

Säule 79 mit Ringbewehrung (0,7 cm Durchmesser, umgehakt).  
Bewehrung aus besonders hartem Eisen ( $\sigma_s = 6410 \text{ kg/qcm}$ ).



Bruchlast = 296720 kg.

### 3. Vergleich der Bewehrungen mit Ringen und Spiralen aus Eisen von 1,2 cm Durchmesser.

Hierzu sind außer drei achtseitigen unbewehrten Säulen Nr. 86 bis 88 je drei Säulen mit Ring- (Nr. 80 bis 82) und Spiral-Bewehrung (Nr. 83 bis 85) aus demselben Beton und unter Verwendung derselben Eisens von 1,2 cm Durchmesser gefertigt.

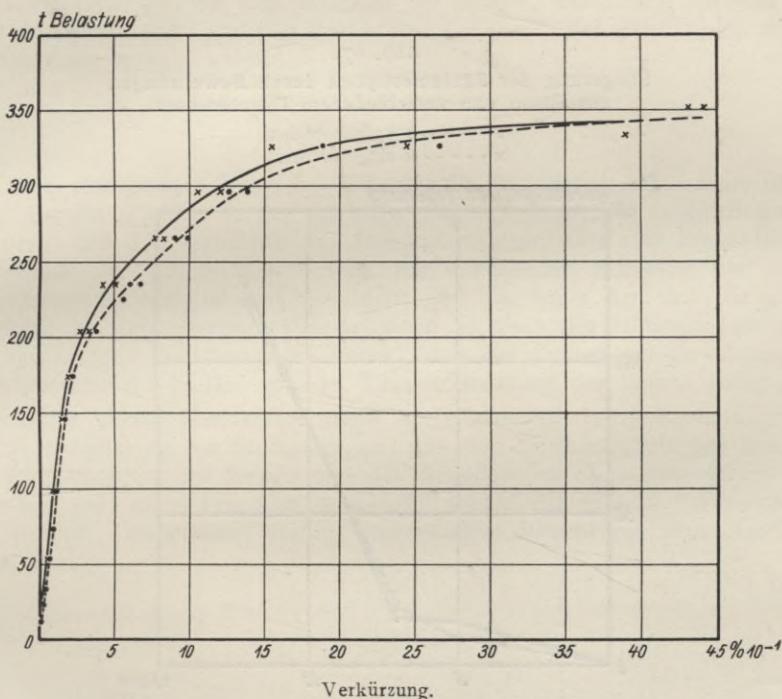
Die Ringe waren umgehakt, die Spiralen an den Enden verschweißt. Die Ganghöhe der Spiralen betrug 3 cm und ebensogroß war auch der mittlere Abstand zwischen den Ringen.

Abb. 66.

Verkürzung der mit Ringen und Spiralen aus demselben Eisen bewehrten achtseitigen Säulen bei wachsender Belastung.

Eisendurchmesser = 1,2 cm.

— spiralbewehrt, - - - ringbewehrt.



Als Längsbewehrung enthielten die Säulen 80 bis 85 acht Rundeisen von 1,6 cm Durchmesser, deren Festigkeitseigenschaften aus Tab. 66 unter Material-Zeichen 15 zu ersehen sind.

Die Ringe und Spiralen waren aus den in Tab. 64 unter Nr. 9 genannten Walzstangen gefertigt. Daß das Eisen in beiden tatsächlich die gleichen Festigkeitseigenschaften besaß, zeigen die in Tab. 64 unter Nr. 10 und 11 aufgeführten Versuchsergebnisse. Hiernach war im Mittel  $\sigma_s = 3370 \text{ kg/qcm}$ ,  $\sigma_B = 4530 \text{ kg/qcm}$  und  $\delta = 19,5\%$ .

Die in Tab. 72 bis 74 enthaltenen Beobachtungswerte lassen erkennen, daß die Verkürzungen des Betons, gemessen in der Mitte der Säulenlänge, auch in dieser Versuchsreihe wieder bei den bewehrten Säulen größer waren als bei den unbewehrten; die Unterschiede der Gesamtverkürzungen betragen für die ringbewehrten Säulen etwa 11%, für die spiralbewehrten etwa 15%. Schon hieraus ergibt sich, daß die Verkürzungen des Betons in den spiralbewehrten Säulen etwas größer waren als in den ringbewehrten Säulen. Die Unterschiede sind indessen

unwesentlich, zumal wenn man die Unterschiede in den Verkürzungen der drei gleichartigen Säulen, die nebenbei bemerkt bei den spiralbewehrten Säulen größer waren als bei den ringbewehrten, mit in Betracht zieht.

Den Verlauf der Längenänderungen der Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten, zeigen die nach den Beobachtungs-Werten Tab. 75 in Abb. 66 aufgetragenen Schaulinien. Hiernach sind die Verkürzungen der spiralbewehrten Säulen etwas kleiner als die der ringbewehrten Säulen, aber auch sie können als belanglos angesehen werden.

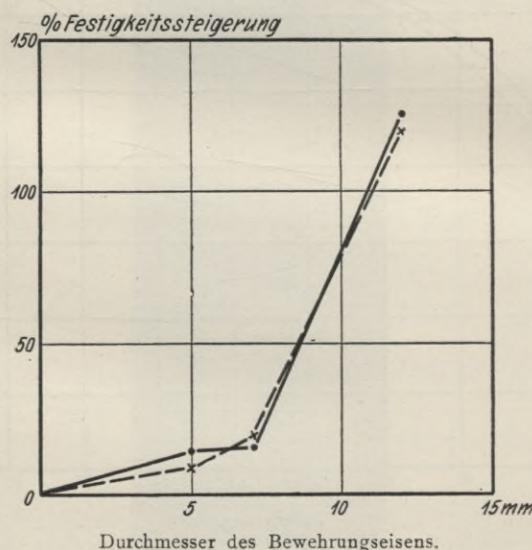
Die Zerstörungerscheinungen an den Säulen 80 bis 88 zeigen die Abb. 68 bis 70.

Die mittlere Bruchbelastung (s. Tab. 76) beträgt bei den ringbewehrten Säulen 345 820 kg und bei den spiralbewehrten Säulen 351 750 kg; sie ist also bei den letzteren um 1,7% größer als bei den ersten. Dieser an sich schon geringe Unterschied verliert vollends an Bedeutung, wenn man beachtet, daß die

Abb. 67.

**Steigerung der Säulenfestigkeit durch Bewehrungen aus Eisen von verschiedenem Durchmesser.**

• —— • spiralbewehrt.  
x - - - x ringbewehrt.



spiralbewehrte Säule 84 von allen die geringste Festigkeit aufwies. Ebenso wird man auch dem Unterschiede in den Verhältniswerten ( $P : P_1$ ) 100 für die Bruchlasten der Säulen zu denen der Würfel, die bei den spiralbewehrten Säulen 182, bei den ringbewehrten aber nur 175 beträgt, um deswillen keine praktische Bedeutung beimessen können, weil die Einzelwerte bei den spiralbewehrten Säulen außerordentlich schwanken, zwischen 173 und 192, bei den ringbewehrten Säulen dagegen gut untereinander übereinstimmen (173 bis 177).

Die Steigerungen der Säulenfestigkeit durch Ringe und Spiralen aus Eisen von verschiedenem Durchmesser (0,5, 0,7 und 1,2 cm) zeigen die Schaulinien Abb. 67.

Faßt man die besprochenen Ergebnisse zusammen, so ergibt sich, daß die Ringbewehrung sich der Spiralbewehrung auch bei der Eisenstärke von 1,2 cm als gleichwertig erwiesen hat.

#### 4. Das Verhalten der Längseisen im erhärtenden Beton.

Die Ergänzungsversuche Reihe 4 über das Verhalten der Längseisen im erhärtenden Beton sind noch nicht abgeschlossen. Ihre Ergebnisse werden später veröffentlicht werden.

Hier sei nur kurz erwähnt, daß die Längenänderungen der in den Beton eingebetteten Eisen den Längenänderungen des Betons folgten. Bis zum vierten Tage nach Anfertigung der Proben dehnten der erhärtende Beton und mit ihm die Längseisen sich aus. Dann trat Schrumpfen des Betons ein. Zugleich verkürzten die Längseisen sich, und zwar derart, daß sie bei etwa 8 Tagen Alter des Betons ihre ursprüngliche Länge wieder erreicht hatten und von nun ab in dem weiter schrumpfenden Beton Stauchungen erlitten.

Hiernach unterliegt es keinem Zweifel, daß die S. 43 besprochene Beobachtung, nach der die Längseisen in den Säulen nach deren Entlasten größere Länge besaßen als vor dem Belasten der Säulen, tatsächlich auf das Auslösen der Druckspannungen zurückzuführen ist, die durch das Schrumpfen des Betons in dem Eisen erzeugt waren.

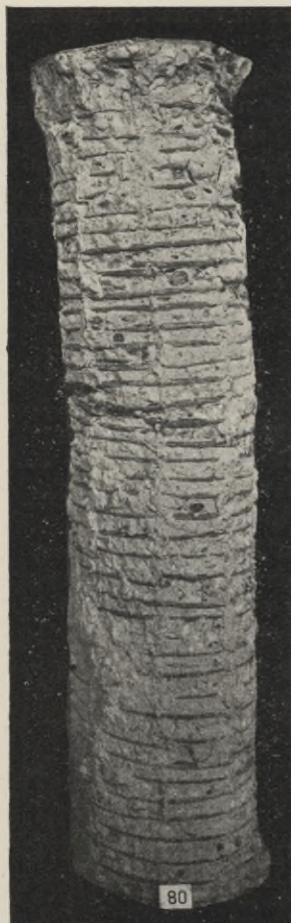
### X. Schlußwort.

Die vorliegenden Versuche liefern volle Bestätigung der bereits in meinem ersten Bericht (Heft 5, S. 71) aus den früheren Versuchen abgeleiteten Schlußfolgerung, daß die Verteilung der Druckspannungen über den Beton- und Eisen-Querschnitt der Säulen sich sowohl mit wachsender Belastung als auch beim wiederholten Lastwechsel ständig ändert, und tun ferner dar, daß die Spannungsverteilung in den einzelnen Querschnitten je nach der Höhenlage in der Säule verschieden ist. Sie bestätigen ferner, daß der Einfluß der Bewehrung auf die Bruchfestigkeit der Säulen von der Zusammensetzung des Betons abhängt.

Unter diesen Umständen habe ich einstweilen davon Abstand genommen, auf die Berechnung der Säulenfestigkeit aus der Druckfestigkeit des Betons sowie den Querschnitten des Betons und der eingebetteten Eisen einzugehen. Ich behalte mir vor, diese Frage zu behandeln, sobald die nächste Versuchsreihe über den Einfluß verschieden starker prozentueller Bewehrung zum Abschluß gebracht ist.

Abb. 68.

Säulen 80 bis 82 mit Ringbewehrung (1,2 cm Durchmesser, umgehakt,  $\sigma_s = 3380 \text{ kg/qcm}$ ).



Bruchlast = 348 230 kg



= 334 970 kg



= 354 260 kg.

Abb. 69.

Säulen 83 bis 85 mit Spiralbewehrung (1,2 cm Durchmesser,  $\sigma_s = 3350 \text{ kg/qcm}$ ).

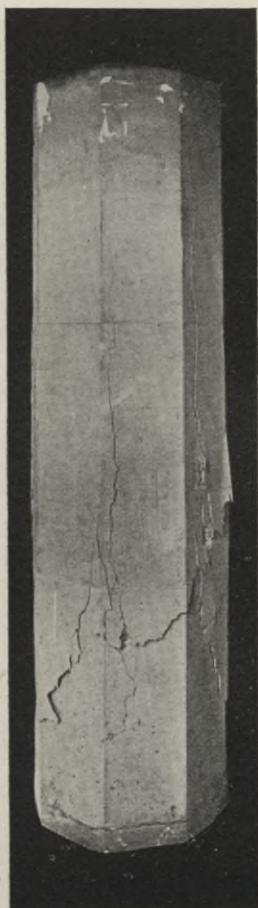


Bruchlast = 364 400 kg

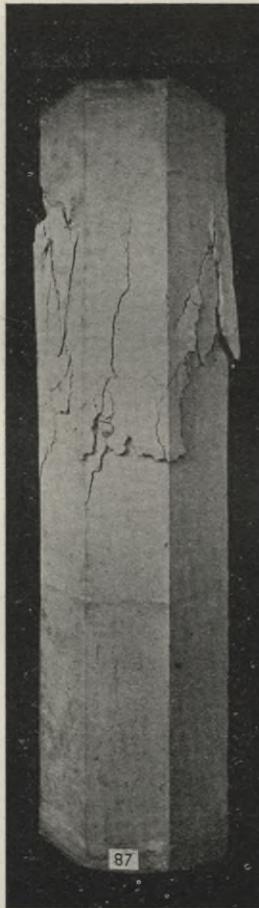
= 333 370 kg

= 357 470 kg.

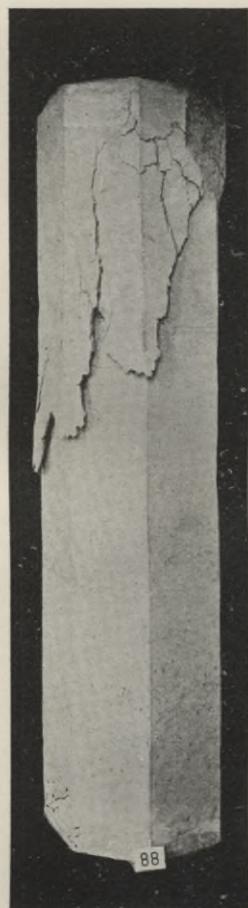
Abb. 70.  
Säulen 86 bis 88 ohne Bewehrung.



Bruchlast = 155 370 kg



= 167 400 kg



= 145 880 kg.

Tabelle I. Die Abmessungen und Bewehrungsweisen der untersuchten Säulen.  
Sämtliche Säulen hatten 1,30 m Länge.

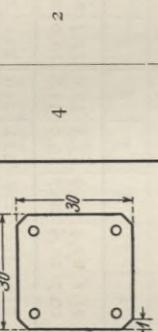
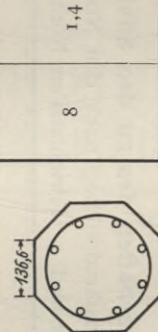
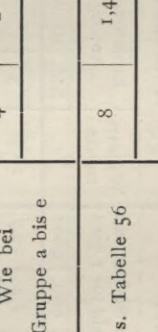
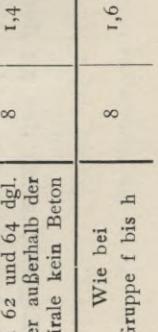
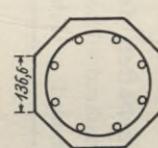
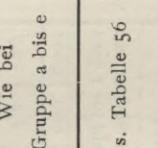
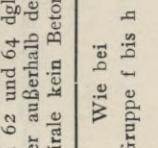
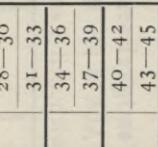
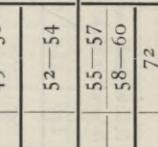
Reihen- zeichen	Gegenstand der Untersuchung	Gruppen- zeichen	Säulen- Nr.	Säulen- Querschnitt	Bewehrungen				Zusammen- setzung des Betons in Raumteilen	
					Anzahl	Längs- Durch- messer cm	Form	Quer- Eisen- Durchmesser cm		
A	Einfluß verschiedenartiger Querbewehrung bei der gleichen Längsbewehrung	a	1—3 4—6		4	2	geschweißte Ringe	0,5 0,7	1 Zement auf 4 Kiessand	
		b	7—9 10—12		4	2	umgehakte Ringe	0,5 0,7		
		c	13—15 16—18		4	2	Diagonalbügel	0,5 0,7		
		d	19—21 22—24		4	2	Spirale	0,5 0,7		
		e	25—27		8	1,4	unbewehrt			
		f	28—30 31—33		8	1,4	geschweißte Ringe	0,5 0,7		
		g	34—36 37—39		8	1,4	umgehakte Ringe	0,5 0,7		
		h	40—42 43—45		8	1,4	Spirale	0,5 0,7		
		i	46—48		8	1,4	unbewehrt			
		k	49—51	Wie bei Gruppe a bis e	4	2	umgehakte Ringe	0,7		
B	Einfluß fetterer Beton- mischung (im Vergleich mit den Säulen 10—12 und 25—27)	l	52—54	unbewehrt				5	1 Zement auf 2 1/2 Kiessand	
		m	55—57	unbewehrt				5		
C	Hohle Säulen (im Vergleich mit den Säulen 43—48)	n	58—60	s. Tabelle 56	8	1,4	Spirale	0,7	1 Zement auf 4 Kiessand	
D	Einfluß der Schale (des Betons außerhalb der Umschnürung)	o	72	61 62 63 64	bei 61 und 63 wie bei Gruppe f bis h; bei 62 und 64 dgl. aber außerhalb der Spirale kein Beton	8	1,4	0,5 0,7	4	
E	Einfluß stärkerer Spi- rale im Vergleich zu den Säulen 40—45	—	65—67	Wie bei Gruppe f bis h	8	1,6	Spirale	1,2	3	

Tabelle 2. Die physikalischen Eigenschaften des zu den Säulen verwendeten Zementes.  
(Die Versuche sind in Abt. 2 für Baumaterialprüfung nach den Normen vom Dezember 1909 ausgeführt.)

Untersuchung Nr.	Tag der Prüfung	Raumgewicht in kg/l		Siebfeinheit				Abbindeversuch				Gliihverlust %	Spezif. Gewicht ungeglüht	Raumbeständigkeitss-Probe	
		eingelaufen $R_u$	eingetrocknet $R_r$	Rückstand auf den Sieben mit folgender Maschenzahl für 1 qcm		Wasserzusatz %	Erhärtungs-Anfang	Abgebunden Std. Minuten	Std. Minuten	Gliihverlust %	ungeglüht				
1	3. III. 13	1,159	1,978	0,0	0,2	1,8	2,2	19,7	26,5	5	—	11	0,98	3,134	3,248 bestanden
2	2. VII. 13	1,143	1,847	0,0	0,2	2,0	2,0	19,8	26,0	5	30	10	2,05	3,125	3,259 bestanden

Tabelle 3. Festigkeitseigenschaften des zu den Säulen verwendeten Zementes.  
(Die Versuche sind in Abt. 2 für Baumaterialprüfung nach den Normen vom Dezember 1909 ausgeführt.)

Mörtel aus 1 Gewichtsteil Zement und 3 Gewichtsteilen Normensand. Wasserzusatz = 8,5 %.

Untersuchung Nr.	Eigenschaft	Tag der Probenfertigung	Art der Lagerung bis zur Prüfung	Alter bei der Prüfung in Tagen	Einzelwerte für die Festigkeit bei Versuch Nr.								Mittlere Bruchfestigkeit kg/qcm	Verhältniswerte für die Bruchfestigkeit %	Mittleres Raumgewicht von 5 Proben bei dem folgenden Alter in Tagen			
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Zugfestigkeit	6. III. 13 3. VII. 13	unter Wasser	7	21,4 20,0	21,1 19,7	22,4 21,9	22,9 20,7	23,5 19,9	21,6 21,8	22,4 20,0	22,6 20,4	21,5 21,9	22,2 21,8	22,2 20,8	100 93,6	2,286 2,300	2,314 2,314
2		6. III. 13 3. VII. 13	unter Wasser	7	21,2 21,6	21,6 21,3	21,4 21,8	22,8 21,3	22,2 21,8	21,6 22,0	22,1 21,3	22,7 21,6	22,0 21,6	21,6 21,6	219 216	100 98,7	2,239 2,220	— —
1	Druckfestigkeit	6. III. 13 3. VII. 13	unter Wasser	28	318 294	316 304	312 296	317 303	314 303	305 302	310 306	306 308	315 292	318 300	313 300	100 95,9	— —	— —
2		6. III. 13 3. VII. 13	1 Tag a. d. Luft, 6 Tage unter Wasser, dann a. d. Luft	28	376 347	370 342	378 346	370 343	376 356	370 354	378 353	380 357	376 357	374 350	100 93,6	2,239 2,220	— —	2,200 2,183

Tabelle 4. Untersuchung des Sand- und Kiesmaterials. (Ausgeführt in der Abb. 2 für Baumaterialprüfung.)

Bezeichnung des Materials	Gewicht für 1 l		Spezi- fisches Gewicht s $R_{r/s}$	Dichtig- keitsgrad $\vartheta =$ $R_{r/s}$	Undichtig- keitsgrad $u =$ $1 - V$	Gehalt an ab- schlamm- baren Be- standteilen %	Kornzusammensetzung des getrockneten Materials													
	feucht	trocken					Drahtsiebe mit quadratischen Löchern													
							25	15	10	7	4	9	20							
Kiesand I auf Sieb mit 25 mm Maschenweite abgesiebt <sup>2)</sup>	1,511 <sup>3)</sup>	1,753	2,035	2,586	0,787	0,213	1,0	Gesamt auf den Sieben	0,0	11,4	15,4	21,7	27,8	33,7	39,3	49,9	63,9	80,9	97,1	
Sand II auf Sieb mit 11 mm Maschenweite abgesiebt	1,422 <sup>3)</sup>	1,646	1,952	2,635	0,741	0,259	—	Gesamt auf den Sieben	0,0	11,4	4,0	6,3	6,1	5,9	5,6	10,6	14,0	17,0	16,2	2,9
Kies III Körnung von 11 bis 25 mm	1,479 <sup>3)</sup>	1,384	1,838	2,699	0,681	0,319	—	Gesamt auf den Sieben	0,0	64,2	89,8	97,1	97,4	97,5	97,6	97,7	97,8	98,3	99,2	
Kiesand IV Mischung von II u. III zu gleichen Ge- wichts-Teilen	1,674 <sup>3)</sup>	1,825	2,090	2,652	0,788	0,212	—	Gesamt auf den Sieben	0,0	64,2	25,6	7,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,9	0,8
Kiesand V Mischung aus $\frac{5}{4} \text{ II } + \frac{3}{4} \text{ III }$	1,600 <sup>3)</sup>	1,804	2,071	2,611	0,793	0,207	—	Gesamt auf den Sieben	0,0	32,7	51,1	56,4	60,5	64,6	68,0	74,0	80,4	88,9	98,0	
Kiesand VI Mischung aus $\frac{3}{4} \text{ II } + \frac{5}{4} \text{ III }$	1,682 <sup>3)</sup>	1,837	2,107	2,644	0,797	0,203	—	Gesamt auf den Sieben	0,0	23,6	36,2	43,5	46,9	51,4	56,1	64,2	73,9	85,8	97,4	
<sup>1)</sup> Im 10-Liter-Gefäß ermittelt. <sup>2)</sup> Rückstand = 13,25%. <sup>3)</sup> Die Feuchtigkeitsgehalte betrugen bei I = 2,4%; II = 5,0%; III = 2,0%; IV = 3,3%;																				
V = 4,1%; VI = 3%.																				

Tabelle 5.

## Druckfestigkeit der verschiedenen Beton-Mischungen.

Hergestellt aus 4 Raumteilen Kiessand und 1 Raumteil Zement. In Mischmaschine gemischt und von Hand eingestampft. Nach 2 Tagen entformt und dann bis zum achten Tage angenäßt; geprüft bei 28 Tagen Alter.

Reihe Nr.	Verwendeter Kiessand			Wasserzusatz bezogen auf die trockene Mischung %	Mittleres Raum- gewicht der 5 Probewürfel bei Alter in Tagen		Druckfestigkeit in kg/qcm der Probe					Mittel		
	Ma- terial- zeichen (siehe Tab. 4)	Zusammen- setzung in Raumteilen			2	28	1	2	3	4	5			
		Kies 11 bis 25 mm	Sand 0 bis 11 mm											
1	VI	5	3	8,0	2,413	2,401	346	343	353	352	363	351		
2	IV	1	1	8,0	2,381	2,373	324	327	330	331	323	327		
3	V	3	5	8,0	2,390	2,381	350	349	360	376	363	360		
4	V	3	5	8,75 <sup>1)</sup>	2,354	2,340	299	300	308	314	305	305		

Tabelle 6.

## Ergebnisse der Druckversuche mit den Eisen für die Längsbewehrung der Säulen.

Die Versuchsstücke waren Zylinder mit dem vollen Querschnitt der Walzstangen und der Länge gleich dem dreifachen Durchmesser.

Ver- such Nr.	Abmessungen				Elastizitäts- zahl $\frac{I}{a} = E$ kg/qcm	Spannungen kg/qcm		Längseisen der Säulen
	Ganze Länge cm	Meß- länge cm	Durch- messer cm	Quer- schnitt qcm		Proportional- itätsgrenze $\sigma_P$	Quetsch- grenze $\sigma_S$	
1	6,0	3,0	2,00	3,14	2 085 000	2870	3080	1 bis 24 und 49 bis 51
2			2,01	3,17	2 065 000	2840	3150	
3			2,00	3,14	2 065 000	2870	2880	
Mittel			—	—	2 070 000	2860	3040	
6	4,2	2,5	1,41	1,561	2 020 000	2880	3090	30, 34 bis 39, 44 bis 45 und 55 bis 64 (Lieferung a)
7			1,41	1,561	2 045 000	2560	2770	
8			1,40	1,539	1 960 000	2600	2920	
Mittel			—	—	2 010 000	2680	2930	
11	4,2	2,5	1,39	1,517	2 045 000	1980	2860	28, 29, 31 bis 33 und 40 bis 43 (Lieferung b)
12			1,39	1,517	2 100 000	2970	3300	
13			1,41	1,561	1 950 000	1920	2880	
Mittel			—	—	2 030 000	2290	3010	
16	4,8	2,5	1,60	2,011	2 045 000	2090	2390	65 bis 67
17			1,60	2,011	1 990 000	2390	2800	
18			1,60	2,011	2 025 000	2390	2690	
Mittel			—	—	2 020 000	2290	2630	

<sup>1)</sup> Bei diesem Wasserzusatz befand sich der Beton aus dem Kiessand V im gleichen Zustande der Weichheit wie der Beton aus den beiden Kiessanden VI und V (Reihe 1 und 2) mit 8% Wasserzusatz.

Tabelle 7. Ergebnisse der Zugversuche mit den Eisen für die Längsbewehrung der Säulen.

Probe Nr.	Längiseisen der Säulen	Abmessungen		$\frac{1}{a} = E$ kg/qcm	Elastizitätszahl	Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$ %	Bruch- dehnung auf $l = 11,3 \sqrt{F}$ %	Quer- schnittsver- minderung %
		Durch- messer cm	Quer- schnitt qcm			Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$			
4	1 bis 24	2,00	3,14	2 120 000	2600	3810	68	31,9	68	
5	und 49 bis 51	2,01	3,17	2 035 000	2840	3900	73	27,8	70	
Mittel		—	—	2 077 500	2720	3860	71	29,9	69	
9	30, 34 bis 39,	1,4	1,54	2 050 000	3120	4060	77	26,2	68	
10	44,45 u. 55 bis 64 (Lieferung a)	1,4	1,54	2 010 000	3080	4120	75	29,2	69	
Mittel		—	—	2 030 000	3100	4090	76	27,7	69	
14	28,29,31 bis 33	1,40	1,54	1 980 000	2760	3900	71	34,3	73	
15	und 40 bis 43 (Lieferung b)	1,41	1,56	1 990 000	2720	3730	73	29,6	75	
Mittel		—	—	1 985 000	2740	3820	72	32,0	74	
19		1,60	2,01	2 030 000	2770	4100	68	31,4	63	
20	65 bis 67	1,60	2,01	2 055 000	2400	3580	67	37,5	73	
Mittel		—	—	2 042 500	2590	3840	68	34,5	68	

Tabelle 8. Ergebnisse der Zugversuche mit den Querbewehrungen.

## I. Eisen von 0,5 cm Durchmesser

Ver- such Nr.	Eisen verwendet zu den Säulen	Form, in der das Eisen eingeliefert	Abmessungen		Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$	$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$ %	Bruch- dehnung auf $l = 5$ cm %	Zustand der Proben	
			Durch- messer cm	Quer- schnitt qcm						
47	1 bis 3	Fertige geschweißte Ringe	0,48	0,181	2930	4140	71	24,0	kalt gerade gerichtet ohne Schweiß- stelle	
48			0,47	0,173	3010	4360	69	25,6		
49			0,47	0,173	2310	3580	65	26,0		
Mittel			—	—	2750	4030	68	25,2		
80	7 bis 9	Fertige Ringe mit Hakenenden	0,47	0,173	2770	3700	75	—	mit Schweiß- stelle in der Mitte	
81			0,50	0,196	3110	4540	69	20,0		
Mittel			—	—	2940	4120	72	20,0		
53	13 bis 15	Fertige Diagonalbügel	0,48	0,181	3260	4700	69	24,6	kalt gerade gerichtet	
54			0,51	0,204	3770	5200	72	26,8		
55			0,47	0,173	2890	4510	64	—		
Mittel			—	—	3310	4800	68	25,7		
59	19	Fertige Spiralen	0,51	0,204	3380	4900	69	27,0	ungerichtet	
60			0,48	0,181	3480	5000	70	23,6		
61			0,51	0,204	3630	5150	70	19,0		
62			0,49	0,189	3330	4890	68	26,2		
Mittel			—	—	3460	4990	69	24,0		
63	20	Fertige Spiralen	0,51	0,204	2940	4310	68	21,8		
64			0,51	0,204	2890	4070	71	25,1		
65			0,51	0,204	3190	4360	73	24,8		
Mittel			—	—	3010	4250	71	23,9		
36	28 und 29	Stangen (zu geschweißten Ring(en) verwendet)	0,49	0,189	3390	4450	76	25,0		
37			0,52	0,212	2880	4080	71	26,1		
38			0,51	0,204	2900	4260	68	23,9		
39	30		0,48	0,181	3160	4560	69	23,6		
40			0,50	0,196	3010	4340	69	22,4		
31			0,50	0,196	2810	4490	63	22,9		
32	34		0,51	0,204	2940	4360	67	27,5		
33			0,50	0,196	3060	4230	72	18,2		
34			0,51	0,204	3020	4160	74	25,4		
35	Mittel		0,50	0,196	3220	4340	74	23,0		
Mittel			—	—	3050	4330	70	23,8		
41			0,47	0,173	3760	5090	74	16,2		
86	41	Fertige Spiralen	0,46	0,166	4330	5200	83	15,2	kalt gerade gerichtet	
87			0,49	0,189	3700	4520	82	16,6		
42			0,47	0,173	3760	5090	74	18,1		
43	42		0,49	0,189	3440	4820	71	15,4		
Mittel			—	—	3800	4940	77	16,3		

Tabelle 9. Ergebnisse der Zugversuche mit den Querbewehrungen.  
II. Eisen von 0,7 cm Durchmesser.

Ver- such Nr.	Eisen verwendet zu den Säulen	Form, in der das Eisen eingeliefert	Abmessungen		Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bruch- dehnung auf $l = 7$ cm	Zustand der Proben
			Durch- messer cm	Quer- schnitt qcm	Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$			
50	4 bis 6	fertige geschweißte	0,70	0,385	3220	4230	76	25,0	kalt gerade gerichtet ohne Schweißstelle
51			0,73	0,419	3080	4100	75	20,0	
52			0,72	0,407	3150	4130	76	29,8	
Mittel			—	—	3150	4150	76	24,9	
71	Ringe	fertige mit Hakenenden	0,72	0,407	3070	4050	76	16,9	mit Schweiß- stelle in der Mitte
72			0,73	0,419	2740	4040	68	20,0	
Mittel			—	—	2910	4050	72	18,5	
56	10 bis 12	fertige Ringe mit Hakenenden	0,69	0,374	3400	4520	75	22,9	kalt gerade
57			0,71	0,396	3080	4120	75	33,2	
58			0,69	0,374	3000	4150	72	22,9	
Mittel			—	—	3160	4260	74	26,3	
66	22 23 24	fertige Spiralen	0,69	0,374	3080	4410	70	28,7	gerade gerichtet
67			0,69	0,374	2760	3880	71	24,3	
68			0,69	0,374	3130	4440	71	20,0	
Mittel			—	—	2990	4240	71	24,3	
21	31 bis 33	Stangen (zu ge- schweißten Ringenten verwendet)	0,68	0,363	2840	4000	71	24,8	ungerichtet
22			0,69	0,374	2760	3850	72	25,1	
23			0,68	0,363	3000	4220	71	24,4	
24			0,68	0,363	2810	4000	70	23,5	
25			0,68	0,363	2810	4000	70	22,7	
26			0,68	0,363	2950	4050	73	23,1	
27			0,68	0,363	2950	4160	71	25,6	
28			0,68	0,363	2810	4000	70	24,2	
29			0,68	0,363	2920	4050	72	23,4	
30			0,68	0,363	2870	4020	71	25,9	
Mittel			—	—	2870	4040	71	24,3	
44	43 44 45 88 89	fertige Spiralen	0,65	0,332	4070	4850	84	15,9	kalt gerade gerichtet
45			0,65	0,332	3920	4830	81	15,7	
46			0,64	0,322	4040	4820	84	13,7	
88			0,63	0,312	3810	4780	80	12,4	
89			0,64	0,322	3830	4700	82	14,0	
Mittel			—	—	3930	4800	82	14,3	
82	55 bis 60 <sup>2)</sup>	Ringe von etwa 60 cm Durch- messer (zu Spiralen verwendet)	0,66	0,342	2200	3740	59	33,8	gerade gerichtet
83			0,65	0,332	2230	3770	59	31,4	
84			0,66	0,342	2160	3600	60	28,8	
85			0,66	0,342	2140	3800	62	—	
Mittel			—	—	2180	3730	60	31,3	

<sup>1)</sup> Die Zerreißproben sind den Enden der einzelnen fertig eingelieferten Spiralen entnommen.

<sup>2)</sup> Die Zerreißproben 82, 83 und 84, 85 entstammen zwei verschiedenen Stangen.

Tabelle 10. Ergebnisse der Zugversuche mit den Querbewehrungen.  
III. Eisen von 1,2 cm Durchmesser.

Ver- such Nr.	Eisen verwendet zu den Säulen	Form, in der das Eisen eingeliefert	Abmessungen		Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bruch- dehnung auf $l = 12$ cm	Zustand der Proben	
			Durch- messer cm	Quer- schnitt qcm	Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$				
73	65	fertige Spiralen	1,19	1,112	3330	4450	75	18,5	kalt gerade gerichtet	
74			1,20	1,131	3400	4540	75	16,7		
75			1,18	1,094	3470	4490	77	17,5		
Mittel			—	—	3400	4490	76	17,6		
76	dgl.	Stangen	1,18	1,094	2930	4030	73	17,5	im Amt geschweißt	
77			1,18	1,094	3060	4130	74	15,0		
Mittel			—	—	3000	4080	74	16,3		
78			1,19	1,112	3600	4630	78	15,8		
79	Mittel		1,20	1,131	3540	4580	77	14,2	ungerichtet	
Mittel			—	—	3570	4610	78	15,0		

Tabelle II.

## Druckfestigkeit des zu den Säulen verarbeiteten Betons.

Würfel von 30 cm Kantenlänge; Druckfläche = 900 qcm; Inhalt = 27 000 ccm.  
Alter = 90 und 91 Tage.

lfd. Nr.	Nr. der zu- gehörigen Säulen und des Würfels	Angefertigt			Gewicht des Würfels bei Prüfung	Raum- gewicht des Betons	Bruchfestigkeit		Zu- sammen- setzung des Betons
		am	bei Luft- Feuchtig- keit %	Wärme C°			Belastung P kg	Spannung $\sigma_B$ kg/qcm	
1	1	6. III. 13	67	16	61,80	2,289	209 200	231	
2	4	8.	62	17	62,20	2,304	222 300	247	
3	10	11.	59	16	62,10	2,300	211 800	235	
4	7	13.	54	17	62,30	2,307	215 700	240	
5	13	15.	61	17	62,80	2,326	217 000	241	
6	16	18.	55	17	62,20	2,304	218 300	243	
7	25	27.	57	18,5	61,70	2,285	210 500	234	
8	5	3. IV. 13	70	17	61,50	2,278	202 500	225	
9	2	5.	68	17	61,40	2,274	202 500	225	
10	61, 62	8.	70	14	61,40	2,274	201 200	223	
11	63, 64	12.	47	18	62,50	2,315	219 700	244	
12	17	12.	48	18	61,20	2,267	210 500	234	
13	14	15.	48	17	61,80	2,289	201 200	223	
14	8, 34	17.	53	15	61,70	2,285	201 200	223	
15	35	19.	54	19	61,70	2,285	202 500	225	
16	26, 47	22.	56	16	62,00	2,296	223 600	248	
17	11, 37	26.	76	17	62,00	2,296	222 300	247	
18	3, 38	29.	60	22,5	62,35	2,309	215 700	240	
19	6, 36	3. V. 13	64	19,5	62,10	2,300	210 500	234	1 Raum-
20	12, 39	6.	63	18	62,30	2,307	214 400	237	teil
21	9, 46	8.	50	15	62,50	2,315	222 300	247	Zement
22	28	13.	58	19	62,60	2,319	222 300	247	und
23	15, 31	15.	50	20	62,70	2,322	215 700	240	4 Raum-
24	18, 43	17.	58	16	61,70	2,285	197 200	219	teile
25	19, 40	20.	59	16	63,10	2,337	217 000	241	Kies-
26	22, 55	22.	56	17,5	62,50	2,315	210 500	234	sand
27	27, 58	24.	80	16	62,00	2,296	197 200	219	
28	32	27.	70	17	61,90	2,293	195 800	218	
29	29	29.	70	20	61,50	2,278	190 500	212	
30	20, 41	31.	67	24	59,40	2,204	144 600	161	
31	23, 44	3. VI. 13	77	24	60,50	2,241	162 200	180	
32	21, 59	5.	80	22	62,00	2,296	199 900	221	
33	24, 56	7.	59	21	61,70	2,285	197 200	219	
34	30	10.	50	19,5	62,00	2,296	201 200	223	
35	33	12.	69	17,5	62,30	2,307	215 700	240	
36	42	14.	63	16,5	61,90	2,293	218 300	243	
37	45	17.	—	—	61,80	2,289	201 200	223	
38	48	19.	52	23	61,10	2,263	202 500	225	
39	57	21.	57	20,5	61,10	2,263	206 500	229	
40	60	24.	80	19	61,50	2,278	185 000	201	
41	65	26.	67	19,5	62,00	2,296	214 400	238	
42	66	28.	68	16,5	62,05	2,298	217 000	241	
43	67	1.VII.13	79	17,5	61,80	2,289	211 800	235	
Mittel	—	—	62	18	61,88	2,292	206 500	229	
44	49	29. III. 13	57	19,5	62,80	2,326	284 500	316	1 Raum-
45	52	1. IV. 13	69	18	62,60	2,319	290 600	323	teil
46	53	10. IV. 13	62	16	62,80	2,326	290 600	323	Zement
47	50	24. IV. 13	63	17,5	62,60	2,319	291 900	324	und 2½ Raum-
48	51	27. V. 13	70	17	62,80	2,326	270 400	300	teile
49	54	29. V. 13	70	20	62,95	2,331	299 300	333	Raum- teile
Mittel	—	—	65	18	62,76	2,325	287 900	320	Kiessand

Tabelle 12. Querdehnungen der quadratischen Säulen.

Tabelle 12. Querdehnungen der quadratischen Säulen gemessen am Beton bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Antangsbelastung.

Tabelle 12 (Fortsetzung). Querdehnungen der quadratischen Säulen.

gemessen am Beton bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

Tabelle 12 (Fortsetzung). Querdehnungen der quadratischen Säulen.

Tabelle 12 (Fortsetzung). Querdehnungen der quadratischen Säulen gemessen am Beton bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

Tabelle 12 (Fortsetzung). Querdehnungen der quadratischen Säulen.

97

Tabelle 12 (Fortsetzung). Querdehnungen der quadratischen Säulen  
gemessen am Beton bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

Säule Nr.	Art der Quer- bewehrung	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtquerdehnung $\delta$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$												Bleibende Querdehnung $\delta'$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$								Federnde Querdehnung $\delta''$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$					
				12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800				
20	Spirale aus	am Ende	1	-7	+12	+72	288	603	1362	—	—	5	-18	-32	-30	+10	312	-2	+30	103	318	593	1050	1255	1572				
			2	-7	+10	+75	312	657	1652	—	—	10	-23	-32	-30	+22	397	0	33	107	342	635	1255	1572	1572				
			3	-8	+10	+77	320	692	1802	—	—	10	-23	-37	-30	32	443	0	33	113	350	660	1358	1572	1572				
			4	-10	+8	+78	325	712	1875	—	—	10	-27	-40	-28	42	477	0	35	118	353	670	1398	1572	1572				
			5	-10	+7	+77	333	728	1953	—	—	30	-45	-30	-42	510	—	0	37	122	363	687	1443	1443	—				
		in der Mitte	6	+5	+5	+75	338	742	2002	—	—	30	-45	-30	-45	50	—	0	37	120	368	695	1443	1443	—				
			7	+7	+7	+73	342	750	2032	—	—	30	-50	-30	-50	53	—	0	37	120	372	700	1443	1443	—				
			8	+8	+8	+73	343	760	2032	—	—	30	-50	-30	-50	58	—	0	37	120	373	707	1443	1443	—				
			9	+9	+9	+73	344	768	2032	—	—	30	-50	-30	-50	58	—	0	37	120	373	710	1443	1443	—				
			10	+10	+11	+77	345	777	2032	—	—	30	-50	-30	-50	58	—	0	37	120	382	718	1443	1443	—				
21	0,5-cm-Eisen	am Ende	1	67	130	185	312	490	795	2299	—	0	-10	-27	-52	-43	10	728	67	135	207	363	533	785	1572	1572			
			2	67	128	183	318	503	837	2975	—	0	-13	-33	-52	-42	32	953	67	138	210	372	545	805	2022	2022			
			3	63	123	182	320	512	867	3353	—	0	-18	-47	-52	-38	37	1143	65	137	215	370	550	830	2210	2210			
			4	62	120	177	320	515	888	3667	—	0	-22	-52	-52	-38	53	1322	67	138	223	372	553	835	2345	2345			
			5	60	118	162	320	518	903	3947	—	0	-22	-58	-53	-35	63	1472	63	140	213	372	553	840	2475	2475			
		in der Mitte	6	115	157	320	520	922	4178	—	0	-22	-60	-55	-33	-32	60	137	63	140	215	373	553	840	2475	2475			
			7	113	155	318	525	925	4178	—	0	-22	-60	-55	-30	-30	60	137	63	140	215	373	557	840	2475	2475			
			8	113	155	318	525	925	4178	—	0	-22	-60	-55	-30	-30	60	137	63	140	215	373	557	840	2475	2475			
			9	10	11	317	527	925	4178	—	0	-22	-60	-55	-30	-30	60	137	63	140	215	373	557	840	2475	2475			
			10	11	11	317	532	925	4178	—	0	-22	-60	-55	-30	-30	60	137	63	140	215	373	557	840	2475	2475			
23	0,7-cm-Eisen	am Ende	1	-17	-25	-8	163	483	1062	—	0	-22	-38	-52	-47	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180			
			2	-15	-27	-5	193	537	1193	—	0	-25	-43	-43	-47	18	228	18	228	18	228	18	228	18	228	18	228	18	
			3	-18	-28	-2	210	573	1273	—	0	-28	-45	-45	-45	27	268	27	268	27	268	27	268	27	268	27	268	27	
			4	-20	-30	-5	220	597	1325	—	0	-30	-47	-47	-47	35	303	35	303	35	303	35	303	35	303	35	303	35	
			5	-32	-32	-5	228	618	1375	—	0	-28	-55	-55	-55	40	315	40	315	40	315	40	315	40	315	40	315	40	
		in der Mitte	6	-32	-32	-5	235	630	1417	—	0	-28	-55	-55	-55	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			7	8	243	655	1417	—	0	-28	-55	-55	-55	-55	-55	60	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
			9	9	248	662	1417	—	0	-28	-55	-55	-55	-55	-55	60	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
			10	10	247	670	1417	—	0	-28	-55	-55	-55	-55	-55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
			11	11	250	678	1417	—	0	-28	-55	-55	-55	-55	-55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
24	0,7-cm-Eisen	am Ende	1	68	138	202	348	512	760	1853	4112	—	0	-7	-13	-30	-37	278	68	145	215	378	548	788	1475	1475	1475		
			2	67	133	202	350	513	792	2205	—	0	-7	-18	-32	-42	-20	498	68	140	220	382	555	812	1707	1707	1707		
			3	67	132	198	352	520	810	2437	—	0	-10	-22	-32	-43	-13	590	68	142	220	383	563	823	1847	1847	1847		
		in der Mitte	4	65	128	197	348	522	820	2578	—	0	-25	-33	-45	-7	675	7	675	7	675	7	675	7	675	7	675	7	
			5	65	188	348	522	833	2720	2857	—	0	-33	-43	-43	-37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			6	187	347	522	842	—	—	—	—	0	-37	-43	-43	-37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			7	183	347	522	842	—	—	—	—	0	-42	-47	-47	-42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Mitte	8	345	520	—	—	—	—	—	0	-42	-52	-52	-42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			9	342	518	—	—	—	—	—	0	-48	-53	-53	-48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			10	340	518	—	—	—	—	—	0	-50	-53	-53	-50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
			11	338	517	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Tabelle 12. Querdehnungen der quadratischen Säulen.

Tabelle 12 (Schluß). Querdehnungen der quadratischen Säulen  
gemessen am Beton bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

Tabelle 13. Vergleich der Querdehnungen des Betons in der Mitte und am Ende der Säulen.  
Letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten (s. Tab. 12).

Säule Nr.	Querbewehrung Art	Eisen- stärke cm	Lage der Meßstelle	Gesamt-Querdehnung $\delta$ in $10^{-5}$												Bleibende Querdehnung $\delta'$ in $10^{-5}$												Federnde Querdehnung $\delta''$ in $10^{-5}$											
				12 530	32 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800									
1	Geschweifte Ringe	0,5	i. d. Mitte am Ende	—32 —27	182 —62	283 40	537 340	825 785	1345 2270	6543 —18	10 —42	45 —73	173 2	105 —73	333 145	2553 770	70 —5	157 —8	432 113	643 333	987 333	3452 1398	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
2		0,7	i. d. Mitte am Ende	—38 —38	87 —62	150 —55	(313 285)	517 835	880 1775	2800 3558	—2 —7	—18 —28	—20 —42	—2 —133	—2 —323	127 835	880 1795	47 —28	110 —32	172 —17	317 245	488 513	742 907	1845 1662	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4	umgehakt Ringe	0,5	i. d. Mitte am Ende	—48 —2	98 —37	165 —67	345 —78	559 252	878 730	(2328 2518)	—15 —8	—35 —45	—52 —73	—33 —130	—3 —47	82 110	625 923	67 8	160 13	218 8	378 57	547 285	795 590	1650 1512	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5		0,7	i. d. Mitte am Ende	—45 —48	97 —92	170 —115	352 —73	630 629	1147 365	5923 1598	—22 —20	—47 —57	—62 —88	—55 —137	—27 —162	78 —122	1973 282	73 —27	148 —35	235 —23	407 65	655 223	1062 475	3467 1258	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7	Diagonal- bügel	0,5	i. d. Mitte am Ende	58 3	117 2	187 3	342 57	549 198	900 460	2815 1215	5 —7	15 —17	23 —20	68 —20	175 —20	920 40	53 12	110 17	172 23	318 77	472 197	723 403	1767 935	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
8		0,7	i. d. Mitte am Ende	58 3	130 —7	205 —17	388 42	648 213	1148 482	5543 1360	3 —13	10 —25	22 —48	43 —62	98 —47	255 129	2370 318	55 18	118 23	183 33	345 102	547 257	877 257	2940 967	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
10		0,5	i. d. Mitte am Ende	60 —10	113 5	152 —32	532 73	(317 345)	922 782	4178 2002	—5 —10	—22 —30	—60 —45	—57 —35	—32 —58	63 510	1472 —	67 0	137 37	215 120	373 382	563 718	840 1443	2475 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
11		0,7	i. d. Mitte am Ende	65 —20	128 —32	183 —7	338 250	(517 678)	842 1417	2857 —	—2 —8	—10 —28	—37 —60	—50 —42	—53 —60	0 —315	733 —	68 —10	142 —3	223 55	390 288	572 610	833 1060	1987 —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
13	Spirale	0,5	i. d. Mitte am Ende	78 —5	160 8	253 50	452 185	793 362	1093 598	2382 1535	7 —3	—13 —20	—30 —33	65 65	128 3	258 125	780 522	70 0	145 32	223 83	383 180	568 297	825 463	1602 1013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14		0,7	i. d. Mitte am Ende	78 —5	160 8	253 50	452 185	793 362	1093 598	2382 1535	7 —3	—13 —20	—30 —33	65 65	128 3	258 125	780 522	70 0	145 32	223 83	383 180	568 297	825 463	1602 1013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
15	unbewehrt	—	i. d. Mitte am Ende	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

100

Tabelle 14. Längenänderungen der Längseisen.

Tabelle 15. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7 mm-Eisen.

Tabelle 15. Längenänderungen der Längseisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in $10^{-5}$	Bleibende Verkürzung — $\delta'_e$ in $10^{-5}$	Belastung in kg										Federnde Verkürzung — $\delta''_e$ in $10^{-5}$									
					12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800					
4	1	777	1410	2057	3333	4493	5710	7987	11223	—80	—187	—293	—597	—827	—1263	—2087	857	1597	2350	3860	5320	69973	100773	
	2	757	1379	2017	3280	4383	5523	8243	—70	—213	—349	—570	—897	—1390	—2157	827	1583	2357	3850	5280	69113	104000	105500	
	3	753	1353	1980	3233	4300	5457	8307	—80	—220	—357	—597	—937	—1470	—2193	833	1573	2337	3830	5237	69227	105873	106671	
	4	757	1347	1970	3213	4267	5350	8353	—83	—363	—630	—980	—1523	—2233	840	2333	3843	5247	6873	6843	6843	6843	106671	
	5 am Ende	740	1953	3177	4207	5263	8440	—	—	—	—	—1580	—1613	—1613	—1613	—2220	—2220	—2220	—2220	—2220	—2220	—2220	6833	
	6	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10900	
	7	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10913	
	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5 in der Mitte	1	973	1813	2660	4420	6470	9723	17863	20	57	123	293	503	1047	3863	953	1757	2537	4127	5967	8677	14000	151973	
	2	973	1817	2680	4497	6600	9915	19463	33	73	137	313	567	1140	4267	940	1743	2543	4183	6033	8783	15350	155510	
	3	973	1823	2680	4540	6700	10157	20163	20	70	137	320	623	1193	4847	953	1753	2543	4220	6077	8963	15350	155510	
	4	970	1827	2673	4540	6763	10257	20630	33	80	147	337	633	1230	5120	937	1747	2527	4203	6130	9027	15130	155510	
	5	970	1829	2670	4573	6847	10353	21130	—	90	143	343	647	1277	1730	1730	2527	4230	6200	9077	15130	155510		
	6	1813	2667	4573	6873	10497	10530	—	—	80	153	337	687	1287	1733	1733	2513	4237	6187	9210	15130	155510		
	7	1810	2673	4597	6923	10530	—	—	83	153	343	697	1270	1727	1727	2520	4230	6227	9260	15130	155510			
	8	1807	2673	4610	6980	10553	—	—	—	—	350	713	1307	1307	1323	1727	1727	4260	6267	9247	9247	9247	9247	
	9	—	—	4613	7003	10600	—	—	—	—	347	727	1323	1323	1323	1727	1727	4267	6277	9277	9277	9277	9277	
	10	—	—	4613	7037	10637	—	—	—	—	357	727	1323	1323	1323	1727	1727	4267	6277	9277	9277	9277	9277	
6 in der Mitte	1	587	1257	1930	3353	4927	7067	12393	20660	33	100	160	280	487	777	1987	553	1157	1770	3073	4440	6290	10407	
	2	600	1270	1967	3433	5020	7257	13293	40	100	173	307	517	817	2387	560	1170	1793	2427	4503	6440	11233	11267	
	3	600	1273	1990	3477	5093	7340	13860	53	103	170	323	537	870	2623	547	1170	1820	3153	4557	6470	11233	11267	
	4	607	1283	1997	3497	5140	7437	14227	53	103	180	333	550	907	2960	553	1180	1817	3163	4590	6530	11233	11267	
	5	610	1280	2003	3510	5183	7517	14760	57	103	183	343	573	933	3177	553	1180	1820	3167	4610	6583	11583	11583	
	6	620	2010	3547	5207	7577	15093	57	—	—	—	343	580	603	357	563	1307	3203	4627	4627	4627	4627	4627	4627
	7	620	—	3550	5247	7577	—	—	—	—	613	613	613	613	613	613	613	613	613	613	613	613	613	
	8	—	—	3553	5247	7577	—	—	—	—	623	623	623	623	623	623	623	623	623	623	623	623	623	
	9	—	—	5310	5293	7577	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	10	—	—	5310	5293	7577	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6 am Ende	1	677	1380	2003	3180	4167	5407	8497	11130	—3	—47	—137	—340	—583	—847	—1023	680	1427	2140	3520	4750	6253	9520	
	2	663	1353	1977	3097	4097	5380	8717	—17	—80	—203	—407	—640	—903	—1023	680	1433	2140	3593	4737	6283	9730	9730	
	3	660	1326	1953	3050	4063	5320	8860	—10	—90	—203	—407	—677	—940	—1020	670	1410	2143	3497	4738	6280	9747	9747	
	4	660	1310	1927	3017	4027	5300	8953	—17	—103	—217	—470	—710	—967	—1003	677	1413	2143	3487	4737	6267	9947	9947	
	5	663	1297	1910	2990	4003	5300	9090	—13	—223	—483	—720	—973	—1003	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	9947	
	6	663	1293	1893	2973	3980	5283	9130	—13	—520	—740	—520	—750	—750	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	
	7	663	—	2943	3973	—	—	—	—	—523	—750	—523	—750	—750	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	
	8	—	—	2920	3940	—	—	—	—	—767	—767	—767	—767	—767	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	
	9	—	—	3937	—	—	—	—	—790	—790	—790	—790	—790	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	9947	
	10	—	—	3920	—	—	—	—	—797	—797	—797	—797	—797	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	9947	
	11	—	—	3910	—	—	—	—	—797	—797	—797	—797	—797	677	677	1413	2143	3487	4737	6273	9947	9947	9947	

Tabelle 16. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: umgehakt e Ringe aus 5-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in $\% \cdot 10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta_e$ in $\% \cdot 10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta_e$ in $\% \cdot 10^{-5}$	
			12530	22960	33330	53750	73710	983500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	983500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	983500	
7	am Ende	1	667	1340	1960	3257	4393	5803	9067	11787	-13	-40	-100	-183	-307	-47	-490	680	1380	2060	3440	4700	6220	9557
		2	663	1307	1953	3203	4343	5757	9330	-17	-60	-117	-230	-343	-453	-487	680	1367	2070	3433	4653	6210	9707	
		3	660	1303	1933	3160	4293	5703	9320	-10	-80	-133	-250	-497	-483	-493	670	1383	2070	3410	4700	6187	9813	
		4	657	1287	1923	3147	4287	5713	9387	-13	-83	-150	-293	-387	-490	-540	670	1370	2073	3440	4673	6203	9920	
		5	653	(1427)	1907	3107	4243	5707	9453	-87	-163	-293	-420	-497	-507	-507	1400	2070	3400	4663	6203	9953	9920	
		6	1280	1903	3093	4233	5710	9487	-93	-160	-170	-423	-517	-477	-517	1373	2063	3457	4657	6227	9963	9977		
		7	1263	1897	4213	5707	9520	5710	9620	-	-	-	-520	-387	-520	-447	2060	6230	10007	6230	10007	6230	10133	
		8	1887	-	-	-	-	-	5703	9687	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	in der Mitte	1	520	1107	1730	2983	4398	6373	11025	14	57	113	212	400	720	1607	507	1050	1617	2772	3999	5653	9419	
		2	527	1129	1757	3050	4503	6562	11650	20	62	117	220	427	710	1737	507	1067	1640	2820	4077	5852	9913	
		3	533	1137	1767	3095	4555	6620	12049	19	68	120	247	437	774	1915	515	1069	1647	2847	4118	5847	10134	
		4	544	1140	1780	3127	4604	6705	12365	69	127	264	460	785	2007	2050	1072	1654	2864	4142	5920	103550		
		5	1149	1782	3139	4635	6750	12600	85	125	264	469	815	2050	1064	1657	2875	4167	5935	10550	-	-		
		6	1153	1785	3149	4655	6802	12759	-	84	127	277	477	84	1072	1659	2872	4178	-	-	-	-		
		7	1158	1804	3162	4702	-	-	87	94	283	495	95	1070	1970	2897	2894	4198	4207	4207	4207	-	-	
		8	1164	1174	3180	4724	-	-	94	290	535	525	295	295	295	295	2900	4218	4218	4218	4218	-	-	
		9	1174	3195	4740	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		10	1174	3212	4774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	in der Mitte	1	787	1660	2513	4270	6100	8660	15497	20	83	100	277	480	917	2393	767	1577	2413	3993	5620	7743	13103	
		2	787	1670	2557	4377	6237	8903	16663	17	83	127	320	523	977	2930	770	1587	2430	4057	5713	7927	13733	
		3	787	1687	2587	4397	6327	9113	17563	20	87	130	330	537	1030	3267	767	1600	2443	4067	5790	7750	14270	
		4	790	1697	2587	6377	9203	18203	77	143	337	573	1073	3623	1130	3777	1610	2447	4120	5807	8167	8167	15117	
		5	1690	2590	4456	6490	6493	9297	18893	80	143	340	597	1130	627	627	643	673	683	5850	5850	5880	5880	
		6	1690	2590	4477	6437	9337	19357	-	6477	9380	-	627	627	627	643	673	683	5893	5893	5893	5893	5893	
		7	8	1690	2590	4477	6523	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	
		8	9	1690	2590	4477	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	
		10	10	1690	2590	4477	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	6567	
		11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	am Ende	1	687	1313	1937	3100	3993	5063	76667	-63	-120	-223	-370	-557	-703	-813	750	1433	2160	3470	4550	5767	8480	
		2	637	1287	1907	3033	3917	5030	7767	-73	-153	-237	-407	-603	-753	-813	710	1440	2143	3440	4520	5783	8580	
		3	633	1273	1890	2983	3887	5027	7870	-73	-163	-253	-430	-630	-763	-823	707	1437	2143	3413	4517	5790	8693	
		4	623	1260	1890	2957	3867	5007	7927	-180	-257	-453	-637	-773	-817	-840	1440	2147	3410	4510	5780	8743	8743	
		5	1247	1880	2952	3867	4983	8007	-183	-267	-470	-653	-777	-840	-840	1430	2147	3393	4520	5760	8847	8847		
		6	1243	1867	2903	3827	4957	8047	-	-	-	-	-	-	-	1440	2147	3393	4520	5760	8847	8847		
		7	8	1243	1867	2903	3827	4957	8047	-	-	-	-	-	-	-	1440	2147	3393	4520	5760	8847	8847	
		8	9	10	1243	1867	2903	3827	4957	8047	-	-	-	-	-	-	1440	2147	3393	4520	5760	8847	8847	

Tabelle 17. Längenänderungen der Längseisen.

103

Tabelle 17. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: umgehakt Ringe aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 18. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Diagonalbügel aus 5-mm-Eisen.

Tabelle 18. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Tabelle 19. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Diagonalbügel aus 7-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta'_e$ in $10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta''_e$ in $10^{-5}$							
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12330	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500							
16	am	1	957	1670	2243	3663	5920	6810	11137	14570	-30	-160	-320	-487	-633	-687	-103	987	1830	2563	4150	5653	7497	11440						
	Ende	2	920	1587	2180	3590	5023	6873	11670	-50	-183	-360	-537	-647	-793	-233	970	1770	2540	4127	5670	7577	11903							
	in der	3	893	1537	2130	3540	5020	6863	11803	-53	-230	-400	-577	-687	-723	-253	947	1767	2530	4117	5707	7587	12057							
	Mitte	4	873	1510	2103	3503	5003	6870	11937	-70	-263	-407	-697	-793	-760	-237	943	1773	2510	4110	5740	7570	12173							
	in der	5	860	1483	2073	3473	4997	6897	12039	-63	-263	-420	-633	-793	-713	-190	923	1753	2493	4107	5700	7610	12220							
	Ende	6	847	1460	2063	3457	4987	6913	12203	-280	-440	-650	-720	-703	-703	-177	1740	2503	4107	5707	7617	12380								
	in der	7	1437	2063	3440	4970	6920	12270	-280	-453	-660	-723	-703	-703	-157	1740	2517	4100	5693	7623	12427									
	Mitte	8	2050	3427	4963	6920	12337	-2037	3413	4963	6937	-457	-670	-730	-717	-717	1740	2507	4097	5693	7637	12427								
	Ende	9	9	2037	3410	4953	6930	-2037	3410	4953	4953	-460	-680	-740	-727	-727	1740	2507	4097	5693	7637	12427								
	in der	10	11	2027	3400	4953	6930	-2027	3400	4953	4953	-4090	-6160	-747	-747	-747	1740	2507	4097	5693	7637	12427								
	Ende	11	11	2017	3397	4803	6837	1883	2160	3823	5657	8300	15500	23	90	150	323	577	980	2750	597	1277	2010	3500	5080	7320	12750			
17	in der	1	620	1367	2197	3913	5807	8597	16767	2207	3913	5807	8597	16767	33	97	173	350	640	1053	2103	313	5353	1030	2033	3563	5167	7543	13663	
	Ende	2	633	1397	2207	3913	5807	8597	16767	2207	3913	5807	8597	16767	33	97	167	367	663	1100	2131	313	5353	107	2033	3563	5167	7543	14313	
	in der	3	640	1410	2223	3980	5933	8763	17667	2223	3980	5933	8763	17667	33	97	180	377	677	1120	2160	313	5353	107	2033	3563	5167	7543	14657	
	Mitte	4	643	1410	2247	3997	5983	8863	18267	2247	3997	5983	8863	18267	37	183	183	397	697	1190	2190	3190	5353	107	2067	3620	5307	7743	—	
	Ende	5	653	2257	4013	6017	8967	18667	—	2257	4013	6017	8967	18667	—	193	193	410	703	1190	2063	3063	5353	107	2063	3620	5350	7790	—	
	in der	6	6	2257	4030	6053	9070	9140	2250	4043	6087	9140	2280	4070	6123	—	190	190	407	717	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
	Ende	7	7	2280	4070	6123	9140	9140	2280	4070	6123	9140	2280	4070	6133	—	190	190	417	707	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
	in der	8	8	2280	4090	6160	9140	9140	2280	4090	6160	9140	2280	4090	6160	—	190	190	427	737	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
	Ende	9	9	2280	4090	6160	9140	9140	2280	4090	6160	9140	2280	4090	6160	—	190	190	427	737	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
	in der	10	10	2280	4090	6160	9140	9140	2280	4090	6160	9140	2280	4090	6160	—	190	190	427	737	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
	Ende	11	11	2280	4090	6160	9140	9140	2280	4090	6160	9140	2280	4090	6160	—	190	190	427	737	1190	2060	3060	5350	107	2060	3620	5350	7790	—
18	in der	1	803	1857	2883	4803	6837	9833	1883	2160	3823	5657	8300	15500	47	187	187	333	557	820	1290	1757	1670	2550	4247	6017	8543	—		
	Ende	2	833	1920	2947	4903	7010	10110	2033	2160	3823	5657	8300	15500	57	210	210	350	583	863	1380	1777	1710	2597	4247	6017	8543	—		
	in der	3	847	1917	2973	4960	7130	10347	2033	2160	3823	5657	8300	15500	67	207	207	363	607	910	1420	1780	1710	2610	4333	6220	8927	—		
	Mitte	4	859	1933	2997	4990	7193	10420	2033	2160	3823	5657	8300	15500	70	217	217	367	630	943	1427	1780	1717	2630	4333	6220	8927	—		
	Ende	5	863	1943	3010	5023	7270	10553	2033	2160	3823	5657	8300	15500	70	217	217	380	640	973	1460	1787	1727	2630	4333	6220	8927	—		
	in der	6	873	1953	3020	5037	7310	10657	2033	2160	3823	5657	8300	15500	77	—	—	393	643	980	—	—	2627	4393	6330	—	—			
	Mitte	7	7	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	387	387	653	990	1020	1020	653	1020	4407	6343	6353	—	—	
	Ende	8	8	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	663	663	663	663	1023	1023	4407	6343	6353	—	—			
	in der	9	9	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	663	663	663	663	1023	1023	4407	6343	6353	—	—			
	Ende	10	10	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	663	663	663	663	1023	1023	4407	6343	6353	—	—			
	in der	11	11	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	663	663	663	663	1023	1023	4407	6343	6353	—	—			
	Ende	11	11	3027	5057	7343	3023	5073	7363	5093	7343	5093	7343	5093	7343	—	663	663	663	663	1023	1023	4407	6343	6353	—	—			

Tabelle 19. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Diagonalbügel aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 20. Längenänderungen der Längsseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Art der Querbewehrungen: Spinales aus 5-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta'_e$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta''_e$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$									
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800		
19	in der Mitte	1	740	1447	2183	3690	5353	7367	10567	—	3	+	7	—	33	+	87	257	557	1433	743	1446	2217	3603	5097	6810	9133					
		2	753	1473	2137	3767	5430	7523	13113	+	3	—	87	—	17	—	107	297	593	1673	750	1560	2153	3667	5133	6930	11440					
		3	760	1400	2233	3813	5527	7647	13607	+	3	—	60	—	13	—	117	333	663	1743	757	1460	2237	3697	5193	6983	11863					
		4	767	1420	2233	3850	5573	7733	13887	—	60	—	13	—	130	—	153	677	1880	1480	1480	1480	3720	5220	7057	12007						
		5	1430	2240	3879	5597	7773	—	60	—	10	—	140	—	140	—	367	797	1963	1490	1490	2250	3730	5230	7067							
		6	1420	2247	3883	5620	7827	—	67	—	7	—	140	—	140	—	373	1487	1490	1490	1490	1490	3743	5247	—	—	—					
		7	1430	2240	3910	5640	7830	3930	5663	—	60	—	133	—	160	—	383	160	393	133	133	133	3770	5257	—	—	—					
		8	1443	—	3940	5673	—	—	—	—	—	—	157	—	170	—	403	170	407	170	170	170	3783	5270	—	—	—					
		9	—	—	3943	5687	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3773	5280	—	—	—					
		10	—	—	3957	5713	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
20	am Ende	1	857	1453	1923	2960	3750	4737	7763	—	53	—	220	—	370	—	613	—	820	—	1013	—	880	910	1673	2293	3573	4570	5750	8643		
		2	820	1397	1900	2860	3653	4707	8140	—	77	—	250	—	393	—	660	—	870	—	1057	—	863	897	1647	2293	3520	4523	5763	9003		
		3	803	1307	1837	2767	3617	4683	8282	—	93	—	283	—	427	—	700	—	877	—	1073	—	867	897	1590	2263	3467	4493	5757	9147		
		4	790	1290	1823	2733	3567	4663	8323	—	293	—	293	—	443	—	707	—	913	—	1103	—	847	1583	2267	3470	4480	5767	9177			
		5	1283	1813	2733	3527	4620	8443	—	303	—	447	—	303	—	730	—	903	—	1110	—	840	1587	2260	3463	4430	5730	9283				
		6	1270	1803	2717	3493	4593	8570	—	303	—	453	—	303	—	743	—	940	—	1107	—	1573	1573	2257	3460	4433	—	—				
		7	1257	1770	2690	3463	4347	—	2673	—	2663	—	2643	—	3447	—	750	—	947	—	1107	—	1560	1560	3407	4410	—	—	—			
		8	1253	—	2663	3447	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		9	—	—	2643	3410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		10	—	—	2633	3397	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
21	in der Mitte	1	662	1429	2229	3880	5730	8264	—	18	67	142	299	—	549	985	—	1049	579	1049	644	1362	2087	3582	5182	7278	—	—	—	—	—	
		2	667	1452	2255	3935	5828	8102	—	18	73	157	322	—	579	1049	—	1060	615	1382	655	1382	2119	3667	5298	7714	—	—	—	—	—	
		3	677	1455	2284	3992	5914	8774	—	22	83	165	325	—	615	1060	—	1082	635	1377	654	1377	2129	3667	5339	7760	—	—	—	—	—	
		4	684	1465	2309	4025	5974	8842	—	30	90	170	370	—	642	1082	—	1107	642	1383	1383	1383	2130	3677	5377	7827	—	—	—	—	—	
		5	690	1473	2305	4059	6014	8924	—	309	90	170	382	—	649	1107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		6	1477	2309	4083	6045	8900	—	2315	4109	6075	—	179	394	—	665	1107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		7	—	—	4119	6095	—	—	—	—	—	—	402	—	685	—	665	—	665	—	665	—	665	—	3717	5410	—	—	—	—	—	
		8	—	—	4134	6127	—	—	—	—	—	—	413	—	695	—	427	—	719	—	719	—	719	—	3720	5430	—	—	—	—	—	
		9	—	—	4148	6154	—	—	—	—	—	—	4158	—	6175	—	427	—	719	—	719	—	719	—	3722	5435	—	—	—	—	—	
		10	—	—	4158	6175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21	am Ende	1	677	1324	1927	3137	4000	5405	9749	—	74	—	205	—	362	—	599	—	810	—	962	—	614	750	1528	2289	3735	4810	6367	10362		
		2	644	1267	1870	2995	3942	5428	10765	—	87	—	238	—	495	—	662	—	857	—	992	—	567	730	1505	2275	3657	4799	6410	11332		
		3	630	1239	1839	2935	3928	5444	11134	—	88	—	258	—	439	—	702	—	878	—	1000	—	520	719	1497	2277	3638	4807	6454	11652		
		4	627	1220	1807	2897	3892	5462	11465	—	97	—	278	—	423	—	725	—	909	—	1020	—	417	724	1500	2230	3632	4800	6482	11382		
		5	627	1227	1827	2854	3862	5462	11749	—	295	—	448	—	742	—	942	—	905	—	1027	—	359	1522	2275	3595	4768	6489	12107			

Tabelle 21. Längenänderungen der Längseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrung: Spiralet aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 21. Längenänderungen der Längseisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in $10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $\delta'_e$ in $10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta''_e$ in $10^{-5}$
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800			
22	in der Mitte	1	640	1287	2017	3480	4993	6973	11640	15880	17	33	73	170	333	573	1497	623	1253	1943	3310	4660	6400	10233			
		2	643	1337	2047	3520	5080	7140	12197	20	37	67	187	347	610	1567	623	1300	1980	3333	4733	6530	10297				
		3	647	1340	2060	3553	5103	7243	12437	33	27	73	187	367	657	1643	613	1313	1987	3367	4737	6587	10793				
		4	647	1333	2063	3573	5153	7317	12667	33	30	77	203	373	683	1697	613	1303	1987	3703	4780	6633	10970				
		5	650	1337	2073	3583	5187	7363	12767	707	707	73	200	377	707	1707	2000	2000	3717	4810	6657	11060					
	am Ende	6	650	1337	2073	3580	5180	7393	12940	707	710	387	210	387	707	1707	1997	1997	3793	4793	1990	3723	4820	—			
		7	650	1337	2080	3597	5213	7403	12940	707	90	207	393	87	220	400	2003	2003	3727	4833	2187	3490	4520	—			
		8	650	1337	2080	3607	5243	7433	12940	707	233	417	237	427	237	427	237	237	3797	4827	2187	3490	4520	—			
		9	650	1337	2080	3627	5247	7453	12940	707	237	427	237	427	237	427	237	237	3723	4820	2187	3490	4520	—			
		10	650	1337	2080	3640	5257	7473	12940	707	240	430	237	427	237	427	237	237	3723	4820	2187	3490	4520	—			
23	in der Mitte	1	707	1427	2093	3263	3993	4687	6130	8030	—10	—40	—103	—353	—680	—1203	—1923	717	1467	2197	3617	4673	5890	8053			
		2	687	1400	2070	3147	3867	4510	6153	—17	—47	—153	—417	—773	—1300	—1907	703	1447	2223	3563	4640	5810	8060				
		3	693	1390	2037	3073	3803	4403	6197	—3	—73	—167	—463	—830	—1363	—1913	697	1463	2203	3537	4633	5767	8110				
		4	693	1370	2007	3030	3703	4327	6250	—3	—73	—180	—490	—873	—1410	—1893	697	1443	2187	3520	4577	5750	8143				
		5	690	1367	2000	2997	3647	4250	6277	—190	—507	—910	—1443	—1883	—1883	—1883	2190	3503	4557	5693	5693	8160					
	am Ende	6	690	1367	1987	2957	3590	4190	6350	—200	—527	—940	—210	—557	—960	—213	—553	—980	—563	—993	—570	—1013	3457	4483			
		7	690	1367	1977	2933	3560	4190	6350	—200	—527	—940	—210	—557	—960	—213	—553	—980	—563	—993	—570	—1013	3457	4483			
		8	690	1367	1970	2923	3520	4190	6350	—200	—527	—940	—210	—557	—960	—213	—553	—980	—563	—993	—570	—1013	3457	4483			
		9	690	1367	1963	2897	3490	4190	6350	—200	—527	—940	—210	—557	—960	—213	—553	—980	—563	—993	—570	—1013	3457	4483			
		10	690	1367	1963	2887	3480	4190	6350	—200	—527	—940	—210	—557	—960	—213	—553	—980	—563	—993	—570	—1013	3457	4483			
24	in der Mitte	1	597	1262	1970	3405	4992	7185	24	62	129	257	480	850	1200	1842	573	1200	1842	3149	4512	6335	8065				
		2	607	1282	1999	3472	5107	7402	24	70	133	277	518	880	1212	1865	589	1212	1865	3185	4588	6520	8295				
		3	608	1293	2014	3532	5175	7537	24	75	139	309	550	998	1219	1875	585	1219	1875	3224	4625	6588	8310				
		4	612	1300	2032	3547	5250	7595	24	80	144	314	575	964	1220	1889	585	1220	1889	3234	4675	6632	8410				
		5	612	1312	2044	3574	5285	7669	—	87	148	323	602	972	1225	1895	585	1225	1895	3250	4684	6697	8470				
	am Ende	6	612	1322	2045	3597	5315	7749	—	92	147	334	598	—	1230	1898	585	1230	1898	3264	4717	6720	8600				
		7	612	1322	2055	3625	5332	7829	—	92	147	334	598	—	1230	1897	585	1230	1897	3275	4720	6720	8600				
		8	612	1322	2059	3640	5385	7853	—	105	157	353	623	—	1230	1902	585	1230	1902	3287	4755	6755	8600				
		9	612	1322	2065	3640	5385	7853	—	105	157	358	637	—	1230	1902	585	1230	1902	3287	4748	6748	8600				
		10	612	1322	2070	3640	5385	7853	—	105	157	358	637	—	1230	1902	585	1230	1902	3287	4748	6748	8600				
25	Ende	1	604	1233	1815	2867	3672	4707	7180	9502	5	—10	—47	—200	—497	—619	—885	599	1244	1862	3067	4069	5315	8065			
		2	603	1224	1794	3599	4642	7359	—	7	—10	—67	—249	—440	—667	—937	597	1217	1860	3032	4039	5309	8295				

Tabelle 22.

## Vergleich der Längenänderungen der Längsseisen am Ende und in der Mitte der Säulen.

Tabelle 23. Längenänderungen des Betons, bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 5-mm-Eisen.

Tabelle 23. Längenänderungen des Betons, bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 5-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\% \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $\delta_b''$ in $\% \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta_b'''$ in $\% \cdot 10^{-5}$											
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	163 870	183 530	22 906	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	163 870	183 530	22 906	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	163 870												
1	1	620	1347	2130	3703	5210	7260	12303	17387	37	137	243	463	693	1150	3023	5923	583	1210	1887	3240	4517	6110	9280	11463													
	2	643	1373	2163	3793	5313	7430	13120	17500	53	153	250	520	740	1283	3333	590	1220	1913	3293	4573	6147	9787	9787														
	3	643	1393	2187	3840	5373	7553	13593	17883	53	163	267	550	773	1383	3703	590	1230	1920	3320	4560	6170	9800	10003														
	4	653	1493	2197	3877	5427	7687	13883	17883	57	267	550	813	1477	3880	597	1930	1930	3327	4613	6210	10060	10200															
	5	663	2207	3900	5453	7750	14157	—	70	280	580	833	1527	4097	593	1927	1930	3320	4620	6223	10060	10150																
	6	673	2213	3933	5490	7807	14357	—	70	283	590	833	14207	4207	4350	4427	1930	3343	4607	10150	10200	10200	10200															
	7	—	2223	3780	5480	14500	14627	—	—	3810	4413	487	—	—	—	—	—	—	3323	3323	3323	3323	3323	3323	3323													
	8	—	—	—	3837	3853	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3327	3327	3327	3327	3327	3327	3327													
	9	—	—	—	3890	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—													
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—												
2	1	523	1160	1813	3153	4553	6430	10780	—	37	100	160	333	540	830	1763	487	1060	1653	2820	4023	5600	9017	9017														
	2	553	1187	1840	3220	4680	6630	11540	—	43	110	173	353	593	907	2037	510	1077	1667	2867	4087	5723	9503	9503														
	3	553	1190	1883	3267	4733	6757	11083	—	43	113	190	383	600	943	2270	510	1077	1693	2883	4133	5853	9713	9713														
	4	557	1197	1887	3297	4780	6840	12383	—	50	113	193	393	623	980	2460	507	1083	1693	2903	4157	5860	9923	9923														
	5	557	1213	1893	3313	4897	6893	12683	—	—	113	197	397	627	997	—	—	1100	1697	2917	4180	5897	—	—														
	6	610	1210	1897	3330	4843	6947	—	—	117	207	403	650	1000	—	—	1093	1690	2927	4193	5947	—	—															
	7	—	1213	1917	3347	4873	6993	—	—	220	420	653	1027	—	—	—	—	1697	2927	4220	5967	—	—	—														
	8	—	1917	3360	4870	7033	—	—	217	427	663	1057	—	—	—	—	1700	2933	4207	5977	—	—	—															
	9	—	1927	3367	4903	7063	—	—	217	433	687	1070	—	—	—	—	1700	2923	4217	6027	—	—	—															
	10	—	—	3493	4927	7090	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
3	1	497	1074	1689	2927	4245	6059	10299	—	25	90	148	288	470	707	1825	472	984	1540	2639	3775	5352	8474	8474														
	2	509	1105	1717	3005	4359	6207	11110	—	33	94	158	312	488	804	2117	475	1012	1559	2694	3870	5494	8994	8994														
	3	519	1119	1729	3040	4410	6322	11610	—	37	105	169	330	504	844	2235	482	1014	1560	2710	3907	5479	9405	9405														
	4	524	1123	1740	3060	4424	6410	11870	—	40	109	172	345	535	881	2419	500	1015	1569	2715	3898	5530	9452	9452														
	5	528	1129	1757	3075	4452	6465	12087	—	—	180	349	519	910	2590	—	—	1577	2727	3934	5555	9497	9497	9497														
	6	—	1764	3087	4472	6527	12335	—	—	180	350	524	542	—	—	—	1583	2737	3948	5555	9497	9497	9497															
	7	—	1764	3092	4490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
	8	—	—	—	4529	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
	9	—	—	—	4542	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
	10	—	—	—	4565	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
	11	—	—	—	4585	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														

Tabelle 24. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Tabelle 24. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7-mm-Eisen.

**AAnfangsbelastung.** Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 25. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehakte Ringe aus 5-mm-Eisen.

Tabelle 25. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Tabelle 26. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Tabelle 26. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehaktete Ringe aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 27. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Diagonalbügel aus 5-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $10^{-5}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500
13	am Ende	1	547	1047	1643	2890	4190	6047	10587	15176	17	87	137	340	567	1007	2340	530	960	1507	2550	3623	5040	8247						
		2	557	1077	1673	2937	4310	6263	11170	23	110	177	373	613	1063	2730	533	967	1497	2563	3697	5200	8440							
		3	557	1087	1687	2973	4343	6327	11603	33	170	190	377	643	1170	2857	523	977	1497	2597	3700	5157	8747							
		4	557	1093	1703	2990	4397	6393	11870	40	110	197	397	683	1190	3020	550	983	1507	2593	3713	5203	8850							
		5	517	1097	1713	3010	4437	6467	12070	37	110	210	403	683	1277	3167	480	987	1593	2607	3753	5190	9237							
		6	517	1100	1727	3020	4467	6530	12270	40	120	210	420	703	1273	3253	477	1013	1517	2600	3763	5257	9017							
		7	517	1107	1727	3040	4487	6663	12437	37	227	227	733	1287	3393	480	1500	1500	1500	1500	3753	5277	9043							
		8	520	1737																				5323	9067					
		9																						5273	9117					
		10																						5010						
		11																												
14	in der Mitte	1	510	1100	1737	3087	4573	6653	12393	23	80	157	350	587	1003	2627	487	1020	1580	2737	3987	5650	9767							
		2	527	1117	1780	3213	4713	6930	13593	33	87	183	373	653	1117	3247	493	1030	1597	2840	4060	5813	10347							
		3	537	1130	1817	3257	4797	7110	14427	40	90	187	403	677	1190	3737	497	1040	1630	2853	4120	5920	10690							
		4	537	1140	1823	3263	4853	7207	15027	47	97	203	423	693	1217	4023	490	1043	1620	2840	4160	5990	11003							
		5	540	1150	1833	3290	4877	7363	15660	—	103	207	440	693	1263	4327	490	1047	1633	2850	4183	6000	11333							
		6	1163	1853	3320	4997	7373	15993	—	110	203	447	720	720	1053	1647	2873	4187	1053	1653	2870	4213								
		7	1170	1857	3327	4950	7600	—	163	3327	5000	453	760	453	773	773	—	1653	1653	2873	4240	2900	4230							
		8																												
		9																												
		10																												
15	in der Mitte	1	470	1015	1603	2780	4073	5807	9883	12	59	125	254	445	745	1697	458	957	1479	2527	3629	5082	8187							
		2	477	1034	1624	2837	4167	5972	10615	23	64	130	279	480	795	1914	454	970	1494	2575	3687	5177	8702							
		3	489	1047	1640	2872	4235	6100	11049	30	70	140	287	522	847	2035	458	975	1500	2585	3714	5254	9013							
		4	495	1055	1649	2895	4272	6173	11347	34	80	144	304	534	894	2192	462	975	1505	2594	3739	5280	9150							
		5	495	1064	1665	2922	4292	6229	11134	—	89	150	309	535	913	2267	467	975	1515	2614	3757	5315	9317							
		6	1062	1667	2927	4322	6279	11733	—	147	312	544	320	550	—	—	—	1520	2615	3778	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		7	1674	2942	4339	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		8		2950	4347	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		9		2959	4370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10		2960	4389	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		11		2975	4402	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 28. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Diagonalbügel aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 28. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $10^{-5}$									
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12330	22960	33330	53750	73710	98500	145800								
16	1	483	1007	1580	2847	4280	6207	10443	16510	37	90	197	407	670	1070	2187	447	917	1383	2440	3610	5137	8257									
	2	497	1030	1623	2930	4373	6370	11010	16110	40	210	447	730	1160	213	457	923	1413	2483	3643	5210	8597										
	3	497	1040	1637	2963	4447	6460	11277	16277	47	113	233	763	1197	2553	450	927	1403	2493	3697	5263	8723										
	4	500	1047	1987	3007	4497	6543	13310	1987	43	127	247	493	787	1280	4450	457	920	1740	2513	3710	5263	8860									
	5	503	1057	1997	3023	4543	6610	13577	1997	53	133	253	490	823	1310	4590	450	923	1743	2533	3720	5300	8987									
	6	507	1063	2010	3013	4583	6973	13743	1997	140	250	510	843	1360	4670	923	1793	2533	3740	5313	9073											
	7	1067	2017	3067	4617	6743	13910	1997	257	517	863	1400	4757	1760	3753	3753	9153															
	8		2017	3087	4637	6783	14010	1997	263	527	880	1410	4775	1753	3755	3753	9153															
	9		2027	3087	4660	6830	14010	1997	273	533	883	1440	4775	1753	3777	3777	9153															
	10		2043	3107	4680	6881	14010	1997	273	533	903				1753	3777	3777	9153														
17	1	440	947	1493	2667	4060	5860	10227	15693	23	77	117	280	500	813	1757	417	870	1377	2387	3560	5047	8470									
	2	453	973	1520	2737	4157	6120	10893	16223	30	80	147	300	557	870	2030	423	893	1373	2437	3600	5250	8863									
	3	460	980	1543	2757	4263	6223	11460	16460	33	83	150	317	570	907	2240	427	897	1393	2480	3693	5317	9220									
	4	460	983	1557	2817	4280	6277	11627	16460	37		157	330	587	927	2483	423		1400	2487	3693	5350	9143									
	5	463		1567	2833	43327	6353	12160	16460			163	350	617	973	1403	2483	3710	3380	1400	2487	3720	5433									
	6			1563	2853	4333	6423	16457	16457			170	363	613	990	1400	2497	3737	3770	1400	2497	3770	5433									
	7			1590	2877	4367	6457	16457	16457			163	357	623	990	1400	2510	3770	3770	1400	2510	3770	5433									
	8			1590	2887	4403	6493	16457	16457			163	367	623	990	1400	2510	3770	3770	1400	2510	3770	5433									
	9			1590	2890	4403	6493	16457	16457			163	377	623	990	1400	2510	3770	3770	1400	2510	3770	5433									
	10																															
18	1	565	1240	2020	3497	5107	7447			30	125	222	390	622	1052			535	1115	1799	3107	4485	6395									
	2	605	1323	2070	3505	5247	7728			55	147	239	424	664	1142			550	1177	1832	3172	4584	6587									
	3	615	1349	2109	3642	5339	7867			60	145	249	435	710	1200			555	1203	1860	3207	4645	6667									
	4	623	1357	3672	5412	7970				67	160	253	459	730	1220			567	1219	1867	3214	4682	6749									
	5	637	1370	2129	3702	5463	8072			77	160	265	468	752	1273			560	1210	1864	3234	4712	6799									
	6	647	1370	2142	3717	5502	8179			—		270	477	760			—		1872	3240	4742											
	7			2147	3737	5523					270	484	778					1877	3254	4745												
	8			2150	3755	5555					270	484	778					1877	3257	4749												
	9				3767	5584					270	484	778					1877	3285	4769												
	10				3774	5614					270	484	778					1877	3285	4769												
	11				3787	5618					270	484	778					1877	3285	4769												

Tabelle 29. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Spirale aus 5-mm-Eisen.

Tabelle 29. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$						Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $10^{-5}$						Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $10^{-5}$							
			22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	22530	22960	33330	53750	73710	98500
19	1	490	1060	1674	2867	4175	5890	9688	26	72	145	254	414	683	1525	465	989	1528	2614	3762	5207	8163
	2	497	1077	1687	2932	4245	6026	10360	30	78	150	277	450	729	1687	467	999	1538	2655	3795	5299	8674
	3	502	1099	1694	2957	4317	6125	10694	32	92	158	284	490	783	2725	470	1007	1535	2674	3827	5342	7968
	4	502	1100	1710	2978	4370	6197	12027	99	168	302	503	793	2935	3007	1002	1542	2685	3867	5404	9092	
	5	1105	1717	2984	4389	6235	12272	104	173	315	510	823	—	1002	1542	2685	3879	5412	9265			
	6	1115	1722	3014	4404	6280	12553	114	170	319	522	—	997	1552	2695	3882	—	—	—	—	—	—
	7	1110	1717	3024	4420	3035	4445	115	—	322	533	—	995	—	—	—	2702	3877	—	—	—	—
	8	1110	—	3045	4457	3050	4474	—	—	330	547	—	2689	3898	—	—	2710	3913	—	—	—	—
	9	—	—	3059	4483	—	—	—	—	335	555	—	—	—	—	—	2715	3918	—	—	—	—
	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	1	630	1407	2187	3707	5333	7480	—	33	90	157	310	570	1007	—	597	1317	2030	3397	4763	6473	
	2	653	1417	2203	3783	5423	7790	—	33	97	167	350	593	1073	—	620	1320	2037	3433	4830	6717	
	3	653	1447	2240	3830	5513	7940	—	37	100	183	353	640	1090	—	617	1347	2057	3477	4873	6850	
	4	657	1450	2253	3863	5553	8097	43	197	180	393	650	1117	—	613	1343	2073	3470	4903	6890		
	5	667	1457	2263	3900	5603	8097	—	107	183	410	673	680	1153	—	1350	2080	3490	4930	6943		
	6	1460	2270	3927	5633	8473	—	—	187	423	423	793	—	—	—	2083	3503	4953	—	—	—	
	7	—	2277	3957	5663	—	—	—	—	430	723	723	—	—	—	—	3533	4960	—	—	—	—
	8	—	—	3970	5717	5690	—	—	443	733	443	733	—	—	—	—	3537	4967	—	—	—	—
	9	—	—	4000	5743	—	—	—	463	753	463	753	—	—	—	—	3537	4983	—	—	—	—
	10	—	—	4010	5763	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3537	4990	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	1	640	1467	2340	4193	6027	8430	14563	60	197	390	843	1370	2173	5137	580	1270	1950	3330	4657	6257	
	2	667	1507	2417	4323	6173	8717	16163	73	213	410	907	1453	2357	5627	593	1293	2007	3417	4720	6360	
	3	687	1530	2460	4493	6290	8920	16797	83	230	450	963	1543	2490	5980	603	1300	2010	3440	4747	6430	
	4	693	1547	2490	4460	6363	9063	17263	93	247	533	1000	1593	2583	6350	600	1300	1957	3460	4770	6480	
	5	703	1603	2577	4503	6383	9160	17730	270	553	1027	1630	1667	—	6603	—	1333	2023	3477	4753	6493	
	6	1600	2590	4533	6493	9287	17697	271	560	1057	1697	—	—	—	—	1327	2030	3477	4797	—	—	
	7	1603	2610	4563	6533	—	—	—	563	1093	1740	—	—	—	—	2047	3470	4793	—	—	—	
	8	—	2623	4637	6560	—	—	—	—	1133	1773	—	—	—	—	—	3463	4787	—	—	—	—
	9	—	—	4660	6630	—	—	—	—	1160	1797	—	—	—	—	—	3477	4793	—	—	—	—
	10	—	—	4683	6667	—	—	—	—	1170	1837	—	—	—	—	—	3490	4793	—	—	—	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

am Ende

oo\*

Tabelle 30. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Tabelle 31. Längenänderungen des Betons der quadratischen Säulen.

Tabelle 31. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung. Ohne Bewehrung.

Anfangsbelastung. Ohne Bewehrung.

Tabelle 32.

## Vergleich der Verkürzungen des Betons in der Mitte und am Ende der Säulen.

Letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten.

Säule Nr.	Querbewehrung		Ver- kürzung gemessen	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$ bei den folgenden Belastungen in kg							
	Form	Eisen- durch- messer cm		12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	
1	geschweißte Ringe	0,5	am Ende	673	1403	2223	3890	5480	7807	14413	
4		0,7		490	1077	1730	3193	4557	6653	13203	
7	umgehakte Ringe	0,5	am Ende	483	1060	1730	3113	4540	6630	11937	
10		0,7		660	1480	2340	4080	5833	8087	13643	
13	Diagonal- bügel	0,5	Ende	520	1107	1737	3040	4540	6750	12737	
16		0,7		507	1067	2043	3107	4710	6881	14010	
21	Spiralen	0,5		703	1603	2623	4683	6667	9287	17697	
24		0,7		460	1017	1707	3230	4823	6893	12503	
2	geschweißte Ringe	0,5		557	1213	1927	3403	4927	7090	12683	
3		0,5		528	1129	1764	3092	4585	6527	12335	
5		0,7		640	1380	2173	3827	5740	8510	16670	
6		0,7		562	1137	1767	3110	4680	6687	12879	
8	umgehakte Ringe	0,5	in der Mitte	517	1130	1737	3133	4707	6737	13043	
9		0,5		462	984	1545	2754	4198	6025	11047	
11		0,7		500	1070	1627	2933	4403	6303	12153	
12		0,7		493	1048	1685	3047	4603	6537	12245	
14	Diagonal- bügel	0,5		540	1170	1863	3357	5020	7373	15993	
15		0,5		495	1062	1674	2975	4402	6279	11733	
17		0,7		463	983	1590	2890	4403	6457	12160	
18		0,7		647	1370	2150	3787	5618	8179	—	
19	Spiralen	0,5		502	1110	1717	3059	4483	6280	12553	
20		0,5		667	1460	2277	4010	5763	8473	—	
22		0,7		542	1143	1740	3024	4377	6108	10337	
23		0,7		507	1163	1910	3403	5070	7263	—	
Mittel für die bewehrten Säulen, gemessen			am Ende	562	1227	2017	3567	5144	7374	13643	
			in der Mitte	542	1160	1820	3113	4811	6927	12756	
25	unbewehrt	am Ende	583	1243	1967	3347	4903	7203	13607		
27			457	993	1587	2860	4243	6130	11853		
Mittel		570	1118	1777	3104	4573	6667	12730			
26		in der Mitte	393	813	1340	2550	4033	6053	12040		
27			483	993	1567	2847	4270	6213	12330		
Mittel			438	903	1454	2699	4152	6133	12185		

Tabelle 33. Längenänderungen der quadratischen Säulen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bis 174240 kg Belastung. Letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten (s. Tab. 23 bis 31).

Tabelle 33. Längenänderungen der quadratischen Säulen.

Säulen Nr.	Querbewehrung Form	Eisen- durch- messer cm	Gesamtverkürzung in $\text{mm} \cdot 10^{-4}$												Bleibende Verkürzung in $\text{mm} \cdot 10^{-4}$												Federnde Verkürzung in $\text{mm} \cdot 10^{-4}$
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800			
2		0,5	119	231	342	554	733	987	1622	1982	46	90	131	216	278	359	604	73	142	211	338	456	628	1018			
3	ge- schweißte Ringe	0,7	108	210	307	517	695	926	1530	1849	39	72	103	159	218	277	503	69	138	204	321	439	586	936			
5	Mittel		106	231	344	557	754	1045	1729	2180	14	64	108	191	260	369	630	92	167	237	366	495	676	1099			
6	Mittel		87	179	269	446	632	849	1434	1712	25	52	85	138	201	264	489	63	127	184	309	431	585	945			
8		0,5	99	203	307	524	733	965	1644	2081	27	66	97	179	266	341	638	72	138	210	344	468	625	1006			
9	Mittel		74	153	231	388	560	752	1249	1469	16	31	49	85	137	183	347	57	122	182	303	424	569	902			
11	um- gehaktete Ringe	0,7	87	178	269	456	647	859	1447	1775	22	49	73	132	202	262	493	65	130	196	324	446	597	954			
12	Mittel		93	194	293	485	668	872	1401	1642	23	51	84	150	216	268	454	70	143	209	335	453	604	948			
14		0,5	111	226	325	520	692	893	1452	1685	38	80	115	184	246	296	499	73	146	210	336	447	597	953			
15	Mittel		102	210	309	503	680	883	1427	1664	31	66	100	167	231	282	477	72	145	210	326	450	601	951			
17	Diagonal- Bügel	0,7	116	220	321	512	744	981	1712	2207	37	81	125	209	267	347	636	79	153	222	350	477	634	1076			
18	Mittel		97	209	316	502	677	898	1517	1796	29	71	112	180	239	309	541	67	139	204	322	438	589	976			
19		0,5	107	215	319	507	711	940	1615	2002	33	76	119	195	253	328	589	73	146	213	326	458	612	1026			
20	Mittel		96	234	368	567	859	1195	2384	—	19	68	128	237	346	478	939	78	165	240	370	514	717	1321			
21	Mittel		110	230	348	556	768	1052	1977	—	35	77	126	210	291	388	749	75	153	222	347	478	664	1167			
22	Spiralen	0,5	108	244	361	597	807	1059	1741	—	37	102	152	268	356	454	772	70	142	209	329	451	606	969			
23		0,7	106	201	287	472	664	924	1563	—	24	47	77	136	201	286	494	82	154	211	336	463	638	1069			
24	Mittel		82	183	283	472	652	888	1643	—	15	42	76	133	189	252	569	67	141	207	339	463	636	1075			
25		0,7	92	188	310	514	708	957	1649	—	25	64	102	179	249	331	612	73	146	209	325	459	627	1038			
26	unbewehrt		128	232	332	506	684	906	1520	1746	—	19	43	78	145	210	284	497	72	145	212	336	456	609	979		
27	Mittel		88	193	291	465	639	867	1496	—	22	52	85	145	202	267	510	67	141	206	320	438	600	986			

Tabelle 33a. Längenänderungen der quadratischen Säulen.

Tabelle 33a.

**Längenänderungen der quadratischen Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten, bei Belastungen über 174 240 kg.**

Säulen Nr.	Querbewehrung		Bedeutung der Werte	Belastungen $P$ in kg und die zugehörigen Gesamt-Verkürzungen $-\delta$ in $\text{‰} \cdot 10^{-4}$						
	Form	Eisen- durchmesser cm		$P$	180 440	178 390	163 870	143 140	—	—
2	ge- schweißte Ringe	0,5	$P$	180 440	178 390	163 870	143 140	—	—	—
			$-\delta$	2 468	2 880	3 543	4 359	—	—	—
3	um- gehakte Ringe	0,7	$P$	183 280	163 870	143 140	—	—	—	—
			$-\delta$	2 378	3 166	3 552	—	—	—	—
5	um- gehakte Ringe	0,7	$P$	182 470	180 440	178 390	163 870	143 140	—	—
			$-\delta$	2 958	3 196	3 319	4 065	4 804	—	—
6	Diagonal- Bügel	0,5	$P$	188 560	196 680	192 620	180 440	163 870	—	—
			$-\delta$	2 163	2 668	3 542	4 407	5 134	—	—
8	Diagonal- Bügel	0,5	$P$	186 530	184 500	163 870	—	—	—	—
			$-\delta$	2 459	2 746	3 643	—	—	—	—
9	Spiralen	0,7	$P$	195 060	184 500	163 870	143 140	—	—	—
			$-\delta$	2 124	2 663	3 124	3 413	—	—	—
11	Spiralen	0,7	$P$	184 700	194 650	196 680	184 500	163 870	—	—
			$-\delta$	1 956	2 522	2 875	3 740	4 587	—	—
12	Spiralen	0,5	$P$	186 530	204 190	194 650	184 500	174 240	163 870	—
			$-\delta$	2 033	2 747	3 784	4 294	4 685	5 151	—
14	Spiralen	0,5	$P$	172 580	109 940	—	—	—	—	—
			$-\delta$	2 698	4 229	—	—	—	—	—
15	Spiralen	0,7	$P$	184 500	172 170	163 870	122 400	—	—	—
			$-\delta$	2 343	2 951	3 389	3 805	—	—	—
17	Spiralen	0,7	$P$	183 280	178 390	143 140	—	—	—	—
			$-\delta$	2 501	2 796	3 869	—	—	—	—
18	Spiralen	0,5	$P$	153 050	143 140	122 400	—	—	—	—
			$-\delta$	2 747	3 113	3 877	—	—	—	—
19	Spiralen	0,5	$P$	198 710	184 500	163 870	143 140	—	—	—
			$-\delta$	2 797	3 524	4 035	4 683	—	—	—
20	Spiralen	0,7	$P$	165 950	163 870	143 140	122 400	101 630	—	—
			$-\delta$	2 115	2 517	2 933	3 527	4 938	—	—
21	Spiralen	0,5	$P$	163 870	143 140	122 400	—	—	—	—
			$-\delta$	2 996	3 635	4 567	—	—	—	—
22	Spiralen	0,7	$P$	204 800	184 500	163 870	143 140	—	—	—
			$-\delta$	2 290	3 363	4 166	5 185	—	—	—
23	Spiralen	0,5	$P$	171 310	163 870	143 140	122 400	—	—	—
			$-\delta$	2 071	2 491	3 542	4 669	—	—	—
24	Spiralen	0,7	$P$	196 680	194 650	184 500	163 870	143 140	—	—
			$-\delta$	2 428	3 279	3 463	4 125	4 966	—	—

Tabelle 34.

## Festigkeit der Säulen mit quadratischem Querschnitt.

Querschnitt =  $30 \times 30$  cm; Längsbewehrung: 4 Rundeisen von 2 cm Durchmesser.  
Länge = 1,3 m; Alter: 90 Tage.

Versuch Nr.	Säule			Querbewehrung			Belastung beim Beginn der Riß- bildung	Bruchbelastung		Verhältnis der Festigkeit Säule zu Würfel $\frac{P}{P_1} \cdot 100\%$		
	Nr.	angefertigt bei mittlerer Zimmer- wärme C°		Form	Eisen- durch- messer cm	Längs- abstand cm		der Säulen $P$	des zu- gehörigen Würfels $P_1$			
I	I	16	67	Geschweißte	Ringe	0,5	172 170 174 240 174 240 173 550 178 630	172 170 174 240 180 440 183 280 209 130	209 200 202 500 215 700 209 130	82 89 85 85		
14	2	17	68									
30	3	22,5	60									
Mittel		19	65									
3	4	17	62									
13	5	17	70		Umgehakte Ringe	0,7	196 680 174 240 188 560 186 490 193 500	196 680 174 240 182 470 196 680 193 500	222 300 202 500 210 500 211 770	91 90 93 91		
33	6	19,5	64									
Mittel		18	65									
7	7	17	54									
22	8	15	53									
37	9	15	50	Diagonal- Bügel	0,5	0,5	191 200 174 240 174 240 179 890 190 930	191 200 186 530 195 060 190 930	215 700 201 200 222 300 213 070	89 93 88 90		
Mittel		16	52									
5	10	16	59									
28	11	17	76									
35	12	18	63									
Mittel		17	67									
8	13	17	61		0,7	0,7	185 520 174 240 174 240 178 000 181 420	185 520 174 240 184 500 181 420	217 000 201 200 215 700 211 300	85 87 86 86		
21	14	17	48									
40	15	20	50									
Mittel		18	53									
9	16	17	55									
20	17	18	48	Spirale	0,5	0,5	182 880 (145 800) 174 240 174 240 174 240	182 880 183 280 153 090 173 080	218 300 210 500 197 200 208 670	84 87 78 83		
42	18	16	58									
Mittel		17	54									
44	19	16	59									
54	20	24	67									
58	21	22	80		0,7	0,7	204 800 (145 800) 196 680 200 740	198 710 (165 950) 174 240 185 500	217 000 (144 600) 199 900 [208 450]	92 — 87 [89]		
Mittel		21	69									
46	22	17,5	56									
56	23	24	77									
60	24	21	59									
Mittel		21	64									
10	25	18,5	57	Unbewehrt	—	—	175 700 179 210 176 730 177 210	175 700 179 210 197 200 210 430	210 500 223 600 197 200 210 430	83 80 90 84		
25	26	16	56									
48	27	16	80									
Mittel		17	64									

Die Bruchlasten der den Säulen 20 und 23 zugehörigen Betonwürfel sind von der Mittelbildung ausgeschlossen, da sie von denen der übrigen Würfel auffallend abweichen. Die Ursache für diese Abweichungen hat nicht ermittelt werden können.

Tabelle 35. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Tabelle 35 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 290 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 5-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-6}$										Bleibende Verkürzung — $\delta_b^e$ in $10^{-6}$										Federnde Verkürzung — $\delta_b^f$ in $10^{-6}$									
			12330	22960	33330	53350	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12330	22960	33330	53750	73710	98500		
in der Mitte	1	480	1093	1813	3087	4510	6487	11287	20	100	250	413	613	940	2190	460	993	1563	2673	3897	5547	9097	1130	1830	3157	4607	6650	12287				
	2	487	1130	1830	3157	4607	6650	12287	23	147	263	439	633	997	2563	463	983	1567	2727	3973	5653	9723	1180	1853	3187	4667	6747	12953				
	3	493	1180	1853	3187	4667	6747	12953	27	157	267	443	663	1033	2793	466	1027	1587	2743	4003	5713	10160	1193	1860	3203	4707	6853	13420				
	4	507	1193	1860	3203	4707	6853	13420	30	173	270	457	687	1083	2793	477	1020	1590	2747	4020	5770	1203	1863	3237	4733	6917	—					
	5	513	1203	1870	3243	4780	6967	7027	33	193	287	457	723	1103	293	480	1140	140	1577	2780	4010	5813	1220	1870	3243	4780	6967	7027				
	6	520	517	1220	1883	3273	4797	7027	37	200	293	480	730	1140	300	480	1140	483	1020	1577	2763	4050	5827	1230	1893	3283	4823	7027	—			
	7	517	1230	1893	3283	4823	7027	—	37	203	300	480	740	1140	307	493	750	480	1017	1583	2797	4057	5827	1233	1900	3290	4853	7027	—			
	8	517	1240	1903	3293	4853	7027	—	213	310	507	507	750	1140	313	217	753	480	1017	1587	2790	4073	5827	1240	1903	3293	4853	7027	—			
	9	517	1247	1903	3293	4857	7027	—	217	313	507	507	750	1140	313	217	753	480	1023	1590	2783	4103	5827	1247	1903	3293	4867	7027	—			
	10	517	1247	1903	3293	4857	7027	—	217	313	507	507	750	1140	313	217	753	480	1023	1590	2783	4103	5827	1247	1903	3293	4867	7027	—			
	11	517	1247	1903	3293	4867	7027	—	217	313	507	507	750	1140	313	217	753	480	1023	1590	2783	4103	5827	1247	1903	3293	4867	7027	—			
am Ende	1	610	1283	2040	3593	5010	6930	11203	23	130	287	563	913	1477	3357	587	1153	1753	2940	3763	5453	7847	1313	2073	3583	5130	7097	12027				
	2	613	1313	2090	3620	5190	7190	12537	40	147	307	593	983	1577	3893	587	1167	1767	2990	4147	5520	8133	1340	2090	3620	5190	7190	12537				
	3	620	1347	2103	3653	5250	7293	12917	47	170	313	633	1027	1657	4150	573	1170	1777	2987	4163	5533	8387	1347	2103	3653	5250	7293	12917				
	4	627	1347	2103	3653	5250	7293	12917	53	180	320	650	1073	1723	573	1167	1783	3003	4177	5570	573	1347	2103	3653	5250	7293	12917					
	5	643	1357	2113	3677	5287	7370	—	63	187	330	660	1113	1777	580	1170	1783	3017	4173	5593	573	1357	2113	3677	5287	7370	—					
	6	650	1370	2123	3693	5330	7497	—	73	197	349	700	1143	1817	577	1173	1783	2993	4187	5590	577	1370	2123	3693	5330	7497	—					
	7	650	1377	2143	3720	5360	7467	—	80	203	347	693	1157	1777	570	1173	1797	3027	4203	5590	570	1377	2143	3720	5360	7467	—					
	8	650	1390	2150	3740	5393	713	77	213	360	710	1177	1777	573	1177	1790	3030	4217	5590	573	1390	2150	3740	5393	713	77						
	9	650	1397	2163	3743	5413	713	220	360	713	1190	1190	1197	227	363	1197	1197	1197	1197	1197	1197	1197	1397	2163	3743	5413	713	77				
	10	1410	2170	3750	5420	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1410	2170	3750	5420	—	—				
	11	1410	2170	3750	5433	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1410	2170	3750	5433	—	—				

Tabelle 36. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7 mm-Eisen.

Tabelle 36. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7 mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$														
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800							
in der Mitte	1	527	1157	1773	3120	4620	6670	12 130	43	113	177	347	563	883	2447	483	1043	1597	2773	4057	5787	9683	10457	1283	1993	3350	4570	6100									
	2	543	1187	1820	3197	4703	6897	13 297	57	120	193	370	587	940	2840	487	1067	1627	2827	4117	5957	10457	1283	1993	3350	4570	6100										
	3	557	1200	1833	3233	4803	7023	13 963	60	127	203	383	620	990	3073	497	1073	1630	2850	4183	6033	10890	1283	1993	3350	4570	6100										
	4	577	1203	1847	3263	4840	7150	14 430	70	127	210	387	623	1027	3343	507	1077	1637	2877	4217	6123	11087	1283	1993	3350	4570	6100										
	5	583	1203	1850	3283	4893	7247	14 830	70	127	207	400	670	1073	3590	513	1077	1643	2883	4223	6507	11240	1283	1993	3350	4570	6100										
	6	583	1207	1860	3297	4913	7330	15 063					220	420	673				1640	2877	4240																
	7																			1647	2900	4260															
	8																			2897	4287																
	9																			2907	4317																
	10																			2920	4303																
	11																			2920	4303																
am Ende	1	507	1123	1733	3000	4240	5910	10 317	23	107	187	387	617	987	2663	483	1017	1547	2613	3623	4923	7653	8043	8267	8337	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	
	2	517	1137	1760	3040	4310	6053	11 970	37	117	413	647	677	1120	3260	480	1020	1553	2627	3663	4990	8043	8267	8337	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440
	3	523	1150	1780	3077	4367	6150	15 527	43	120	217	443	690	1173	3473	487	1030	1563	2650	3690	5030	8267	8337	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440
	4	537	1160	1797	3093	4390	6230	11 810	50	127	223	443	690	1173	3473	487	1033	1573	2650	3700	5057	8337	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440
	5	540	1160	1803	3113	4420	6300	12 100	50	127	227	450	733	1210	3660	490	1033	1577	2663	3687	5090	8337	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440	8440
	6	540	1167	1810	3120	4440	6363	12 263					233	460	740				1577	2660	3700																
	7																			1573	2667	3703															
	8																			2660	3727																
	9																			2663	3723																
	10																			2663	3720																
	11																			2663	3720																
in der Mitte	1	517	1137	1763	3057	4463	6377	13 597	53	113	197	327	577	900	487	1030	1567	2730	3887	5477	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667
	2	533	1150	1810	3120	4597	6597	13 667	63	130	203	370	627	970	480	1037	1610	2760	3993	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	5667	
	3	540	1163	1827	3160	4667	6690	13 733	67	137	213	390	630	1010	490	1040	1617	2790	4093	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	4	557	1177	1830	3180	4723	6763	14 474	70	143	213	407	653	1033	—	—	1040	1620	2820	4093	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	5	567	1183	1833	3227	4747	6827	14 477	6900	—	140	217	413	697	1047	—	1047	1623	2823	4093	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	6	567	1187	1840	3237	4770	6970	14 4820	70	153	223	427	690	1090	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	7	1200	1847	3263	4820	6980	14 830	3280	70	223	443	697	703	1097	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	8	1203	1860	3290	4873	7033	14 883	3300	4883	70	233	447	710	1097	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	9	1863	3290	4873	7033	4883	14 887	3309	4887	70	180	300	673	1097	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	10	1867	3300	4883	7033	4887	14 887	3309	4887	70	180	300	673	1097	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
	11	1867	3309	4887	7033	4887	14 887	3309	4887	70	180	300	673	1097	—	—	1047	1623	2837	4130	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	5753	
am Ende	1	623	1397	2193	3813	5357	7383	33	117	243	500	877	1460	590	1280	1950	3313	4480	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	5923	
	2	650	1417	2250	3897	5490	7633	43	133	257	547	920	1533	607	1283	1993	3350	4570	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	6100	
	3	660	1433	2477	3953	5563	7757	60	143	267	580	980	1620	600	1290	2010	3373	4583	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	6137	
	4	670	1447	2293	3980	5617	7853	60	157	280	623	990	1703	610	1290	2013	3357	4627	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150	
	5	673	1463	2300	4023	5653	7947	60	160	283	637	1037	1780	610	1303	2017	3387	4617	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	6167	
	6	1473	2313	4053	5683	8043	—	167	293	653	1090	—	—	1307	2020	3400	4593	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	7	1483	2330	4077	5733	8043	—	180	300	673	1097	—	—	1303	2030	3403	4637	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	8	1487</td																																			

Tabelle 36 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen. 125

Tabelle 36 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Geschweißte Ringe aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 37. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehakt Eisen.

126

Tabelle 37. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta_b''$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$												
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	12 330	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	12 330	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800									
in der Mitte	1	543	1133	1777	3263	4880	7207	107	390	1127	683	1127	1067	1670	2873	4197	6080	543	1087	1687	2927	4297	6247	540	1080	1707	2937	4310	6327	540	1097	1713	2977	4353	6447				
	2	543	1163	1800	3363	5037	7457	137	437	740	1210	1210	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1080	1707	2937	4310	6327	540	1097	1713	2977	4353	6447									
	3	543	1160	1820	3380	5097	7633	137	443	787	1307	1307	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1080	1707	2937	4310	6327	540	1097	1713	2977	4353	6447									
	4	543	1173	1820	3437	5183	7800	137	460	830	1353	1353	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1080	1707	2937	4310	6327	540	1097	1713	2977	4353	6447									
	5	543	1173	1840	3450	5217	7893	137	463	833	1390	1390	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
	6	543	1173	1860	3467	5240	7993	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
	7	543	1173	1860	3493	5287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
	8	543	1173	1867	3520	5313	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						
	9	543	1173	1930	3530	5353	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	10	543	1173	1963	3557	5360	5400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
	11	543	1173	1983	3560	5400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
am Ende	1	763	1703	2673	4860	7097	10417	50	220	430	2150	3817	2150	713	1483	2210	3610	4947	6600	703	1523	2283	3703	4980	6787	713	1517	2310	3730	5030	6857	717	1533	2297	3703	5047	6903		
	2	753	1763	2750	5067	7377	10993	50	240	467	1363	2397	4207	703	1523	2283	3703	4980	6787	713	1517	2310	3730	5030	6857	713	1517	2310	3730	5030	6857	717	1533	2297	3703	5047	6903		
	3	767	1773	2797	5170	7577	11377	53	257	487	1440	2547	4520	713	1517	2310	3730	5030	6857	713	1517	2310	3730	5030	6857	713	1517	2310	3730	5030	6857	717	1533	2297	3703	5047	6903		
	4	770	1787	2817	5230	7697	11677	53	253	520	1527	2650	4773	713	1517	2310	3730	5030	6857	713	1517	2310	3730	5030	6857	713	1517	2310	3730	5030	6857	717	1533	2297	3703	5047	6903		
	5	770	1787	2847	5303	7793	11907	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	6	780	1780	2860	5350	7870	12133	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	7	783	1780	2873	5380	7957	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	8	787	1780	2900	5437	8017	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	9	790	1780	2950	5467	8080	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	10	797	1780	3007	5497	8127	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	11	803	1780	3033	5523	8203	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
in der Mitte	1	577	1223	1920	3387	5013	7217	12290	40	87	163	330	617	983	2053	537	1137	1757	3057	4397	6233	533	1153	1787	3110	4517	6360	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447
	2	593	1240	1960	3463	5147	7427	13357	60	87	173	353	630	1067	2773	533	1153	1787	3110	4517	6360	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447						
	3	610	1250	1980	3507	5233	7590	14123	60	103	183	367	683	1097	3133	550	1147	1797	3140	4550	6493	550	1147	1797	3140	4550	6493	550	1147	1797	3140	4550	6493	550	1147	1797	3140	4550	6493
	4	610	1267	1990	3560	5290	7687	14557	60	113	197	400	693	1163	3337	550	1153	1797	3160	4597	6523	550	1153	1797	3160	4597	6523	550	1153	1797	3160	4597	6523	550	1153	1797	3160	4597	6523
	5	597	1270	1990	3583	5313	7757	14990	—	—	183	417	723	1180	3597	550	1157	1807	3167	4597	6577	550	1157	1807	3167	4597	6577	550	1157	1807	3167	4597	6577	550	1157	1807	3167	4597	6577
	6	603	1270	2000	3603	5363	7800	15390	—	—	190	430	737	1197	447	733	1803	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627		
	7	607	1270	2010	3637	5400	8044	—	—	197	453	763	1207	447	733	1803	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627			
	8	610	1270	2010	3647	5447	8080	—	—	197	453	783	1207	447	733	1803	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627			
	9	614	1270	2010	3657	5463	8080	—	—	197	453	783	1207	447	733	1803	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627	550	1163	1813	3173	4627	6627			
	10	617	1270	2010	3677	5490	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	11	620	1270	2010	3707	5523	7487	16123	53	107	207	420	703	1107	393	673	1023	2483	467	1017	1567	2727	3833	5180	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447			
am Ende	1	510	1123	1757	3120	4597	6203	10370	43	107	190	393	673	1023	2483	467	1017	1567	2727	3833	5180	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447						
	2	527	1127	1783	3193	4587	6340	10940	53	107	207	420	703	1107	393	673	1023	2483	467	1017	1567	2727	3833	5180	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447			
	3	540	1133	1800	3233	4643	6460	11370	60	117	217	433	733	1106	3977	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447	540	1097	1713	2977	4353	6447						
	4	547	1143	1810	3260	4677	6523	11590	60	123	203	467	760	1220	3233	540	1087	1687	2927	4297	6247	540	1097	1713	2977	4353	6447	540	1097	1713	2977	4353	6447						
	5	540	1147	1807	3283	4693	6583	11797	60	123	203	467	780	1233	3373</td																								

Tabelle 37 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehakte Ringe aus 5-mm-Eisen.

Tabelle 38. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in % · 10 <sup>-5</sup>										Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in % · 10 <sup>-5</sup>										Federnde Verkürzung — $\delta_b^f$ in % · 10 <sup>-5</sup>									
			12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	
in der Mitte	1	517	1160	1770	3103	4550	6513	11093	27	97	170	317	507	833	1940	490	1063	1600	2787	4043	5680	9153	537	1133	1767	3110	4450	6050	9040			
	2	540	1180	1830	3193	4653	6777		30	117	193	340	557	947	1637	510	1063	1637	2853	4097	5830		547	1147	1790	3160	4513	6163	9453			
	3	550	1187	1857	3227	4720	6830		47	120	200	367	557	967	1657	503	1067	1657	2860	4160	5890		550	1157	1810	3207	4587	6223	9590			
	4	557	1203	1863	3250	4770	6940		53	130	207	370	610	987	1657	503	1073	1657	2880	4160	5953		557	1167	2883	4183	5987					
	5	563	1203	1873	3267	4797	6987		—	60	207	387	613	1000	1667	503	1073	1667	2893	4177	5903	4200	567	1200	1843	3213	4617	5530				
	6	567	1880	3297	4820	7037		—	70	207	393	620	1607	497	1677	503	1073	1677	2903	4203	5987		567	1200	1843	3213	4617	5530				
	7	567	1880	3320	4837	7037		—	3333	4877	407	640	633	640	1640	497	1677	503	1073	1677	2923	4203	5987		567	1200	1843	3213	4617	5530		
	8								3353	4897	433	640	633	640	1640	497	1677	503	1073	1677	2923	4203	5987		567	1200	1843	3213	4617	5530		
	9								3353	4927	430	640	633	640	1640	497	1677	503	1073	1677	2923	4203	5987		567	1200	1843	3213	4617	5530		
	10								3357	4943	430	640	633	640	1640	497	1677	503	1073	1677	2923	4203	5987		567	1200	1843	3213	4617	5530		
am Ende	11																															
	1	597	1277	1990	3477	5117	7460	13580	23	90	163	350	647	1227	3453	573	1187	1827	3127	4470	6233	10127	537	1193	1830	3180	4530	6467				
	2	610	1297	2017	3573	5247	7557	13580	33	103	187	393	717	1390	577	1193	1830	3180	4530	6467		537	1193	1830	3180	4530	6467					
	3	620	1393	2040	3603	5327	8027		40	103	197	423	733	1497	580	1200	1843	3180	4530	6467		537	1193	1830	3180	4530	6467					
	4	620	1310	2053	3637	5410	8143		40	110	210	423	793	1557	580	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530					
	5	630	1317	2063	3660	5450	8337		53	217	447	803	1607	577	580	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530					
	6	637	2073	2073	3697	5483	8333	—	57	213	463	837	903	1607	580	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530					
	7	637							3730	5520	483	867	867	877	903	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	8								3753	5570	513	877	877	877	903	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	9								3747	5590	513	877	877	877	903	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	10								3753	5630	513	877	877	877	903	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	11								3760	5657	513	877	877	877	903	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
in der Mitte	1	463	1010	1553	2713	3983	5697	9550	13	73	127	240	410	703	1563	450	937	1427	2473	3573	4993	7987	537	1133	1767	3110	4450	6050	9040			
	2	483	1020	1580	2770	4040	5853	10117	23	77	140	263	447	770	1830	460	943	1440	2507	3593	5083	8287	537	1147	1810	3160	4513	6163	9453			
	3	493	1033	1593	2787	4093	5950	10583	33	83	140	287	457	813	1967	463	950	1457	2500	3593	5137	8617		537	1157	1810	3160	4513	6163	9453		
	4	493	1043	1610	2810	4140	6023	10850	40	87	140	290	507	850	2063	463	957	1457	2500	3633	5173	8787		537	1157	1810	3160	4513	6163	9453		
	5	507	1043	1613	2837	4187	6097	10983	40	90	153	307	513	847	2107	467	953	1460	2540	3673	5250	8877		537	1167	1810	3160	4513	6163	9453		
	6	507	1047	1617	2857	4230	6153	11117	—	157	307	523	2107	467	953	1460	2543	3687														
	7								2817	4247	300	550	300	550	300	503	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	8								2873	4263	317	553	317	553	313	573	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	9								2877	4280	313	573	313	573	313	573	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
	10								2887	4303	313	573	313	573	313	573	1200	1843	3180	4530	6467		537	1213	1843	3213	4617	5530				
am Ende	11																															
	1	577	1243	1980	3673	5567	8177	15177	40	110	213	563	1117	2127	537	1133	1767	3110	4450	6050	9040	537	1147	1810	3160	4513	6163	9453				
	2	590	1267	2030	3807	5747	8540	16810	43	120	240	647	1233	2377	547	1147	1810	3160	4513	6163	9453	537	1157	1810	3160	4513	6163	9453				
	3	597	1287	2060	3897	5890	8777	17610	47	130	250	690	1393	2553	550	1157	1810	3160	4513	6163	9453	537	1167	1810	3160	4513	6163	9453				
	4	603	1293	2097	3947	5997	8973	18643	57	133	257	717	1407	2700	550	1157	1810	3160	4513	6163	9453	537	1177	1810	3160	4513	6163	9453				
	5	603	1303	2113	4023	6153	9260	19510	—	137	270	760	1447	2790	550	1157	1810	3160	4513	6163	9453	537	1187	1810	3160	4513	6163	9453				
	6	607							2120	4090	6253	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1197	1810	3160	4513	6163	9453				
	7								2120	4090	6253	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1207	1810	3160	4513	6163	9453				
	8								2120	4090	6253	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1217	1810	3160	4513	6163	9453				
	9								4107	6300	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1227	1810	3160	4513	6163	9453					
	10								4127	6350	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1237	1810	3160	4513	6163	9453					
	11								4127	6390	—	280	797	547	1167	1810	3160	4513	6163	9453	537	1247	1810	3160	4513	6163	9453					

Tabelle 38 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehaktte Ringe aus 7-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$													
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800					
in der Mitte	1	507	1070	1680	2943	4330	6283	10803	15867	15867	10	73	177	380	740	1800	597	1060	1697	2767	3950	5543	9003													
	2	510	1070	1720	3007	4417	6477	11467	11467	7	13	93	223	383	797	2030	503	1057	1627	2783	4033	5680	9437													
	3	510	1080	1737	3060	4417	6567	11967	11967	10		93	237	463	843	2263	500		1643	2823	4043	5723	9793													
	4	513		1753	3087	4580	12250					93	230	517		2393				1660	2857	4063		9857												
	5		1747	3093	4660	12567	12733					90	233	553		2543				1657	2860	4107		10023												
	6		1743	3100	4667	12733						237	553								2863	4113														
	7			3117	4720							247	583								2870	4137														
	8				3147	4737						273	603								2873	4133														
	9				3157	4790						293	620								2877	4170														
	10				3177	4797						297	620								2880	4177														
	11				3180	4797																														
39			1	553	1183	1820	3073	4410	6217	10353	14867	13	27	80	200	417	817	2037	540	1157	1740	2873	3993	5400	8317											
			2	557	1183	1850	3117	4473	6393	11063	11503	13	27	100	243	420	880	2313	543	1157	1750	2873	4053	5513	8750											
			3	557	1187	1863	3173	4560	6480	11503	11773	13		100	260	503	940	2550	543	1763	2913	4057	5507	8953												
			4	557		1877	3187	4630		12070	12263					253	557	2873		2873	1770	2933	4073		9037											
			5		1877	3200	4693									107	260	603		270	617	1770	2940	4090		9197										
			6		1877	3213	4717														273	630														
			7			3230	4757													300	657															
			8			3233	4787													310	680															
			9			3267	4827													320	677															
			10			3287	4833																													
			11			3293	4837																													

Anfangsbelastung: Art der Querbewehrungen: Spira len aus mm-Eisen.

Anfangsbelastung: Art der Querbewehrungen: Spira len aus mm-Eisen.

130

Tabelle 39. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Tabelle 39. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

131

Tabelle 39 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Spiralen aus 5 mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$					
			22960	33330	53750	73770	98500	145800	22960	33330	53750	73770	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73770	98500
in der Mitte	1	553	1193	1947	3437	5070	7213	17	50	167	363	650	1040	537	1143	1780	3073	4420	6173	
	2	557	1223	1970	3507	5150	7430	17	53	170	390	673	1097	540	1170	1800	3117	4477	6333	
	3	560	1227	1987	3553	5237	7540	17	57	183	403	707	1157	543	1170	1803	3150	4530	6383	
	4	567	1240	2013	3587	5283	7657	7	57	190	437	733	1190	560	1183	1823	3150	4550	6467	
	5	563	1243	2027	3620	5327	7753	0	60	197	463	753	1227	563	1183	1830	3157	4573	6493	
	6	567	1250	2030	3657	5357	7777	0	67	203	473	760	1260	567	1183	1827	3183	4597	6517	
	7	567	1257	2037	3673	5387	7843	—	73	213	493	787	—	—	1183	1823	3180	4600		
	8	1263	2053	3690	5413	—	—	100	223	500	810	—	—	1163	1830	3190	4603			
	9	1280	2060	3699	5443	—	—	107	230	510	820	—	—	1173	1830	3187	4623			
	10	1283	2063	3717	5463	—	—	113	240	513	827	—	—	1170	1823	3203	4637			
	11	1287	2073	3740	5477	—	—	117	253	—	—	—	—	1170	1820	—	—	—	—	
	12	1300	2093	—	—	—	—	117	—	—	—	—	—	1183	—	—	—	—	—	
	13	1313	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
am Ende	1	730	1513	2363	4130	5963	8237	30	143	370	957	1683	2630	700	1370	1993	3173	4280	5607	
	2	747	1550	2437	4297	6160	8480	43	160	397	1060	1813	2780	703	1390	2040	3237	4347	5700	
	3	750	1563	2463	4383	6290	8623	47	173	423	1127	1903	2897	703	1390	2040	3257	4387	5727	
	4	753	1580	2490	4440	6367	8753	50	187	447	1150	1973	2990	703	1393	2043	3290	4393	5763	
	5	753	1587	2517	4483	6433	8847	50	193	460	1237	2023	3073	703	1393	2057	3247	4410	5773	
	6	753	1607	2533	4537	6483	8940	53	200	473	1266	2067	3147	700	1407	2060	3270	4417	5793	
	7	757	1613	2543	4573	6520	9010	—	210	493	1310	2113	—	—	1403	2050	3263	4407		
	8	1627	2570	—	—	—	—	220	507	1337	2150	—	—	1407	2063	3280	4423			
	9	1637	2583	4637	6607	6640	6667	233	513	1357	2173	—	—	1403	2070	3280	4430			
	10	1647	2587	4667	6667	6663	4687	243	530	1377	2210	—	—	1403	2057	3290	4430			
	11	1653	2607	—	—	—	—	250	547	—	—	—	—	1403	2060	—	—	—	—	
	12	1660	2620	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1407	—	—	—	—	—	
	13	1667	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Tabelle 40. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Säule	Ge- messen Nr.	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $d_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $d'_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $d''_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$									
			12 530	22 900	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 900	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 900	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800									
43	1	487	1040	1607	2813	4193	6023	10427	20	57	120	237	423	743	1900	467	983	1487	2577	3770	5280	8527										
	2	503	1053	1637	2893	4277	6223	11283	27	70	117	257	457	803	2183	477	983	1520	2637	3820	5420	9100										
	3	510	1063	1653	2917	4330	6290	11800	33	80	127	483	837	2233	477	983	1527	2650	3847	5453	9567	9610										
	4	513	1067	1657	2940	4380	6400	12007	33	77	127	280	510	903	2397	480	990	1530	2660	3870	5497	9533	9750									
	5	517	1067	1663	2973	4423	6467	12263	33	77	127	287	523	933	2513	480	990	1537	2687	3900	5533	9533	9750									
	6	1067	1663	2987	4430	6517	12427	—	—	—	—	307	533	—	—	—	—	—	—	2673	3897	—	—									
	7	7	3017	4480	3000	4437	4503	3033	3047	4520	3043	337	557	540	327	540	333	557	570	337	577	2683	3923	2697	3933	2710	3943					
	8	9	3017	4480	3000	4437	4503	3033	3047	4520	3043	337	557	540	327	540	333	557	570	337	577	2683	3923	2697	3933	2710	3943					
	10	11	3017	4480	3000	4437	4503	3033	3047	4520	3043	337	557	540	327	540	333	557	570	337	577	2683	3923	2697	3933	2710	3943					
	11	11	747	1540	2317	3890	5643	8083	16100	80	157	240	487	847	1563	240	847	1563	253	520	913	1760	2077	3403	4797	6520	10147					
44	1	763	1560	2357	3993	5770	8470	18140	83	183	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970			
	2	763	1580	2373	4030	5840	8620	19367	83	183	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970			
	3	763	1587	2387	4073	5940	8813	19927	87	183	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970			
	4	770	1583	2397	4107	5993	8973	20493	177	177	283	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970			
	5	770	1583	2397	4137	6030	9097	20897	—	—	283	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970	1887	280	543	970			
	6	7	4163	6050	4163	6050	4180	6093	4197	6140	4213	6160	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177				
	8	8	4163	6050	4163	6050	4180	6093	4197	6140	4213	6160	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177				
	9	9	4163	6050	4163	6050	4180	6093	4197	6140	4213	6160	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177				
	10	10	4163	6050	4163	6050	4180	6093	4197	6140	4213	6160	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177				
	11	11	4163	6050	4163	6050	4180	6093	4197	6140	4213	6160	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177	4220	6177				
45	1	497	1097	1743	3057	4540	6543	23	57	123	277	527	913	277	527	913	473	1040	1620	2780	4013	5630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	2	503	1110	1763	3153	4650	6757	27	63	130	300	560	993	277	63	130	300	560	993	477	1047	1633	2853	4090	5673	—	—	—	—	—	—	
	3	510	1123	1787	3187	4713	6930	27	70	133	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—	
	4	517	1123	1797	3217	4777	7033	—	80	147	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—	
	5	1130	1803	3243	4830	7107	—	80	157	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
	6	1133	1810	3273	4857	7173	—	—	—	167	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—	
	7	1837	3283	4890	7173	—	—	—	173	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
	8	1840	3310	4920	7173	—	—	—	173	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
	9	1847	3330	4957	7173	—	—	—	173	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
	10	1854	3340	4977	7173	—	—	—	173	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
	11	1861	3353	4983	7173	—	—	—	173	300	560	993	277	63	130	300	560	993	483	1053	1653	2857	4137	5877	—	—	—	—	—	—		
46	1	580	1317	2163	3670	5223	7560	23	107	230	487	893	1740	23	107	230	487	893	1740	23	107	230	487	893	1740	23	107	230	487	893	1740	
	2	583	1350	2213	3740	5357	7837	30	120	267	500	967	1923	30	120	267	500	967	1923	30	120	267	500	967	1923	30	120	267	500	967	1923	
	3	593	1377	2247	3753	5447	8073	30	127	277	510	1030	2077	30	127	277	510	1030	2077	30	127	277	510	1030	2077	30	127	277	510	1030	2077	
	4	593	1387	2257	3813	5517	8227	30	133	277	510	1093	2187	30	133	277	510	1093	2187	30	133	277	510	1093	2187	30	133	277	510	1093	2187	
	5	1390	2280	3853	5580	8359	—	30	137	277	510	1140	2280	30	137	277	510	1140	2280	30	137	277	510	1140	2280	30	137	277	510	1140	2280	
	6	1400	2290	3877	5630	—	—	30	142	277	510	1140	2280	30	142	277	510	1140	2280	30	142	277	510	1140	2280	30	142	277	510	1140	2280	
	7	1400	2300	3903	5677	—	—	30	147	277	510	1140	2280	30	147	277	510	1140	2280	30	147	277	510	1140	2280	30	147	277	510	1140	2280	
	8	1400	2307	3923	5713	—	—	30	152	277	510	1140	2280	30	152	277	510	1140	2280	30	152	277	510	1140	2280	30	152	277	510	1140	2280	
	9	1400	2317	3947	5757	—	—	30	157	277	510	1140	2280	30	157	277	510	1140	2280	30	157	277	510	1140	2280	30	157	277	510	1140	2280	
	10	1400	2327	3967	5800	—	—	30	162	277	510	1140	2280	30	162	277	510	1140	2280	30	162	277	510	1140	2280	30	162	277	510	1140	2280	
	11	1400	2337	3977	5823	—	—	30	167	277	510	1140	2280	30	167	277	510	1140	2280	30	167	277	510	1140	2280	30	167	277	510	1140	2280	

Tabelle 40. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Tabelle 40 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Spiralen aus 7 mm-Eisen.

Tabelle 41. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Tabelle 41 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Spiralen aus 12-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-6}$												Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-6}$												Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-6}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12330	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800						
in der Mitte	1	530	1143	1783	3003	4343	6180	10393	14127	53	103	197	317	493	783	1830	477	1040	1587	2687	3850	5397	5397	8563						
	2	540	1163	1813	3083	4457	6330	11017	57	113	187	330	533	847	2093	483	1050	1627	2753	3923	5483	5483	8923							
	3	557	1183	1833	3110	4510	6433	11327	60	120	207	340	547	890	2213	497	1063	1627	2770	3963	5543	5543	9113							
	4	567	1197	1847	3150	4553	6533	11613	60	127	210	363	560	930	2327	507	1070	1637	2787	3993	5603	5603	9287							
	5	577	1200	1857	3170	4590	6590	11787	60	147	213	377	597	963	2400	517	1053	1643	2793	3993	5627	5627	9387							
	6	580	1210	1863	3187	4640	6637	11893		153	220	377	597				1057	1643	2810	4043										
	7		1213	1867	3203	4653				153	200	377	603				1060	1667	2827	4050										
	8		1193	1850	3217	4677				203	387	603					1647	2830	4073											
	9		1860	3227	4690					227	393	627					1633	2833	4063											
	10		1880	3243	4717					227	397	643					1653	2847	4073											
	11		1883	3250	4733																									
am Ende	1	560	1250	2007	3627	5210	7177	11660	16017	43	127	287		693	1133	1753	3617	517	1123	1720	2933	4077	5423	5423	8043					
	2	580	1280	2050	3763	5353	7343	12430		57	147	293		753	1220	1880	4060	523	1133	1757	3010	4133	5463	5463	8370					
	3	587	1297	2097	3813	5427	7460	12837		57	153	310		797	1267	1973	4300	530	1143	1787	3017	4160	5487	5487	8537					
	4	593	1313	2103	3873	5473	7567	13203		60	160	317		833	1307	2050	4533	533	1153	1787	3040	4167	5517	5517	8670					
	5	597	1320	2117	3900	5517	7633	13443		60	180	330		860	1363	2123	4710	533	1140	1787	3040	4153	5510	5510	8733					
	6	603	1333	2137	3927	5587	7700	13640			187	353		870	1427			1147	1783	3057	4160									
	7		1340	2150	3950	5607					187	353		883	1420			1153	1797	3067	4187									
	8		1347	2160	3967	5627					363	910		1430					1797	3057	4197									
	9		2167	3987	5650						383	927		1463					1783	3060	4187									
	10		2190	4013	5687						390	930		1490					1800	3083	4197									
	11			2200	4020	5707																								

Tabelle 42. Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $d_b$ in $\% \cdot 10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $d_b'$ in $\% \cdot 10^{-5}$										Federnde Verkürzung — $d_b''$ in $\% \cdot 10^{-5}$				
			12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73770	98500	145800				
in der Mitte	1	480	1030	1650	2883	4373	6280	10850	11883	0	23	110	273	640	1080	2803	480	1007	1507	2610	3733	5200	8047				
	2	483	1050	1677	2960	4453	6450	11883	—3	53	133	293	660	1147	3227	487	997	1543	2667	3793	5303	8323					
	3	487	1073	1700	3007	4557	6550	12383	—3	60	147	317	707	1227	3557	490	1013	1553	2690	3850	5323	8827					
	4	487	1077	1797	3043	4593	6683	12883	—3	67	150	343	730	1290	3833	493	1010	1557	2700	3870	5427	5393	9070				
	5	1083	1730	3093	4643	6757	6810	—	70	150	393	773	1330	—	1013	1580	2700	3870	5427	2710	3880						
	6	1093	1720	3107	4673	6753	6810	—	70	150	410	793	—	1023	—	1023	—	2697	2710	3910	2710	3907					
	7	1090	—	—	—	3153	4720	—	—	—	443	810	—	—	—	—	—	2710	2710	3907	2710	3907					
	8	—	—	—	3180	4740	—	—	—	—	470	833	—	—	—	—	—	2740	2740	3940	2740	3940					
	9	—	—	—	3220	4780	—	—	—	—	480	840	—	—	—	—	—	2743	2743	3933	2743	3933					
	10	—	—	—	3237	4797	—	—	—	—	493	863	—	—	—	—	—	2743	2743	3933	2743	3933					
am Ende	1	533	1103	1730	2940	4367	6283	10980	11867	10	53	137	297	657	1103	2690	523	1050	1593	2643	3710	5180	8290				
	2	530	1123	1753	3007	4460	6440	11867	11867	10	67	150	330	693	1180	2750	520	1057	1603	2677	3767	5260	9117				
	3	530	1170	3037	4550	6547	12347	12347	12347	13	80	160	347	723	1253	3347	517	1057	1610	2697	3847	5293	9000				
	4	533	1143	1783	3070	4593	6677	12780	12780	83	173	373	760	1307	3567	517	1060	1610	2697	3833	5370	9213					
	5	1143	1787	3110	4627	6750	6793	—	80	163	417	790	1350	—	1063	1623	2693	3837	5400	1063	2687	3840					
	6	1153	1780	3117	4663	6793	—	—	90	—	430	823	—	—	—	—	—	2703	2703	3860	2713	3860					
	7	1150	—	—	3160	4690	—	—	—	—	457	830	—	—	—	—	—	2697	2697	3860	2713	3860					
	8	—	—	—	3183	4720	—	—	—	—	487	850	—	—	—	—	—	2717	2717	3860	2713	3860					
	9	—	—	—	3213	4753	—	—	—	—	497	863	—	—	—	—	—	2717	2717	3860	2713	3860					
	10	—	—	—	3223	4760	—	—	—	—	510	883	—	—	—	—	—	2713	2713	3877	2713	3877					
in der Mitte	1	500	1103	1687	2917	4220	6100	10673	11640	37	113	150	340	543	963	2537	480	990	1537	2577	3677	5137	8137				
	2	523	1130	1727	2983	4313	6297	11640	11640	37	113	173	343	617	1090	2983	487	1017	1553	2640	3697	5207	8657				
	3	533	1133	1733	3007	4387	6440	12207	12207	53	117	177	367	627	1163	3437	480	1017	1557	2640	3760	5277	9070				
	4	543	1140	1753	3040	4450	6533	12573	12573	60	120	190	373	663	1217	3433	483	1020	1563	2667	3787	5317	9140				
	5	547	1147	1767	3043	4467	6597	12697	12697	60	120	200	380	700	1270	487	1020	1563	2663	3787	5327	9140					
	6	550	1173	1773	3063	4490	6677	—	—	—	190	400	713	—	—	—	—	1583	2663	3777	—	—	—	—	—	—	
	7	553	1177	3077	4550	6767	12773	12773	12773	70	133	223	413	737	1347	3470	493	1407	1583	2663	3813	5327	9140				
	8	560	1177	1807	3087	4573	6840	12930	12930	67	133	223	427	763	1407	3470	493	1407	1583	2663	3820	5327	9140				
	9	563	1180	1820	3090	4583	6913	12930	12930	6913	70	227	433	780	1407	3470	493	1407	1583	2663	3823	5327	9140				
	10	563	1180	1827	3107	4607	7093	—	—	—	427	767	767	—	—	—	—	2677	2677	3820	2690	3840					
am Ende	1	530	1147	1740	2987	4360	6377	10577	11640	37	117	183	387	620	1080	2660	493	1030	1557	2600	3740	5297	7917				
	2	550	1173	1773	3040	4447	6597	12143	12143	53	127	200	400	690	1217	3050	497	1047	1573	2640	3757	5380	9093				
	3	557	1177	1797	3063	4527	6740	12643	12643	63	130	210	413	710	1293	3243	493	1047	1587	2650	3847	5447	9400				
	4	560	1177	1807	3087	4573	6840	12930	12930	67	133	223	433	737	1347	3470	493	1043	1583	2653	3853	5459	9460				
	5	563	1180	1827	3120	4637	6997	—	—	70	227	443	427	780	1407	3470	493	1407	1583	2663	3853	5459	9460				
	6	570	1180	1827	3133	4710	7103	—	—	—	227	453	467	827	827	827	467	827	1583	2667	3883	2667	3883				
	7	570	1180	1827	3133	4733	7103	—	—	—	227	453	470	853	853	853	470	853	1583	2663	3880	2663	3880				
	8	570	1180	1827	3150	4733	7103	—	—	—	227	453	480	853	853	853	480	853	1583	2663	3887	2663	3887				
	9	570	1180	1827	3167	4740	7103	—	—	—	227	453	480	853	853	853	480	853	1583	2663	3887	2663	3887				
	10	570	1180	1827	3170	4743	7103	—	—	—	227	453	480	853	853	853	480	853	1583	2663	3887	2663	3887				
	11	570	1180	1827	3173	4743	7103	—	—	—	227	453	480	853	853	853	480	853	1583	2663	3887	2663	3887				

Tabelle 42 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten

auf 2090 kg Anfangsbelastung. Ohne Bewehrung.

Tabelle 42 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons der achtseitigen Säulen. 137

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung $\delta_b'$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta_b''$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$															
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800												
1	447	1010	1650	3153	4617	6737	77	167	273	383	667	1207	370	843	1377	2770	3950	5530	5530	3970	1373	2793	3970	5680	5680	—	—	—	—	—	—											
2	460	1023	1677	3217	4739	6970	90	197	303	423	760	1290	370	827	1373	2793	3953	5723	5723	3970	1383	2823	4053	5723	5723	—	—	—	—	—	—											
3	453	1037	1690	3273	4857	7093	90	193	307	450	803	1370	363	843	1383	2837	4097	5750	5750	3970	1383	2837	4097	5750	5750	—	—	—	—	—	—											
4	457	1040	1693	3290	4910	7197	87	207	333	453	813	1447	370	833	1360	2837	4097	5750	5750	3970	1383	2847	4097	5800	5800	—	—	—	—	—	—											
5	453	1043	1697	3313	4927	7297	90	207	317	467	830	1497	363	837	1380	2847	4097	5800	5800	3970	1380	2847	4097	5800	5800	—	—	—	—	—	—											
6	460	1047	1703	3340	4967	7360	93	210	343	493	870	1510	367	837	1360	2847	4097	5850	5850	3970	1440	2843	4113	5843	5843	—	—	—	—	—	—											
7	463	1057	1723	3347	5000	7500	93	227	283	503	887	1580	370	823	1430	2853	4137	5890	5890	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—											
8	463	1060	1713	3363	5033	7513	93	237	283	510	897	1623	370	827	1660	2857	4140	5903	5903	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—											
9	463	1060	1933	3377	5050	7557	—	93	233	273	520	910	1653	—	370	1663	2877	4143	5900	5900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
10	463	1060	1920	3403	5077	7603	93	257	327	933	1703	370	367	1663	370	1663	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—									
11	460	1923	3410	5083	7650	—	260	260	260	260	260	260	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
12	457	1923	1923	5083	87	90	90	90	90	90	90	90	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
13	460	1923	1923	5083	90	90	90	90	90	90	90	90	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
14	460	1923	1923	5083	90	90	90	90	90	90	90	90	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
15	460	1923	1923	5083	90	90	90	90	90	90	90	90	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
16	467	1923	1923	5083	90	90	90	90	90	90	90	90	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370	370										
17	507	1100	1723	3033	4290	6080	—	13	67	170	357	617	1077	—	493	1033	1553	2677	3673	5003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
18	507	1117	1763	3077	4377	6257	—	17	83	180	397	707	1153	—	490	1033	1583	2680	3670	5103	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
19	503	1123	1777	3103	4467	6350	—	7	83	180	420	727	1227	—	497	1040	1597	2683	3740	5123	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
20	503	1137	1757	3133	4497	6440	—	3	103	190	423	743	1277	—	500	1033	1597	2710	3753	5163	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
21	503	1143	1787	3143	4520	6513	—	0	100	190	443	760	1323	—	503	1043	1597	2700	3760	5160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
22	507	1143	1793	3157	4547	6570	—	3	107	193	453	790	1337	—	503	1037	1600	2703	3757	5233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
23	513	1147	1810	3163	4580	6637	—	10	107	207	470	807	1393	—	503	1040	1603	2693	3773	5210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
24	520	1150	1810	3177	4607	6677	—	20	110	210	477	820	1440	—	500	1040	1600	2700	3787	5233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
25	520	1153	1827	3197	4610	6707	—	23	107	217	483	827	1467	—	497	1047	1610	2713	3783	5240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
26	517	1157	1833	3203	4630	6747	—	30	217	490	840	1497	—	487	—	500	1017	1617	2713	3790	5250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	520	1837	3210	4637	6790	—	20	220	220	220	220	220	220	—	503	1037	1617	2717	3790	5250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
28	520	1843	—	—	—	—	—	17	27	27	27	27	27	—	493	—	500	1000	1600	2700	3780	5240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	527	14	—	—	—	—	—	14	27	27	27	27	27	—	500	—	500	1000	1600	2700	3780	5240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	530	15	—	—	—	—	—	15	27	27	27	27	27	—	500	—	500	1000	1600	2700	3780	5240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	533	16	—	—	—	—	—	16	27	27	27	27	27	—	500	—	500	1000	1600	2700	3780	5240	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

138 Tabelle 43. Längenänderungen des Betons am Ende und in der Mitte der Säulen.

Achteckige Säulen: 28 bis 45 und 65 bis 67 bewehrt, längs mit 8 Eisen von 1,4 cm Durchmesser; Abstand der Querbewehrungen = 3 cm.

Säule Nr.	Querbewehrung Eisen- durch- messer cm	Form	Gesamtverkürzung $\delta_b$ in $10^{-5}$												Bleibende Verkürzung $\delta'_b$ in $10^{-5}$												Federnde Verkürzung $\delta''_b$ in $10^{-5}$
			72530	22960	33330	53750	73770	98500	145800	124530	229600	333300	537500	737700	985000	1458000	1245300	2296000	3333000	5375000	737700	985000	1458000				
28	0,5	am Ende	713	1507	2297	3923	5490	7503	13850	130	250	363	677	1027	1500	3913	580	1253	1930	3223	4463	5947	9720	10053			
29			703	1467	2353	3900	5697	8233	16793	130	243	573	630	1897	1660	1330	573	1183	2140	3323	4613	6257	10007				
30		Ende	650	1410	2170	3750	5433	7467	12917	77	227	363	713	1197	1817	4150	573	1183	2030	4223	5590	8387	10160				
Mittel			<b>689</b>	<b>1461</b>	<b>2273</b>	<b>3858</b>	<b>5540</b>	<b>7734</b>	<b>14490</b>	<b>81</b>	<b>202</b>	<b>323</b>	<b>654</b>	<b>1095</b>	<b>1738</b>	<b>4798</b>	<b>604</b>	<b>1255</b>	<b>2026</b>	<b>3192</b>	<b>4423</b>	<b>5931</b>	<b>9371</b>				
28	f ge- schweißt	in der Mitte	607	1227	1887	3317	4817	6790	12427	120	200	273	470	690	973	2240	480	1030	1607	2817	4123	5730	10053	13033			
29			620	1337	2100	3887	5830	8480	18623	30	113	193	527	903	1397	5123	587	1220	1893	3343	4900	7017	10160				
30		Ende	517	1247	1903	3293	4867	7027	13420	37	217	313	507	753	1140	2793	480	1023	1590	2783	4103	5827	—				
Mittel			<b>581</b>	<b>1270</b>	<b>1963</b>	<b>3499</b>	<b>5171</b>	<b>7432</b>	<b>14823</b>	<b>62</b>	<b>177</b>	<b>260</b>	<b>501</b>	<b>782</b>	<b>1170</b>	<b>33855</b>	<b>516</b>	<b>1697</b>	<b>2981</b>	<b>4375</b>	<b>6191</b>	<b>11082</b>					
31	0,7	Ring Ringe	540	1167	1817	3167	4510	6363	12263	50	127	237	497	783	1210	3660	490	1033	1573	2663	3720	5090	8440	—			
32			673	1487	2370	4133	5820	8043	—	60	180	317	710	1157	1780	—	610	1303	2050	3413	4650	6167	—				
33		Ende	583	1340	2180	4157	6303	8690	—	60	143	357	1017	1887	2793	—	573	1183	1813	3117	4383	5823	—				
Mittel			<b>599</b>	<b>1331</b>	<b>2122</b>	<b>3819</b>	<b>5544</b>	<b>7699</b>	<b>—</b>	<b>39</b>	<b>150</b>	<b>304</b>	<b>741</b>	<b>1276</b>	<b>1928</b>	<b>—</b>	<b>558</b>	<b>1173</b>	<b>1812</b>	<b>3064</b>	<b>4251</b>	<b>5633</b>	<b>—</b>				
31	0,7	in der Mitte	583	1207	1893	3370	5007	7330	15063	70	127	227	443	697	1073	3590	513	1077	1647	2920	4303	6507	11240	—			
32			567	1203	1867	3307	4887	6900	—	67	153	233	447	710	1033	—	490	1047	1633	2853	4173	5793	—				
33		Ende	443	1020	1683	3193	4833	6897	—	103	240	370	573	837	1123	—	333	777	1263	2620	3990	5737	—				
Mittel			<b>531</b>	<b>1143</b>	<b>1814</b>	<b>3290</b>	<b>4909</b>	<b>7042</b>	<b>—</b>	<b>90</b>	<b>173</b>	<b>277</b>	<b>488</b>	<b>748</b>	<b>1076</b>	<b>—</b>	<b>445</b>	<b>967</b>	<b>1530</b>	<b>2798</b>	<b>4155</b>	<b>6012</b>	<b>—</b>				
34	0,5	am Ende	(770)	(1787)	(3033)	(5523)	(8203)	(12133)	—	(53)	(253)	(687)	(1717)	(3023)	(4920)	—	(717)	(1533)	(2320)	(3780)	(5103)	(6987)	—	8423			
35			540	1147	1807	3360	4807	6607	11947	60	123	203	533	847	1233	3373	487	1020	1603	2810	3947	5350	8423				
36		Ende	760	1487	2233	3810	5570	7887	—	120	220	347	660	1130	1800	—	630	1263	1877	1343	2363	3480	4920	—			
Mittel			<b>650</b>	<b>1317</b>	<b>2015</b>	<b>3585</b>	<b>5189</b>	<b>7247</b>	<b>—</b>	<b>90</b>	<b>172</b>	<b>275</b>	<b>597</b>	<b>989</b>	<b>1517</b>	<b>—</b>	<b>559</b>	<b>1142</b>	<b>1740</b>	<b>2979</b>	<b>4175</b>	<b>6004</b>	<b>—</b>				
34	0,5	in der Mitte	543	1173	1983	3560	5400	7993	—	3	77	260	543	923	1390	—	540	1097	1707	3013	4437	6503	—	11393			
35			597	1270	2010	3677	5490	7800	15390	60	113	197	463	793	1180	3397	550	1153	1803	3193	4670	6577	11393				
36		Ende	513	1023	1573	2090	4143	5937	80	143	223	383	647	937	—	427	877	1343	1877	3147	4403	6657	—				
Mittel			<b>551</b>	<b>1155</b>	<b>1855</b>	<b>3109</b>	<b>5011</b>	<b>7243</b>	<b>—</b>	<b>48</b>	<b>111</b>	<b>227</b>	<b>463</b>	<b>788</b>	<b>1169</b>	<b>—</b>	<b>506</b>	<b>1042</b>	<b>1618</b>	<b>2856</b>	<b>4196</b>	<b>6000</b>	<b>—</b>				
37	0,7	gehakte Ringe	637	1317	2073	3760	5657	8333	13580	57	110	213	503	923	1607	3453	580	1200	1860	3250	4707	6630	10127	10220			
38			607	1303	2120	4153	6390	9260	19510	57	137	280	833	1670	2790	8857	547	1163	1837	3293	4680	6337	10220				
39		Ende	557	1187	1877	3293	4837	6480	12263	13	27	107	320	677	940	2873	543	1157	1770	2967	4157	5507	9197				
Mittel			<b>600</b>	<b>1269</b>	<b>2023</b>	<b>3735</b>	<b>5628</b>	<b>8024</b>	<b>15118</b>	<b>42</b>	<b>91</b>	<b>200</b>	<b>552</b>	<b>1090</b>	<b>1779</b>	<b>5061</b>	<b>557</b>	<b>1173</b>	<b>1822</b>	<b>3170</b>	<b>4515</b>	<b>6158</b>	<b>9848</b>				
37	0,7	in der Mitte	567	1203	1880	3357	4943	7057	11093	70	130	207	430	677	1000	1940	497	1073	1677	2923	4250	5987	9153	10023			
38			503	1047	1617	2887	4303	6153	11117	40	90	157	313	573	847	2107	467	953	1460	2563	3707	5250	8877				
39		Ende	513	1080	1743	3180	4794	6567	12753	10	13	90	297	620	843	2543	500	1057	1657	2880	4177	5723	10023				
Mittel			<b>528</b>	<b>1110</b>	<b>1747</b>	<b>3141</b>	<b>4680</b>	<b>6592</b>	<b>11648</b>	<b>40</b>	<b>78</b>	<b>151</b>	<b>347</b>	<b>623</b>	<b>897</b>	<b>2197</b>	<b>488</b>	<b>1028</b>	<b>1598</b>	<b>2789</b>	<b>4045</b>	<b>5653</b>	<b>9351</b>				

Tabelle 43. Längenänderungen des Betons am Ende und in der Mitte der Säulen. 139

Achteckige Säulen: 28 bis 45 und 65 bis 67 bewehrt, längs mit 8 Eisen von 1,4 cm Durchmesser, Abstand der Querbewehrungen = 3 cm.

Säule Nr.	Querbewehrung Eisen- durch- messer cm	Form	Gesamtverkürzung $\delta_b$ in $\% \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung $\delta'_b$ in $\% \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung $\delta''_b$ in $\% \cdot 10^{-5}$		
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750		
40			647	1407	2190	3883	5510	7400	12 320	53	163	287	717	1237	1770	3777	590	1243	1887	3147	4257	5583	8420						
41			873	1963	3240	5850	8920	13 950	—	100	287	663	1623	2957	5307	—	773	1667	2570	4193	5887	5397	—						
42			757	1667	2620	4687	6663	9010	—	53	253	547	1277	2210	3147	—	700	1497	2060	4430	5488	5397	—						
Mittel			<b>759</b>	<b>1679</b>	<b>2683</b>	<b>4807</b>	<b>7031</b>	<b>10120</b>	—	<b>69</b>	<b>261</b>	<b>499</b>	<b>1239</b>	<b>2135</b>	<b>3408</b>	—	<b>688</b>	<b>1439</b>	<b>2172</b>	<b>3543</b>	<b>4858</b>	<b>5561</b>	—						
40		0,5	am Ende	547	1167	1817	3193	4670	6657	12 087	50	100	167	323	560	857	2057	493	1067	1643	2853	4083	5753	9897					
41		0,5	in der Mitte	577	1227	1947	3527	5347	7853	—	53	113	233	490	830	1290	—	547	1103	1713	3030	4473	6470	—					
42		0,5		567	1313	2093	3740	5477	7843	—	0	117	253	513	827	1260	—	567	1183	1810	3293	4637	6517	—					
Mittel		0,5		<b>564</b>	<b>1236</b>	<b>1952</b>	<b>3487</b>	<b>5165</b>	<b>7451</b>	—	<b>34</b>	<b>110</b>	<b>218</b>	<b>442</b>	<b>739</b>	<b>1136</b>	—	<b>526</b>	<b>1118</b>	<b>1625</b>	<b>3029</b>	<b>4398</b>	<b>6247</b>	—					
43		0,7	am Ende	770	1583	2397	4220	6177	9097	20 897	87	177	283	663	1157	2147	8393	683	1497	2113	3550	5007	6827	12 100					
44		0,7		593	1400	2317	3977	5823	8350	—	39	137	310	697	1313	2280	—	563	1253	1990	3240	4487	6070	—					
45		0,7		870	1890	2963	4840	6913	10 537	17 430	73	220	397	747	1290	2753	7153	790	1663	2567	4083	5567	7730	10 610					
Mittel		0,7		<b>744</b>	<b>1624</b>	<b>2559</b>	<b>4346</b>	<b>6304</b>	<b>9328</b>	—	<b>63</b>	<b>178</b>	<b>330</b>	<b>702</b>	<b>1253</b>	<b>2393</b>	—	<b>679</b>	<b>1441</b>	<b>2223</b>	<b>3634</b>	<b>5020</b>	<b>6876</b>	—					
43		1,0	in der Mitte	517	1067	1663	3043	4520	6517	12 427	33	77	127	337	577	933	2513	480	990	1537	2710	3943	5533	9750					
44		1,0		517	1133	1847	3353	4983	7173	—	27	80	173	413	713	1117	—	483	1050	1667	2927	4263	5990	—					
45		1,0		663	1397	2150	3737	5593	8377	13 527	77	163	260	463	783	1300	2973	580	1230	1883	3267	4797	7067	10 553					
Mittel		1,0		<b>566</b>	<b>1199</b>	<b>1887</b>	<b>3378</b>	<b>5032</b>	<b>7356</b>	—	<b>46</b>	<b>107</b>	<b>187</b>	<b>404</b>	<b>691</b>	<b>1117</b>	—	<b>514</b>	<b>1090</b>	<b>1696</b>	<b>2968</b>	<b>4334</b>	<b>6197</b>	—					
55		1,2	am Ende	990	1790	2813	4993	7110	9363	18 263	63	163	437	1140	1850	2653	6317	920	1623	2367	3830	5247	6977	11 210					
66		1,2		573	1310	2120	3923	5590	7727	—	67	180	323	767	1217	1800	—	597	1117	1790	3133	4353	5890	—					
67		1,2		603	1347	2150	4020	5707	7700	13 640	60	187	390	930	1490	2123	4710	533	1153	1800	3083	4197	5510	8733					
Mittel		1,2		<b>722</b>	<b>1482</b>	<b>2378</b>	<b>4312</b>	<b>6136</b>	<b>8263</b>	—	<b>63</b>	<b>177</b>	<b>383</b>	<b>946</b>	<b>1517</b>	<b>2192</b>	—	<b>653</b>	<b>1298</b>	<b>1986</b>	<b>2849</b>	<b>4599</b>	<b>6126</b>	—					
55		1,5	in der Mitte	(50)	(1043)	(1557)	(2917)	(4397)	(6332)	(11927)	(13)	(33)	(-13)	(170)	(383)	(663)	(2213)	(487)	(1007)	(1567)	(2749)	(4013)	(5020)	(9537)					
66		1,5		530	1180	1817	3233	4807	6930	—	33	143	200	373	600	930	—	497	1023	1620	2847	4190	5973	—					
67		1,5		580	1193	1883	3256	4733	6637	11 893	60	153	227	397	643	963	2400	517	1060	1653	2847	4073	5627	9387					
Mittel		1,5		<b>555</b>	<b>1187</b>	<b>1850</b>	<b>3242</b>	<b>4770</b>	<b>6784</b>	—	<b>47</b>	<b>148</b>	<b>214</b>	<b>385</b>	<b>622</b>	<b>947</b>	—	<b>507</b>	<b>1042</b>	<b>1637</b>	<b>2847</b>	<b>4131</b>	<b>5800</b>	—					
46		i	am Ende	533	1150	1780	3230	4797	6793	12 780	13	90	163	510	883	1350	3567	517	1063	1623	2713	3877	5400	9213					
47		i		570	1180	1827	3180	4790	6997	12 930	70	133	227	493	857	1407	3470	493	1043	1600	2677	3907	5507	9460					
48		i		533	1157	1843	3210	4637	6790	—	30	107	220	490	840	1497	—	500	1047	1617	2713	3790	5250	—					
Mittel		i		<b>545</b>	<b>1162</b>	<b>1817</b>	<b>3207</b>	<b>4741</b>	<b>6860</b>	—	<b>38</b>	<b>110</b>	<b>203</b>	<b>498</b>	<b>860</b>	<b>1418</b>	—	<b>503</b>	<b>1051</b>	<b>1613</b>	<b>2701</b>	<b>3858</b>	<b>5386</b>	—					
46		unbewehrt	in der Mitte	487	1090	1720	3243	4820	6810	12 883	-3	70	150	493	863	1330	3813	490	1023	1580	2743	3933	5427	9070					
47		unbewehrt		550	1147	1773	3130	4633	6677	12 573	60	120	190	427	767	1270	3433	487	1020	1583	2660	3840	5327	9140					
48		unbewehrt		467	1060	1923	3410	5083	7650	—	93	233	260	527	933	1703	—	367	827	1663	2877	4143	5900	—					
Mittel		i		<b>501</b>	<b>1099</b>	<b>1805</b>	<b>3261</b>	<b>4845</b>	<b>7046</b>	—	<b>50</b>	<b>141</b>	<b>200</b>	<b>482</b>	<b>854</b>	<b>1434</b>	—	<b>448</b>	<b>957</b>	<b>1605</b>	<b>2770</b>	<b>3972</b>	<b>5551</b>	—					

Tabelle 44. Längenänderungen der achtsitzigen Säulen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bis 174240 kg Belastung.  
Letzte Beobachtungen nach wiederholtem Belasten und Entlasten (s. Tab. 35 bis 42).

Säulen Nr.	Querbewehrung Form	Gesamtverkürzung in $\% \cdot 10^{-4}$										Bleibende Verkürzung in $\% \cdot 10^{-4}$										Federnde Verkürzung in $\% \cdot 10^{-4}$										
		12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800		
28		109	226	333	542	741	976	1621	1899	37	77	109	189	251	320	559	73	149	219	355	488	657	1062									
29		89	192	293	506	749	1047	1982	2425	18	42	65	126	216	314	728	71	150	229	380	533	731	1254									
30		115	225	335	565	786	1057	1800	2177	29	70	111	203	280	367	676	87	155	224	363	506	690	1124									
Mittel		<b>104</b>	<b>214</b>	<b>320</b>	<b>538</b>	<b>759</b>	<b>1027</b>	<b>1801</b>	<b>2167</b>	<b>28</b>	<b>63</b>	<b>95</b>	<b>173</b>	<b>249</b>	<b>334</b>	<b>654</b>	<b>77</b>	<b>151</b>	<b>224</b>	<b>366</b>	<b>509</b>	<b>693</b>	<b>1147</b>									
31	Ring	113	232	344	549	757	1033	1789	2057	39	78	121	196	265	356	681	74	154	223	353	492	678	1108									
32		98	207	321	522	720	985	1575	2031	22	57	93	155	213	291	466	76	150	228	367	507	694	1109									
33		90	199	311	519	733	970	1500	1783	22	58	100	169	252	326	681	68	141	211	350	481	645	1009									
Mittel		<b>100</b>	<b>213</b>	<b>325</b>	<b>530</b>	<b>737</b>	<b>996</b>	<b>1621</b>	<b>1957</b>	<b>28</b>	<b>64</b>	<b>105</b>	<b>173</b>	<b>243</b>	<b>324</b>	<b>546</b>	<b>73</b>	<b>148</b>	<b>221</b>	<b>357</b>	<b>493</b>	<b>672</b>	<b>1075</b>									
34		(156)	(314)	(468)	(727)	(978)	(1307)	(2273)	—	(69)	(136)	(216)	(329)	(435)	(556)	(943)	(87)	(176)	(251)	(397)	(544)	(751)	(1330)									
35		151	296	429	695	941	1297	2189	2623	74	142	204	324	429	581	995	78	155	226	369	513	714	1195									
36		120	226	332	543	739	1008	1729	2078	31	63	103	188	260	345	564	89	164	229	356	479	661	1165									
Mittel		<b>136</b>	<b>261</b>	<b>381</b>	<b>619</b>	<b>840</b>	<b>1153</b>	<b>1959</b>	<b>2351</b>	<b>52</b>	<b>103</b>	<b>154</b>	<b>256</b>	<b>345</b>	<b>463</b>	<b>780</b>	<b>84</b>	<b>160</b>	<b>228</b>	<b>363</b>	<b>496</b>	<b>688</b>	<b>1180</b>									
37	Ring	93	177	261	447	654	944	1749	2149	27	41	68	117	177	224	570	66	135	194	329	477	702	1179									
38		104	203	305	507	713	969	1777	2143	28	88	155	225	298	652	75	148	217	353	488	671	1125										
39		86	175	264	438	609	801	1483	1783	19	34	57	101	140	168	425	67	141	207	337	469	633	1057									
Mittel		<b>94</b>	<b>185</b>	<b>277</b>	<b>464</b>	<b>659</b>	<b>905</b>	<b>1670</b>	<b>2025</b>	<b>25</b>	<b>43</b>	<b>71</b>	<b>124</b>	<b>181</b>	<b>230</b>	<b>549</b>	<b>69</b>	<b>141</b>	<b>206</b>	<b>340</b>	<b>478</b>	<b>669</b>	<b>1120</b>									
40		(129)	(267)	(389)	(633)	859	1132	1831	2088	46	112	166	279	380	466	765	83	155	224	354	480	667	1067									
41		(115)	(242)	(363)	(579)	(821)	(1158)	(2042)	—	(33)	(74)	(120)	(190)	(276)	(402)	(736)	(82)	(168)	(244)	(389)	(545)	(756)	(1308)									
42		116	232	335	543	757	1027	1655	2075	25	67	104	174	243	336	577	92	164	231	370	513	691	1079									
Mittel		<b>123</b>	<b>249</b>	<b>362</b>	<b>588</b>	<b>808</b>	<b>1079</b>	<b>1743</b>	<b>2082</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>135</b>	<b>227</b>	<b>312</b>	<b>401</b>	<b>671</b>	<b>88</b>	<b>160</b>	<b>228</b>	<b>362</b>	<b>496</b>	<b>679</b>	<b>1073</b>									
43		106	226	327	547	778	1083	2018	2423	31	72	107	190	277	384	808	76	154	220	356	501	699	1210									
44		126	264	396	613	837	1149	1918	2860	27	125	207	286	396	697	927	105	177	247	378	510	724	1221									
45		169	300	413	624	869	1255	2106	2774	65	121	167	247	359	532	927	75	157	230	364	510	724	1180									
Mittel		<b>134</b>	<b>263</b>	<b>379</b>	<b>595</b>	<b>828</b>	<b>1162</b>	<b>2014</b>	<b>2686</b>	<b>41</b>	<b>90</b>	<b>133</b>	<b>215</b>	<b>307</b>	<b>437</b>	<b>811</b>	<b>93</b>	<b>172</b>	<b>246</b>	<b>380</b>	<b>521</b>	<b>725</b>	<b>1204</b>									
55		111	195	293	501	704	949	1665	1925	4	11	38	113	184	258	567	107	184	255	388	520	690	1098									
66		92	200	302	503	696	953	1566	1972	23	56	85	149	208	280	485	69	144	218	353	488	673	1081									
67		104	233	358	562	761	1004	1693	1939	29	77	128	197	267	344	641	75	157	230	364	494	661	1052									
Mittel		<b>102</b>	<b>209</b>	<b>318</b>	<b>522</b>	<b>720</b>	<b>969</b>	<b>1641</b>	<b>1945</b>	<b>19</b>	<b>48</b>	<b>84</b>	<b>153</b>	<b>220</b>	<b>294</b>	<b>564</b>	<b>84</b>	<b>162</b>	<b>234</b>	<b>368</b>	<b>501</b>	<b>675</b>	<b>1077</b>									
46		108	225	323	521	720	975	1705	—	28	67	97	175	240	319	613	80	158	225	345	479	656	1091									
47		156	297	428	640	822	1058	1696	—	64	124	183	274	341	419	664	92	173	245	366	481	639	1035									
48		121	238	361	580	793	1107	1646	—	40	85	140	232	313	448	—	81	153	222	348	478	659	—									
Mittel		<b>128</b>	<b>253</b>	<b>371</b>	<b>580</b>	<b>778</b>	<b>1047</b>	<b>1682</b>	<b>—</b>	<b>44</b>	<b>92</b>	<b>140</b>	<b>227</b>	<b>298</b>	<b>395</b>	<b>—</b>	<b>84</b>	<b>161</b>	<b>231</b>	<b>353</b>	<b>479</b>	<b>651</b>	<b>—</b>									

Tabelle 44. Längenänderungen der achtsitzigen Säulen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bis 174240 kg Belastung.

Tabelle 45. Längenänderungen der achtseitigen Säulen, gemessen zwischen den Druckplatten, bei Belastungen über 174 240 kg.

Säulen Nr.	Querbewehrung		Bedeutung der Werte	Belastungen $P$ in kg und die zugehörigen Gesamt-Verkürzungen $-\delta$ in $\text{mm} \cdot 10^{-4}$							
	Form	Eisen- durchmesser cm		$P$	194 650	206 010	194 650	184 500	174 240	163 870	
				$-\delta$	2 783	3 447	4 274	5 192	6 312	7 546	
28	ge- schweißte Ringe	0,5	$P$	186 730	180 440	174 240	163 870	—	—	—	
29			$-\delta$	3 741	4 541	5 180	6 634	—	—	—	
30			$P$	194 240	184 500	174 240	163 870	153 510	—	—	
31		0,7	$-\delta$	3 926	4 026	5 776	7 133	[8 851]	—	—	
32			$P$	204 800	214 530	215 960	212 910	204 800	—	—	
33			$-\delta$	3 082	4 634	[6 023]	[7 030]	[8 961]	—	—	
34	um- gehakte Ringe	0,5	$P$	203 790	202 770	200 740	—	—	—	—	
35			$-\delta$	4 031	[6 589]	[8 076]	—	—	—	—	
36			$P$	225 090	225 700	225 090	223 060	216 970	—	—	
37		0,7	$-\delta$	3 785	[5 124]	[5 525]	[7 211]	[8 114]	—	—	
38			$P$	174 240	181 170	184 500	174 240	163 870	—	—	
39			$-\delta$	2 623	3 773	4 670	5 838	7 150	—	—	
40	Spiralen	0,5	$P$	194 040	184 500	174 240	—	—	—	—	
41			$-\delta$	3 546	4 724	5 721	—	—	—	—	
42			$P$	203 790	209 050	204 800	—	—	—	—	
43		0,7	$-\delta$	3 915	5 110	7 804	—	—	—	—	
44			$P$	194 650	210 880	214 940	212 910	210 880	—	—	
45			$-\delta$	2 476	3 898	5 572	7 060	7 723	—	—	
46	1,2	0,5	$P$	204 800	205 410	200 740	194 650	184 500	—	—	
47			$-\delta$	3 084	3 641	4 715	5 423	6 584	—	—	
48			$P$	162 000	159 730	153 510	151 430	—	—	—	
49		0,7	$-\delta$	2 672	3 239	3 821	5 511	—	—	—	
50			$P$	194 650	190 590	184 500	174 240	—	—	—	
51			$-\delta$	3 540	4 563	5 763	6 872	—	—	—	
52	Spiralen	0,5	$P$	200 330	210 070	206 820	—	—	—	—	
53			$-\delta$	4 350	7 748	10 188	—	—	—	—	
54			$P$	177 740	191 000	192 420	190 590	—	—	—	
55		0,7	$-\delta$	3 517	6 724	7 935	11 722	—	—	—	
56			$P$	184 500	188 560	189 780	191 000	192 620	—	—	
57			$-\delta$	4 974	6 271	6 985	[8 050]	[9 266]	—	—	
58	1,2	0,5	$P$	204 800	230 370	293 240	—	—	—	—	
59			$-\delta$	2 736	4 101	8 701	—	—	—	—	
60		0,7	$P$	204 800	235 240	255 690	—	—	—	—	
61			$-\delta$	2 898	5 228	6 896	—	—	—	—	
62	1,2	0,5	$P$	204 800	224 080	245 440	—	—	—	—	
63			$-\delta$	2 653	3 669	6 361	—	—	—	—	

Tabelle 46. Festigkeit der achtseitigen Säulen.

Querschnitt = 900 qcm; Länge = 1,3 m; Alter = 90 Tage. Längsbewehrung: 8 Rundeisen von 1,4 cm Durchmesser.

Versuch Nr.	Säule			Querbewehrung			Belastung beim Beginn der Rißbildung			Bruchbelastung			Eisen für Querbewehrung		
	Nr.	angefertigt bei mittlerer Zimmer- wärme C°		Form	Eisen- durch- messer cm	Längs- abstand cm	P kg	Säulen P kg	des zu- gehörigen Würfels P kg	Festigkeit der Säule zu Würfel $P \cdot 100$ $P_1 \cdot 100$	Verhältnis der Bruch- lastungen, unbewehrt geg. gesetzt	Spannungen kg/qcm	Bruch- dehnung %		
		relative Luft- feuchtigkeit %	relative Luft- feuchtigkeit %												
39	28	19	58	f	0,5		194650	206910	222300	93					
52	29	20	70				174240	186730	190500	98	112,0	3050	4330	23,8	
62	30	19,5	50				174240	194240	201200	97					
Mittel	20	59					181040	195660	204670	96					
41	31	20	50				174240	215950	215700	100					
50	32	17	70	schweißte Ringe	0,7		145970	20380	195800	104					
63	33	17,5	69				145970	225700	215700	105	123,1	2870	4040	24,3	
Mittel	18	63					155390	215140	209070	103					
23	34	15	53				145860	(165320)	201200	(82)					
24	35	19	54				174240	18970	202500	93					
34	36	19,5	64				145860	194940	210500	92	109,6	3050	4330	23,8	
Mittel	18	57					155280	191610	204730	93					
29	37	17	76				145860	209950	222300	94					
31	38	22,5	60				174240	203990	215700	95					
36	39	18	63				194650	214940	214400	100	119,8	2870	4040	24,3	
Mittel	18	66					171560	209330	217470	96					
45	40	16	59				174240	205410	217000	95					
55	41	24	67				145860	(162010)	(144600)	—					
64	42	16,5	63				145860	194650	218300	89	114,5	3800	4940	16,3	
Mittel	19	63					155280	200630	217650	92					
43	43	16	58				174240	210670	197200	106					
57	44	24	77				145860	(192420)	(162200)	—					
65	45	—	—				145860	192620	201200	96	115,2	3930	4800	14,3	
Mittel	20	68					155280	201350	199200	101					
69	65	19,5	67				204800	375240	214400	175					
70	66	16,5	68				145860	376240	217000	173					
71	67	17,5	79				225090	367270	211800	174	213,5	3400	4490	17,6	
Mittel	18	71					191900	373120	214400	174					
38	46	15	50				145860	174850	222300	79					
26	47	16	56				145860	179420	223600	80					
66	48	23	52				145860	170990	202500	84	100	—	—	—	
Mittel	18	53					145860	174790	216130	81					

Tabelle 47.

Säule Nr.	Art der Be- wehrung	Lage der Meß- strecke	Be- lastungs- reihe	Gesamtquerdehnung — $\delta$ in $10^{-5}$												Bleibende Querdehnung — $\delta'$ in $10^{-5}$												Federnde Querdehnung — $\delta''$ in $10^{-5}$			
				12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800	174240	204800	1745800	23330	53750	73710	98500	145800	204800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800			
49	um- gehakte Ringe aus 7-mm- Eisen	in der Mitte	1	63	125	188	330	492	700	1165	1773	2095	—2	—5	—10	—8	+3	20	113	490	65	130	200	338	488	680	1052	1605			
			2	58	125	185	333	497	710	1212	1730	2330	—5	—5	—12	—8	+8	23	143	580	63	130	195	342	488	687	1068	1750			
			3	58	123	188	333	505	713	1238	1758	2358	—5	—8	—10	—8	7	28	157	63	132	197	342	497	685	1082	1688				
			4	58	122	188	335	505	715	1258	1778	2378	—5	—8	—10	—3	27	170	63	130	197	345	502	688	1088	1688					
			5	58	122	187	335	507	722	1283	1787	2387	—7	—8	—8	—2	33	180	65	130	195	343	505	688	1103	1693					
		Mitte am Ende	6	57	120	187	337	500	725	1290	1795	2395	—7	—8	—10	—2	33	197	63	128	195	347	498	692	1103	1693					
			7	57	118	187	337	500	730	1313	1797	2397	—7	—8	—12	—2	35	203	65	128	197	348	498	695	1105	1695					
			8	57	118	187	338	500	728	1322	1797	2397	—7	—10	—12	—3	38	210	65	128	197	350	497	690	1112	1695					
			9	57	117	187	340	503	732	1327	1797	2397	—7	—10	—12	—5	37	197	65	128	197	350	498	695	1112	1695					
			10	57	117	187	340	503	733	1327	1797	2397	—7	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10	—10			
50	unbe- wahrt	in der Mitte	1	—7	+4	34	130	255	434	934	1609	—9	—15	—29	—35	+49	—49	+79	+2	18	62	165	303	480	855	1017					
			2	—7	+5	35	135	264	447	1022	1699	—9	—19	—29	—39	+52	+44	+110	+2	23	63	173	315	490	912	1030					
			3	—7	+7	35	137	269	454	1039	1707	—10	—19	—30	—40	+54	+40	+139	+3	25	65	177	322	493	938	1050					
			4	—9	5	35	140	270	455	1075	1740	—12	—20	—32	—42	+52	+40	+139	+3	25	67	182	322	493	970	1050					
			5	—9	5	35	140	275	459	1158	1740	—24	—24	—45	—55	+55	+39	+170	+3	28	185	330	497	987	—						
		Ende	6	5	35	142	274	462	1184	—	—24	—24	—45	—55	+55	+37	+187	+37	+28	187	328	498	997	—	—						
			7	4	140	274	465	1207	—	—47	—47	—49	—49	+35	+35	+199	+35	+210	+210	187	302	502	1008	—	—						
			8	4	142	274	470	1232	—	—30	—30	—30	—30	+225	+15	+225	+225	+220	+220	190	503	1022	1033	1073	1073						
			9	4	142	274	470	1254	—	—25	—25	—25	—25	+10	+22	+238	+238	+220	+220	317	452	645	1075	1075	1075						
			10	4	142	274	470	1272	—	—12	—12	—12	—12	+23	+23	+243	+243	+220	+220	453	645	1085	1085	1088	1088						
		11	4	142	274	470	1285	—	—13	—13	—13	—13	+27	+27	+252	+252	+220	+220	460	645	1085	1088	1088	1088							
52	unbe- wahrt	in der Mitte	1	53	98	157	287	435	633	1142	1707	—0	—13	—18	—20	+13	+8	123	+12	175	307	448	625	1017							
			2	47	97	158	288	438	645	1190	1723	—5	—17	—20	—20	+13	+12	160	+12	52	113	178	308	452	633						
			3	42	93	158	290	440	652	1223	1753	—12	—18	—23	—20	+13	+13	173	+13	53	112	182	310	453	638						
			4	42	90	155	288	432	653	1252	1753	—13	—25	—23	—20	+15	+15	195	+15	55	180	212	452	638	1057						
			5	38	153	292	437	657	1270	1788	—17	—28	—25	—25	+17	+15	212	+15	55	182	317	453	642	1058	—						
		Ende	6	38	148	292	440	662	1288	—	—32	—32	—30	—25	+15	+20	220	+20	—	178	317	455	642	1068	—						
			7	38	148	292	443	668	1298	—	—30	—30	—25	—15	+13	+23	225	+23	—	317	455	645	1073	1073	1073						
			8	38	148	292	442	667	1313	—	—25	—25	—25	—10	+22	+22	238	+238	—	317	452	645	1075	1075	1075						
			9	38	148	292	442	668	1328	—	—12	—12	—12	+10	+23	+23	243	+243	—	453	645	1085	1085	1088							
			10	38	148	292	442	672	1340	—	—13	—13	—13	+10	+27	+27	252	+252	—	460	645	1088	1088	1088							
53	unbe- wahrt	am Ende	1	—10	—9	+13	115	273	500	963	1492	2128	0	0	2	7	20	45	142	620	—10	—8	+12	108	253	455	822	1508			
			2	—10	—9	118	130	288	513	1022	2413	0	0	0	0	10	22	50	173	782	—10	—8	18	120	267	463	848	1632			
			3	—10	—7	20	135	293	527	1067	2508	0	0	2	9	25	52	198	923	—10	—7	18	127	268	475	868	1583				
			4	—10	—5	22	137	300	535	1098	0	0	2	10	28	55	218	—	20	127	272	480	880	—	—						
			5	—10	—13	20	140	307	540	1123	143	310	545	1142	13	30	60	245	228	128	268	483	895	—	—						
		Ende	6	—10	—13	20	143	310	545	1142	143	310	545	1142	13	30	60	245	228	128	268	483	897	—	—						
			7	—10	—13	20	143	310	545	1142	143	310	545	1142	13	30	60	245	228	128	268	483	897	—	—						
			8	—10	—13	20	145	312	550	1187	145	312	550	1202	13	25	62	257	257	130	283	488	907	918	—	—					
			9	—10	—13	20	145	312	550	1187	145	312	550	1202	13	25	62	257	257	130	283	488	907	918	—	—					
			10	—10	—13	20	145	312	550	1187	145	312	550	1202	13	25	62	257	257	130	283	488	907	918	—	—					

Tabelle 48. Längenänderungen der Längsseisen bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehakte Ringe aus 7-mm-Eisen.

Tabelle 48. Längenänderungen der Längsseisen in den Säulen Reihe B, Tab. I.

144

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_e$ in % · 10 <sup>-5</sup>												Bleibende Verkürzung — $\delta'_e$ in % · 10 <sup>-5</sup>												Federnde Verkürzung — $\delta''_e$ in % · 10 <sup>-5</sup>											
			12530	22660	33330	53750	73710	98500	145800	174200	204800	22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800	22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800											
49	am Ende	1	820	1400	1937	2757	4313	5630	9077	12243	14910	—13	—110	—190	—300	—310	—150	487	1693	833	1510	2127	3057	4623	5780	8590	13217											
		2	773	1360	1883	2687	4397	5770	9410	15777	15777	—20	—147	—213	—313	—270	—100	793	1850	793	1577	2097	3000	4667	5870	8797	13927											
		3	813	1340	1887	2633	4210	5907	9777			—37	—147	—230	—320	—287	—	863	853	1487	2117	2953	4497	5943	8913													
		4	740	1343	1840	2623	4120	5987	9943			—43	—160	—250	—330	—300	+	3	993	783	1503	2090	2953	4420	5983	8950												
		5	773	1323	1843	2610	4107	6073	10110			—40	—157	—253	—327	—280	+	43	1093	813	1480	2097	2937	4387	6030	9017												
		6	737	1323	1807	2590	4093	6113	10277			—47	—170	—253	—337	—277	73	1207	783	1493	2067	2927	4370	6040	9070													
		7	727	1319	1790	2593	4140	6163	10423			—170	—277	—347	—283	110	1230		1483	1483	2057	2917	4397	6037	9183													
		8	1310	1783	2580	4123	6180	10470			—273	—337	—273	143	1287			150	2063	2063	2907	4417	6073															
		9	1780	2570	4147	6223	10493			—283	—337	—270	150						2063	2063	2907	4417	6073															
		10	1770	2557	4113	6230														2063	2063	2907	4417	6073														
50	in der Mitte	1	537	1245	1922	3257	4657	6463	10367	13820	37	37	82	133	222	342	518	979	500	1164	1789	3035	4315	5945	9388													
		2	604	1259	1937	3295	4715	6572	10662		45	95	142	234	367	540	1057	559	1164	1795	3062	4349	6027	9605														
		3	608	1272	1960	3330	4768	6637	10890		50	95	149	240	374	554	1152	559	1175	1812	3090	4392	6077	9738														
		4	614	1270	1962	3340	4787	6679	11080		49	105	150	150	385	564	1177	565	1165	1812	3090	4402	6112	9900														
		5	615	1280	1970	3362	4825	6699	11152		107	107	258	387	574	1185	1174	1184	3102	4423	6125	9067	10017	—														
		6	1290	1290	1970	3370	4824	6714	11242		107	262	402	574	1225	1260	262	264	607	1287	624	1298	1312	6168	10065	—												
		7	1285	1285	1970	3373	4848	6767	11325		3388	6803	11389	6832	11510	6863	11538		633	1318				6197	10102													
		8	10				3387	6805	11459															6182	10160													
		9	11																					6198	10192													
		10																																				
51	in der Mitte	1	620	1223	1823	3063	4323	5963	9417		27	50	80	157	263	450	923	593	1173	1743	2907	4060	5513	8493														
		2	627	1227	1847	3103	4387	6050	9460		33	50	83	170	283	477	1017	593	1177	1763	2933	4103	5573	8777														
		3	633	1230	1853	3127	4427	6130	9963		33	53	87	177	287	477	1083	600	1177	1767	2950	4140	5653	8880														
		4	630	1240	1860	3130	4467	6157	10113		57	90	183	307	517	1120	1167	1183	1770	2947	4160	5640	8993															
		5	624	1240	1870	3140	4487	6197	10253		60	87	97	340	537	1167	1167	1180	1783	2947	4163	5640	9087															
		6	1240	1877	4517	6237	10330	—	—	—	97	97	340	577	1777	1777	1777	1780	1780	4177	5700	4193	5680															
		7	1877	4537	6293	10453	6337	10533	4533	6257	100	100	347	560	100	100	343	583	357	583	1777	4193	5680															
		8	1890	4543	6337	10453	6337	10533	4543	6323	100	100	343	583	100	100	343	583	357	583	1777	4193	5680															
		9	10				4577	6327																4200	5753													
		11																					4207	5740														
		1	897	1610	2280	3650	4780	5917	8637		3	—30	—103	—243	—730	—1067		893	1640	2383	3893	5210	6647	9703														
am Ende	am Ende	2	883	1573	2250	3570	4653	5867	8717		7	—50	—123	—290	—503	—777	—1130	877	1623	2373	3860	5157	6643	9847														
		3	873	1557	2227	3517	4590	5817	8707		3	—60	—147	—323	—553	—847	—1147	870	1617	2373	3840	5143	6663	9853														
		4	867	1540	2223	3490	4540	5743	8753		—63	—147	—353	—577	—863	—1163	—1160	1603	2363	3843	5117	6607	9917															
		5	1543	2207	3453	4497	5717	8827		—63	—157	—357	—597	—857	—1160	—1160	1607	2363	3843	5093	6573	9987																
		6	1540	2200	4477	5690	8883			—157	—623	—920	—157	—623	—920	—157	—157	2357	2357	5100	6610																	
		7	2197	4413	5643	10400	5627	10430	4380	5597	—160	—637	—913	—163	—650	—950	—163	2360	2360	5063	6593																	
		8	2203	4413	5643	10400	5627	10430	4380	5597	—163	—680	—957	—677	—677	—980	—677	2360	2360	5080	6583																	
		9	10																				4357	5570														
		11																					4357	5570														

Tabelle 49. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Ohne Bewehrung.

Tabelle 49. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $d_b$ in $10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $d'_b$ in $10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $d''_b$ in $10^{-5}$ · $10^{-5}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	204800	22530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800			
52	am Ende	1	470	960	1463	2500	3600	5043	8087	—	20	70	107	233	383	667	1330	450	890	1357	2267	3217	4377	6757	—	—				
		2	473	977	1483	2547	3653	5149	8387	—	23	70	110	250	493	697	1453	450	907	1373	2297	3350	4443	6933	—	—				
		3	480	983	1487	2570	3669	5193	8537	—	27	73	117	257	423	737	1553	453	910	1370	2313	3267	4457	6973	—	—				
		4	483	983	1490	2593	3669	5233	8690	—	33	120	267	427	770	1647	—	450	1370	2327	3263	4463	7043	—	—					
		5	483	1500	2603	3733	5288	8757	—	30	127	273	460	787	1687	—	453	1373	2330	3273	4493	7070	—	—						
		6	487	1510	2613	3757	5317	8853	—	—	140	283	487	817	1757	—	—	1370	2333	3287	4503	7150	7077	—	—					
		7	1517	2627	3783	5347	8940	—	—	147	293	497	843	1770	—	—	1370	2340	3287	4593	7140	7077	—	—						
		8	1523	2627	3797	5363	9003	—	—	287	510	860	1863	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
		9	—	—	—	—	—	—	—	—	533	867	1893	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		10	—	—	—	—	—	—	—	5497	9120	—	543	887	1957	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		11	—	—	—	—	—	—	—	3840	5413	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
53	in der Mitte	1	363	777	1183	2080	3007	4193	6620	8660	10787	7	47	63	187	293	473	853	1990	357	730	1120	1893	2713	3720	5767	8797			
		2	363	777	1193	2110	3017	4227	6873	11353	17	43	70	200	313	487	953	2303	357	733	1123	1910	2703	3740	5860	9050				
		3	370	770	1203	2130	3040	4270	6940	11887	17	43	80	207	327	503	1007	2560	353	723	1123	1923	2713	3766	5933	9327				
		4	377	770	1213	2133	3057	4297	7020	—	23	83	217	327	537	1057	—	353	1130	1917	2739	3766	5963	—	—					
		5	380	1220	2130	3073	4323	7110	—	—	—	217	333	540	1093	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		6	—	—	—	—	—	—	—	2137	3083	4333	7150	—	220	330	543	1117	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		7	—	—	—	—	—	—	—	2147	3077	4360	7207	—	223	340	560	1130	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		8	—	—	—	—	—	—	—	2160	3103	4377	7257	—	227	357	1223	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
		9	—	—	—	—	—	—	—	3110	3117	—	3117	—	367	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
54	in der Mitte	1	433	923	1420	2443	3577	4973	7837	10123	12803	7	43	93	203	371	583	1067	2537	427	880	1327	2240	3293	4390	6770	10267			
		2	437	930	1447	2490	3610	5057	8070	13570	13	50	113	210	397	620	1190	2873	423	880	1333	2280	3213	4437	6880	10697				
		3	440	937	1460	2513	3647	5127	8300	—	20	57	120	217	400	670	1593	—	420	880	1340	2297	3247	4457	6997	—				
		4	443	943	1470	2523	3670	5173	8427	—	60	63	130	230	407	687	1337	—	883	1340	2293	3263	4487	7090	—	—				
		5	947	1470	2537	3680	5203	8510	—	63	127	247	423	700	1443	—	883	1343	2290	3277	4503	7097	—	—						
		6	950	1473	2553	3693	5233	8530	—	—	—	253	423	—	263	433	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		7	—	—	—	—	—	—	—	2570	3727	—	—	—	270	433	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		8	—	—	—	—	—	—	—	2580	3737	—	2593	3740	—	273	453	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		9	—	—	—	—	—	—	—	2600	3747	—	—	—	287	463	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
am Ende	Ende	1	457	963	1517	2627	3787	5173	7863	9880	12140	13	50	120	247	423	650	1107	2320	443	913	1397	2380	3363	4523	6757	9820			
		2	457	973	1540	2677	3827	5247	8050	12630	13	57	137	267	453	697	1223	2587	443	917	1403	2410	3373	4550	6827	10043				
		3	457	987	1557	2700	3857	5300	8230	13	67	137	277	453	743	1337	—	443	920	1420	2423	3403	4557	6893	—	—				
		4	457	997	1567	2710	3880	5357	8350	—	73	153	290	473	763	1353	—	923	923	1413	2420	3497	4593	6997	—	—				
		5	1003	1577	2733	3900	5390	8420	—	73	153	300	490	770	1423	—	930	930	1423	2433	3410	4620	6997	—	—					
		6	1010	1577	2740	3913	5403	8437	—	—	—	303	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		7	—	—	—	—	—	—	—	2750	3920	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		8	—	—	—	—	—	—	—	2763	3933	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		9	—	—	—	—	—	—	—	2777	3943	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		10	—	—	—	—	—	—	—	2787	3953	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		11	—	—	—	—	—	—	—	2797	3970	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 50. Längenänderungen des Betons in den Säulen Reihe B, Tab. I.

Tabelle 50. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Querbewehrungen: Umgehakt Ringe aus 7-mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $d_b$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $d'_b$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $d''_b$ in $\text{‰} \cdot 10^{-5}$
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	204800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	204800	
49	am Ende	1	567	1177	1877	3220	4607	6397	10167	13833	17300	50	100	233	420	623	947	2033	6667	517	1077	1643	2800	3983	5450	8133	11633
		2	583	1200	1903	3270	4653	6513	10733	19333	57	107	247	447	690	1017	2333	6360	527	1093	1657	283	3963	5497	8400	12973	
		3	597	1220	1927	3320	4740	6613	11033	20733	57	140	270	470	700	1067	2593	540	1080	1657	2830	4040	5547	8530	8530	—	
		4	593	1240	1940	3343	4780	6680	11267	21033	60	150	277	470	703	1103	2673	533	1090	1663	2873	4077	5577	8593	8667	—	
		5	600	1260	1963	3360	4797	6733	11433	21233	63	173	287	483	727	1147	2767	537	1087	1677	2877	4070	5587	8667	8667	—	
		6	603	1277	1980	3370	4823	6777	11567	21433	63	180	307	493	747	1177	2913	537	1097	1673	2877	4077	5600	8653	8653	—	
		7	1280	1990	3387	4850	6830	11810	21633	6830	183	300	503	750	1203	2990	537	1097	1690	2883	4100	5627	8820	8820	—		
		8	1287	1997	3403	4880	6850	11890	21833	6903	183	313	517	763	1230	3073	537	1097	1683	2887	4117	5620	8817	8817	—		
		9	2010	3417	4880	6903	11930	21933	6920	183	320	523	777	1267	3073	537	2023	2893	4103	5637	—	—	—	—	—		
		10	2013	3423	4917	6917	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
50	in der Mitte	1	500	1067	1650	2797	4010	5537	8687	11250	27	80	127	217	347	520	970	473	987	1523	2580	3663	5017	7717	7717	—	
		2	513	1073	1663	2840	4073	5633	8917	1197	47	90	140	233	380	537	1037	467	983	1523	2607	3697	5097	7880	7880	—	
		3	530	1083	1687	2870	4123	5690	9100	1200	53	93	147	237	390	557	1117	477	990	1540	2633	3733	5133	7983	7983	—	
		4	533	1087	1693	2890	4143	5720	9253	1210	53	100	147	257	393	570	1130	480	987	1547	2633	3750	5150	8123	8123	—	
		5	533	1093	1703	2910	4193	5753	9317	1220	103	103	267	410	590	1137	490	990	1547	2643	3783	5163	8180	8180	—		
		6	1100	2917	4183	5780	9337	—	—	—	103	267	410	590	1187	—	997	2650	3773	5190	8200	—	—	—	—		
		7	1100	2917	4200	5830	9447	—	—	—	103	267	410	620	1247	—	2667	2650	3773	5230	8240	—	—	—	—		
		8	2930	5867	9503	5860	9503	5867	9563	5887	5913	5913	5913	5913	640	1250	650	1257	650	2667	2650	3773	5230	8263	8263	—	
		9	2937	5867	9563	5867	9563	5887	9597	5913	5913	5913	5913	5913	640	1250	650	1257	650	2667	2650	3773	5230	8313	8313	—	
		10	1100	2937	5867	9563	5887	9597	5913	9617	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5237	8340	
51	in der Mitte	1	443	973	1523	2693	3820	5307	8273	1173	27	60	100	227	313	493	927	417	913	1423	2467	3507	4813	7347	7347	—	
		2	453	990	1553	2743	3877	5397	8573	1200	37	63	117	233	333	520	1013	417	927	1437	2510	3543	4873	7560	7560	—	
		3	463	997	1567	2747	3913	5460	8710	1210	37	73	117	230	347	520	1083	427	923	1450	2517	3567	4877	7627	7627	—	
		4	463	1010	1573	2753	3943	5480	8840	1220	37	83	133	227	350	553	1140	—	927	1440	2527	3593	4937	7700	7700	—	
		5	1017	1590	2760	3963	5517	8943	1230	37	77	137	237	383	607	1163	—	940	1453	2537	3580	4910	7780	7780	—		
		6	1020	1597	2760	3963	5557	9030	—	—	—	140	387	597	—	—	—	—	1457	3603	4960	—	—	—	—	—	
52	in der Mitte	7	1613	1613	4017	5613	—	—	—	—	—	147	393	630	—	—	—	—	1457	3610	4950	—	—	—	—	—	
		8	1613	1613	4017	5627	—	—	—	—	—	150	397	637	—	—	—	—	1457	3620	4950	—	—	—	—	—	
		9	1630	1630	4017	5643	—	—	—	—	—	150	397	637	—	—	—	—	1457	3620	4950	—	—	—	—	—	
		10	1630	1630	4040	5643	—	—	—	—	—	150	397	637	—	—	—	—	1457	3620	4950	—	—	—	—	—	
		11	1640	1640	4040	5643	—	—	—	—	—	150	397	637	—	—	—	—	1457	3620	4950	—	—	—	—	—	

Tabelle 51. Längenänderungen der Säulen Reihe B, gemessen zwischen den Druckplatten.

147

Bis 145 800 kg letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten. (S. Tab. 49 und 50.) Betonmischung: 1 Raumteil Zement auf  $2\frac{1}{2}$  Raumteile Zuschlagsmaterial.

Säulen Nr.	Querbewehrung	Eisen-durch-messer cm	Bedeutung der Werte	bei den folgenden Belastungen in kg							
				22 530	22 960	33 330	55 750	73 710	98 500	145 800	174 400
50 51	umgehakte Ringe	0,7		140 112	258 203	353 300	514 476	652 659	819 887	1268 1367	1429 1557
Mittel			Gesamt-Verkürzung	<b>126</b>	<b>231</b>	<b>327</b>	<b>495</b>	<b>656</b>	<b>853</b>	<b>1318</b>	<b>1493</b>
53 54	unbewehrt			107 76	199 157	282 231	436 378	584 518	764 691	1210 1076	1379 1243
Mittel			Verkürzung	<b>92</b>	<b>178</b>	<b>257</b>	<b>407</b>	<b>552</b>	<b>728</b>	<b>1143</b>	<b>1311</b>
50 51	umgehakte Ringe	0,7		69 20	118 51	152 88	211 146	255 228	320 304	458 484	— —
Mittel			Bleibende Verkürzung	<b>45</b>	<b>85</b>	<b>120</b>	<b>179</b>	<b>242</b>	<b>312</b>	<b>536</b>	<b>—</b>
53 54	unbewehrt			41 19	68 35	93 53	142 91	186 127	234 168	405 294	— —
Mittel			Verkürzung	<b>30</b>	<b>52</b>	<b>73</b>	<b>117</b>	<b>157</b>	<b>201</b>	<b>350</b>	<b>—</b>
50 51	umgehakte Ringe	0,7		71 92	140 153	201 213	303 330	398 432	525 584	765 889	— —
Mittel			Federnde Verkürzung	<b>82</b>	<b>147</b>	<b>207</b>	<b>316</b>	<b>415</b>	<b>535</b>	<b>827</b>	<b>—</b>
53 54	unbewehrt			66 57	132 122	189 178	295 286	399 391	531 524	806 782	— —
Mittel			Verkürzung	<b>62</b>	<b>127</b>	<b>184</b>	<b>291</b>	<b>395</b>	<b>528</b>	<b>794</b>	<b>—</b>
50 51	umgehakte Ringe	0,7	Belastung kg	215 960	230 170	246 460	235 240	204 800	184 500	163 870	—
			Gesamt-Verkürzung	— 2618	1985 —	2684 —	3255 —	3716 —	— 3381	— 4008	

Tabelle 52. Einfluß fetterer Beton-Mischung auf die Festigkeit der Säulen und den Wirkungsgrad der Bewehrung.

Tabelle 52. Einfluß fetterer Beton-Mischung auf die Festigkeit der Säulen und den Wirkungsgrad der Bewehrung.

Säulen mit quadratischem Querschnitt von  $30 \times 30$  cm.

Länge = 1,3 m; Längsbewehrung: 4 Rundleisen von 2 cm Durchmesser; Alter = 90 Tage.

Versuch Nr.	Säule			Querbewehrung			Belastung beim Beginn der Rißbildung kg	Bruchbelastung		Verhältnis der Festigkeit Säule zu Würfel $\frac{P}{P_1} \cdot 100$ %		
	Nr.	Zusammen- setzung des Beton's		Form	Eisen- durch- messer cm	Längs- abstand cm		Säulen P kg	zugehörigen Würfels $P_1$ kg			
		Zimmer- wärme C°	relativer Luft- feuchtigkeit %									
5	10	16	59				174 240	176 730	211 800	83		
28	11	17	76				186 730	196 680	222 300	88		
35	12	18	63				186 530	204 190	214 400	95		
Mittel		17	66				182 500	192 530	216 170	89		
10	25	18,5	57				—	175 700	210 500	83		
25	26	16	56				—	179 210	223 600	80		
48	27	16	80				—	176 730	197 200	90		
Mittel		17	64				—	177 210	210 430	84		
11	49	19,5	57				204 800	251 180	284 500	88		
27	50	17,5	63				204 800	246 460	291 900	84		
51	51	17	70				174 240	215 960	270 400	80		
Mittel		18	63				194 610	237 870	282 270	84		
12	52	18	69				—	234 220	290 600	81		
17	53	16	62				238 260	239 900	290 600	83		
53	54	20	70				204 800	238 480	299 300	80		
Mittel		18	67				[221 530]	237 530	293 500	81		

Tabelle 53. Längenänderungen des Betons der hohlen Säulen, Reihe C

Tabelle 53. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 200 kg Anfangsbelastung. Hohle Säulen: Materialquerschnitt = 821,5 qcm, Kernquerschnitt = 537 qcm. Art der Querbewehrungen. Spirale aus 7 mm-Eisen.

150 Tabelle 53 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2900 kg

**Anfangsbelastung.** Hohle Säulen : Materialquerschnitt = 821,5 qcm, Kernquerschnitt = 537 qcm. Art der Querbewehrungen. Spirale aus 7 mm-Eisen.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$									
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	
in der Mitte	1	543	1143	1810	3267	4827	7113	4960	7387	5080	7567	20	63	137	373	613	1037	527	1083	1673	2893	4213	6077	
	2	550	1173	1847	3373	4960	7387	5160	7343	5210	727	23	70	153	420	707	1130	530	1110	1707	2067	4293	6223	
	3	550	1180	1857	3413	5160	7343	5160	7347	5210	727	23	70	163	437	740	1130	527	1110	1703	2093	4373	6403	
	4	553	1190	1873	3437	5160	7347	5160	7347	5210	727	27	90	183	450	747	1130	527	1103	1717	3000	4420	—	
	5	553	1193	1900	3470	5223	7347	5160	7347	5223	527	27	90	183	460	753	1130	527	1110	1723	3027	4463	—	
	6	553	1200	1907	3487	5270	7349	5270	7349	5270	—	—	90	190	463	783	1130	527	1113	1727	3030	4470	—	
	7	1203	1917	3493	5317	—	—	—	—	—	—	—	213	470	797	—	—	—	1713	3933	4520	—	—	
	8	1203	1927	3503	5317	—	—	—	—	—	—	—	227	473	813	—	—	—	1723	3953	4537	—	—	
	9	1950	3527	5350	5350	—	—	—	—	—	—	—	237	480	813	—	—	—	1733	3063	4550	—	—	
	10	1970	3543	5363	5363	—	—	—	—	—	—	—	247	—	—	—	—	—	1737	—	—	—	—	
	11	1983	3550	5387	5387	—	—	—	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1733	—	—	—	—	
	12	1987	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1733	—	—	—	—	
	13	1987	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1733	—	—	—	—	
	14	1990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1733	—	—	—	—	
	15	1990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	253	—	—	—	—	—	1737	—	—	—	—	
am Ende	1	653	1440	2250	3940	5833	8790	6053	9280	6207	9607	63	167	287	657	1210	2483	600	1287	1963	3283	4623	6307	
	2	673	1463	2303	4100	6207	9607	67	170	320	757	73	170	297	717	1333	2783	610	1297	2007	3283	4720	6497	
	3	680	1483	2327	4140	6207	9607	680	1500	2347	4190	6323	73	180	330	790	1513	3013	613	1313	2007	3383	4757	6593
	4	680	1500	2347	4190	6207	9607	687	1503	2353	4223	6407	73	193	347	817	1553	—	607	1320	2017	3400	4810	—
	5	687	1503	2353	4223	6407	—	690	1507	2360	4267	6450	73	193	350	830	1610	—	613	1310	2007	3407	4853	—
	6	690	1507	2360	4267	6450	—	690	1507	2380	4283	6503	197	197	363	837	1650	—	613	1313	2010	3437	4840	—
am Ende	7	1517	2380	4283	6503	—	—	1520	2397	4297	6560	—	—	377	853	1703	900	1737	—	1320	2017	3447	4853	—
	8	1520	2410	4330	6610	—	—	1520	2410	4330	6610	—	—	390	877	1737	900	1757	—	1320	2020	3443	4857	—
	9	—	2423	4350	6637	—	—	—	—	—	—	—	397	900	407	—	—	—	2027	3450	4873	—	—	
	10	—	2440	4357	6677	—	—	—	—	—	—	—	420	—	—	—	—	—	2033	—	—	—	—	
	11	—	2440	4357	6677	—	—	—	—	—	—	—	427	—	—	—	—	—	2023	2020	2020	2020	2020	

Tabelle 54. Längenänderungen des Betons der hohlen Säulen, Reihe C:

Tabelle 54. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung.

**Hohle Säulen:** Materialquerschnitt = 821,5 qcm, Kernquerschnitt = 711 qcm. Art der Querbewehrungen: Spirale aus 7 mm-Eisen.

Tabelle 54 (Fortsetzung). Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsschallung. Hohle Säulen. Materialbeschreibung — Seite 300. Veranschlagt — Seite 300.

Hohle Säulen : Materialquerschnitt = 821,5 qcm, Kernquerschnitt = 711 qcm.

Art der Querbewehrungen: Spirale aus 7 mm-Eisen.

Tabelle 55. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

153

Hohle Säulen; Materialquerschnitt = 821,5 qcm. Ohne Bewehrung.  
**Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.**

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $\text{1/0} \cdot 10^{-5}$												Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $\text{1/0} \cdot 10^{-5}$												Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $\text{1/0} \cdot 10^{-5}$											
			12350	22960	33330	53750	73710	98500	12530	22660	33330	53750	73710	98500	12350	22960	33330	53750	73710	98500	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
in der Mitte	1	1	533	1207	1893	3393	5073	7683	33	110	213	513	927	1860	500	1097	1680	2880	4147	5823	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	2	2	570	1220	1930	3517	5277	8057	37	120	240	550	1023	2020	533	1100	1690	2967	4257	6037	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	3	3	580	1237	1970	3553	5403	8310	43	137	253	587	1110	2213	537	1100	1717	2967	4293	6097	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	4	4	583	1263	1980	3600	5480	8513	47	147	267	617	1167	2317	537	1117	1713	2983	4313	6197	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	5	5	583	1273	1990	3647	5607		153	273	627	1213			537	1120	1717	3020	4393		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	6	6	583	1273	2017	3660	5620		283	657	1253				537	1120	1733	3093	4367		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	7	7			2023	3697	5797		287	657	1317				537	1120	1737	3040	4390		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	8	8			2033	3697	5737		293		1323				537	1120	1740	3040	4413		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	9	9			2037	5770	5837				1370				537	1120	1740	3040	4400		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	10	10					5837	5877							537	1120	1740	3040	4440		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	11	11													537	1120	1740	3040	4440		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
72																																						
am Ende	1	1	677	1490	2313	4077	6043	9153	57	210	370	603	1403	2727	620	1280	1943	3273	4640	6427	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	2	2	700	1527	2380	4223	6277	9667	70	233	413	877	1537	2960	630	1293	1967	3347	4740	6707	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	3	3	710	1540	2413	4293	6433	10017	80	250	433	927	1660	3203	630	1290	1980	3367	4773	6780	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	4	4	720	1560	2433	4353	6543	10290	87	253	440	963	1737	3407	633	1307	1993	3390	4807	6883	12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	5	5	723	1570	2453	4393	6683		260		453	967	1810		633	1310	2000	3427	4873		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	6	6			1577	2477	4427	6740		463	1030	1867			633	1310	2013	3397	4873		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	7	7			2487	4450	6830		487	1033	1953	497	1973		633	1310	2009	3417	4877		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	8	8			2503	4463	6857		497		2013				633	1310	2007	3417	4877		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	9	9			2513	6913									633	1310	2007	3417	4883		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	10	10					7000								633	1310	2007	3417	4883		12350	22960	33330	53750	73710	98500												
	11	11						7043							633	1310	2007	3417	4883		12350	22960	33330	53750	73710	98500												



Tabelle 57.

**Längenänderungen der Säulen, Reihe C, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bei über 145 800 kg Belastung.**

Säulen N.r.	55	56	57	58	59	60
Aeußerer Durchmesser der Spirale cm		28			31,7	
Querschnitt des Materials		821,5			821,5	
qcm des Kerns		537			711	
	165 950	—	—	3367	—	—
	171 110	3236	—	—	—	—
	174 240	4795	3112	—	2209	2900
Gesamt- verkürzung	174 650	5297	—	—	—	—
in % · 10 <sup>-4</sup>	177 130	—	3836	—	—	—
bei den neben- stehenden Belastungen	185 720	—	—	—	—	4750
in kg	197 700	—	—	—	3774	—
	199 520	—	—	—	—	5947
	194 650	—	—	—	4387	—
	184 500	—	—	—	5862	7613
	174 240	—	5223	—	7289	—
	170 090	6344	—	—	—	—
	163 870	6975	—	—	—	8928
	161 800	—	—	4754	—	—
	159 730	—	—	6202	—	—
	143 140	9165	—	—	—	—

Tabelle 58. Vergleich hohler Säulen mit vollen.

Achtseitige Säulen mit Spiralbewehrung.  
Länge = 1,3 m. Längsbewehrung: 8 Rundseisen von 1,4 cm Durchmesser.  
Spirale: Ganghöhe = 3 cm, Eisendurchmesser = 0,7 cm.

Versuch Nr.	Säule			Säulenquerschnitt			Belastung beim Beginn der Rißbildung kg	Bruchbelastung der Säulen $P$ kg	des zugehörigen Würfels $P_1$ kg
	Nr.	Zimmer- wärme $C_0$	relativer Luft- feuchtigkeit $\%$	Form	Durchmesser des Hohlraumes cm	Größe des Querschnittes qcm			
					Hohlraum	Gesamt			
43	43	16	58		voll	—	900	616	174 240 (192 420) 192 620
57	44	24	77		—	—	145 800	145 800	210 070 (162 200) 201 200
65	45	—	—		—	—	145 800	145 800	197 200
Mittel	20	68	—		—	—	—	155 280	201 330 <b>199 200</b>
47	55	17,5	56		—	—	—	145 800	174 660 177 150
61	56	21	59		—	—	98 500	98 500	210 500 197 200 206 500
67	57	20,5	57		—	—	—	130 030	172 590 <b>204 730</b>
Mittel	20	57	—		10	78,5	821,5	—	—
49	58	16	80		—	—	—	174 240	197 700 199 520 185 720
59	59	22	80		—	—	—	145 800	199 900 185 000
68	60	19	80		—	—	—	145 800	185 000
Mittel	19	80	—		—	—	—	155 280	194 310 <b>194 030</b>
Mittel für 46—48	18	53	—		voll	—	900	—	174 790 <b>216 130</b>
32	72	18	64		10	78,5	821,5	—	141 680 <b>215 700</b>
					—	—	98 500	—	

Tabelle 59. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg

157

Anfangsbelastung. Art der Proben: Achtseitige, spiralbewehrte Säulen von 1,3 m Länge.  
 Außerer Durchmesser der Spirale = 28 cm; Ganghöhe = 4 cm; Eisenstärke der Spirale bei Nr. 65 = 5 mm, bei Nr. 63 = 7 mm.

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-6}$										Bleibende Verkürzung — $\delta_b'$ in $10^{-6}$										Federnde Verkürzung — $\delta_b''$ in $10^{-6}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800			
61	1	553	1233	1913	3330	4917	7153	13230	37	113	173	370	637	997	2937	517	1120	1740	2960	4280	6157	10293				
	2	577	1257	1953	3440	5087	7380	14763	47	117	190	377	680	1070	3217	530	1140	1763	3063	4497	6310	11547				
	3	590	1263	1977	3493	5153	7513	15463	67	120	193	403	700	1093	3630	523	1143	1783	3090	4453	6420	11833				
	4	600	1270	1990	3530	5207	7613	16163	67	120	197	433	713	1143	4067	533	1150	1793	3097	4493	6470	12097				
	5	607	1273	1993	3547	5267	7703	16763	70	127	197	433	750	1217	4390	537	1147	1797	3113	4517	6487	12373				
	6	610	1283	1997	3583	5293	7773	17230	83	130	200	447	747	1527	4390	537	1153	1797	3137	4547	6487	12373				
	7	613	1290	2013	3593	5327	7773	17230	83	210	453	767	1527	1153	4390	537	1153	1797	3140	4560	6487	12373				
	8		2017	3607	5340	7773	17230	83	203	467	773	1527	1153	4390	537	1153	1797	3140	4567	6487	12373					
	9		2023	3620	5377	7773	17230	83	207	473	790	1527	1153	4390	537	1153	1797	3147	4587	6487	12373					
	10		2030	3640	5390	7773	17230	83	210	480	790	1527	1153	4390	537	1153	1797	3147	4587	6487	12373					
62	1	533	1157	1807	3217	4803	6977	14387	23	103	180	497	710	1200	3807	510	1053	1627	2810	4093	5777	10580				
	2	560	1177	1840	3353	4967	7220	14853	43	113	197	430	773	1303	4250	517	1063	1643	2923	4193	5917	10603				
	3	570	1187	1867	3400	5057	7390	15587	57	113	190	447	810	1377	4720	513	1073	1677	2953	4247	6013	10863				
	4	577	1190	1873	3437	5200	7503	16253	57	117	203	480	837	1480	5170	520	1073	1670	2957	4263	6023	11083				
	5	577	1193	1883	3470	5170	7620	16653	57	123	197	483	877	1503	5567	520	1070	1687	2987	4293	6117	11287				
	6	580	1197	1890	3497	5197	7693	63	127	207	500	890	1503	5567	517	1070	1683	2997	4307	6117	11287					
	7	587	1200	1903	3507	5247	7693	63	223	520	903	1660	1680	2987	4343	517	1060	1663	3000	4347	6117	11287				
	8		1910	3530	5263	7693	63	217	530	917	1660	1680	2987	4343	517	1060	1663	3000	4347	6117	11287					
	9		1910	3547	5297	7693	63	220	547	943	1660	1680	2987	4343	517	1060	1663	3000	4347	6117	11287					
	10		1917	3560	5320	7693	63	220	547	943	1660	1680	2987	4343	517	1060	1663	3000	4347	6117	11287					
	11																									
63	1	527	1120	1777	3133	4637	6650	12183	10	60	113	287	523	887	2200	517	1060	1663	2847	4113	5763	9983				
	2	540	1143	1810	3213	4747	6917	13383	17	63	133	323	580	940	2603	523	1080	1677	2890	4167	5977	10780				
	3	530	1160	1823	3253	4830	7060	13950	7	60	130	330	593	1030	2907	523	1100	1693	2923	4237	6030	11043				
	4	527	1163	1843	3280	4880	7200	14517	7	63	143	347	597	1033	3103	520	1100	1700	2933	4283	6167	11413				
	5	533	1170	1867	3313	4940	7273	14950	15350	63	163	350	617	640	1087	3353	517	1070	1703	2987	4323	6187	11597			
	6		1880	3330	4960	7330	15350	63	163	367	640	147	370	660	1087	517	1070	1717	2963	4320	6187	11597				
	7		1883	3357	4990	7330	15350	63	163	367	640	147	380	667	1087	517	1070	1717	2987	4330	6187	11597				
	8		1883	3367	5023	7330	15350	63	163	367	640	147	380	667	1087	517	1070	1717	2987	4330	6187	11597				
	9			3380	5043	5083	7330	15350	63	163	367	640	147	380	667	1087	517	1070	1717	2987	4330	6187	11597			
	10			3393	5083	5397	7330	15350	63	163	367	640	147	380	667	1087	517	1070	1717	2987	4330	6187	11597			
	11																									
64	1	500	1027	1643	3070	6707	10970	20	57	130	417	863	1513	3647	480	970	1513	2653	3843	5230	7323					
	2	500	1053	1677	3193	4863	6970	12637	27	63	147	477	967	1647	4250	473	990	1530	2717	3897	5323	8387				
	3	497	1057	1697	3247	4960	7117	13137	20	67	147	503	1013	1787	4607	477	990	1550	2743	3947	5330	8539				
	4	493	1060	1713	3297	5020	7253	13483	20	70	167	517	1043	1850	4860	473	990	1547	2780	3977	5403	8625				
	5	497	1063	1730	3323	5087	7330	13723	183	187	550	1080	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587					
	6		1743	3363	5123	7383	13983	183	187	550	1120	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587						
	7		1747	3383	5163	7383	13983	183	187	550	1120	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587						
	8		1750	3403	5197	7403	14080	183	187	550	1120	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587						
	9			3423	5233	5253	7403	14080	183	187	550	1120	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587					
	10			3450	5253	5353	7403	14080	183	187	550	1120	1913	5137	1543	1543	1543	2773	4007	5417	8587					
	11																									

Tabelle 60. Längenänderungen des Betons in den Säulen Reihe D, Tab. I.

Tabelle 60. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung. Art der Proben: Zylindrische spiralbewehrte Säulen von 1,3 m Länge ohne Schale. Durchmesser = äußerer Durchmesser der Spirale bei Nr. 62 = 5 mm, bei Nr. 64 = 7 mm.

Tabelle 61. Längenänderungen der Säulen Reihe D, gemessen zwischen den Druckplatten.

Bis 145 800 kg letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- u. Entlasten (s. Tab. 59 u. 60).

	Verkürzung in % · 10 <sup>-4</sup>	Gesamt				Bleibend				Federnd			
		61	62	63	64	61	62	63	64	61	62	63	64
Säulen Nr.													
Durchm. des Eisens der Spiralen cm		0,5		0,7		0,5		0,7		0,5		0,7	
Zustand der Säulen	mit Schale	ohne Schale	mit Schale	ohne Schale	mit Schale	ohne Schale	mit Schale	ohne Schale	mit Schale	ohne Schale	mit Schale	ohne Schale	
12530	120	248	95	211	45	135	22	92	76	114	72	119	
22960	231	415	206	410	77	207	60	192	155	208	146	218	
33330	343	556	320	585	113	258	101	270	231	298	219	315	
53750	559	845	541	886	183	368	187	387	378	477	354	500	
73710	773	1163	743	1185	257	475	255	486	516	688	488	700	
98500	1054	1723	987	1606	345	724	325	612	710	1000	662	994	
145800	1892	4780	1743	2981	692	—	603	1413	1201	—	1139	1568	
174240	2661	—	2114	4830									
Be- lastungen in kg	177340	3844	—	—									
192620	—	—	3410	—									
194650	—	—	—	9025									
196270	—	—	—	9994									
194650	—	—	—	10949									
190590	—	—	—	5957									
184500	—	—	—	15122									
174240	4555	—	—	—									
163870	5486	—	—	—									
153510	6400	—	—	—									
143140	7615	6538	—	—									
132770	—	8251	—	—									
122400	—	9321	—	—									

Tabelle 62. Druckfestigkeit der Säulen mit und ohne Schale.

Spiralbewehrte Säulen von 1,3 m Länge; geprüft bei 45 Tagen Alter. Aeußerer Durchmesser der Spiralen = 28 cm.

Säule Nr.	Form des Quer- schnittes	Bewehrung				Bruchbelastungen		Verhältniszahlen		Bruch- erschei- nungen s. Abb.	
		Längseisen		Quer		der Säulen $P$	des zuge- hörigen Würfels $P_1$	$\frac{P}{P_1} \cdot 100$	$\%$		
		Anzahl	Durch- messer	Gang- höhe	Eisen- stärke						
61	mit Schale, achtseitig				0,5	177 360	201 200	88,2	116		
63					0,7	200 740	219 700	91,4	102		
62	8	1,4	4		0,5	152 680	201 200	75,9		31	
64	ohne Schale, Kreisform				0,7	196 270	219 700	89,3		100	

Tabelle 63. Zusammenwirken von Schale und Kern in den spiralbewehrten Säulen, abgeleitet aus den zwischen den Druckplatten beobachteten Verkürzungen.

Säule Nr.	Eisenstärke der Spirale cm	Form	Säulen-Querschnitt		Gesamtverkürzung der Säulen $\delta$ in $\frac{1}{10} \cdot 10^{-4}$ , gemessen zwischen den Druckplatten bei den folgenden Belastungen $P$ in kg.**)							
			gesamt $F$	Kern*) $F_k$	Schale $F_s$	(13,92) 12 530	(25,51) 22 960	(37,03) 33 330	(59,72) 53 750	(81,90) 73 710	(109,44) 98 500	(162,00) 145 800
46—48	unbewehrt		—	—	—	126	231	336	545	743	1012	1647
61	0,5	achts seitig	900	616	284	134	246	358	574	788	1069	1907
63	0,7		616	284	133	244	358	579	781	1025	1741	2152
62	0,5	rund	616	—	175	320	461	750	1068	1628	3985	—
64	0,7		—	—	186	342	495	796	1095	1516	2891	4740
62	Der Verkürzung der Säulen entsprechende Druck- spannung $\sigma_s$ im Beton in kg/qcm. An der Schaulinie Abb. 57 abgegriffen		19,5	35,3	51,0	82,0	116,0	160,5	—	—	—	—
64	Aus den Druckspannungen $\sigma_s$ berechnete Belastungen $P_s$ in kg. $P_s = \sigma_s \cdot F_s$		20,5	38,0	54,3	87,0	117,5	152,3	—	—	—	—
62	Errechnete Gesamtbelastungen $J$ für die beobachteten Verkürzungen. $J = P + P_s$		5 550	10 000	14 400	23 300	33 000	45 550	—	—	—	—
64	Belastungen $P$ der Säulen 61 und 63 bei den für die Säulen 62 und 64 beobachteten Verkürzungen.		5 830	10 800	15 400	24 700	33 400	43 300	—	—	—	—
61	$\Delta P = J - P$ in kg		18 080	32 960	47 730	77 050	106 710	144 050	—	—	—	—
64			18 360	33 760	48 730	78 450	107 110	141 800	—	—	—	—
61	Belastungen $P$ der Säulen 61 und 63 bei den für die Säulen 62 und 64 beobachteten Verkürzungen.		16 400	30 000	43 100	72 000	98 400	132 000	—	—	—	—
63			17 600	32 200	46 700	75 200	102 500	133 500	—	—	—	—
61	$\Delta P = \frac{J - P}{P} \cdot 100$ in %		1 680	2 960	4 630	5 050	8 310	12 050	—	—	—	—
63			760	1 560	2 030	3 250	4 610	8 300	—	—	—	—
61			10,2	9,9	10,7	7,0	8,4	9,1	—	—	—	—
63			4,3	4,9	4,4	4,3	4,5	6,2	—	—	—	—

\*) Entsprechend dem äußeren Durchmesser  $d_a$  der Spiralbewehrung ( $d_a = 28$  cm) und zugleich dem Durchmesser der runden Säulen 62 und 64.

\*\*) Die in Klammern zugefügten Werte stellen die den Belastungen entsprechenden Druckspannungen in kg/qcm dar, bezogen auf den Querschnitt  $F = 900$  qcm der unbewehrten achsseitigen Säulen 46—48.

Tabelle 64. Zugversuche mit dem Material der Querbewehrungen zu den Säulen 73 bis 85.

Probe Nr.	Material- Zeichen Nr.	Zustand der Bearbeitung	Verwendet		Abmessungen		Spannungen kg/qcm			Elastizitäts- zahl $\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot \frac{I}{a} = E$	$\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ Bruch- dehnung auf o = $11,3 \sqrt{\frac{o}{f}}$
			zu	in den Säulen	Durch- messer $d$ cm	Quer- schnitt $f$ qcm	Proportio- nalitätsgrenze $\sigma_P$	Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$		
I	1	Stangen, Material Nr. 5	0,94	0,694	2740	3030	3980	2 040 000	76	31,0	
2			0,94	0,694	1730	2880	4140	2 075 000	70	30,5	
3			0,95	0,709	2680	2820	4020	2 000 000	70	29,8	
Mittel			<b>0,94</b>	—	<b>2380</b>	<b>2910</b>	<b>4050</b>	<b>2 038 000</b>	<b>72</b>	<b>30,4</b>	
I	2	Aus Knüppeln von 50 kg Gewicht	0,83	0,541	2590	2770	3920	2 090 000	71	31,9	
2			0,82	0,528	1140	2650	4000	2 125 000	66	23,8	
3			0,82	0,528	2080	2840	4110	2 015 000	69	27,7	
Mittel			<b>0,82</b>	—	<b>1940</b>	<b>2750</b>	<b>4010</b>	<b>2 076 700</b>	<b>69</b>	<b>27,8</b>	
I	3	zu Stangen warm gewalzt	0,75	0,442	2710	3170	4000	2 030 000	79	32,2	
2			0,74	0,430	2560	3020	3900	2 070 000	77	31,5	
3			0,75	0,442	2720	2940	3950	2 060 000	74	31,2	
Mittel			<b>0,75</b>	—	<b>2660</b>	<b>3040</b>	<b>3950</b>	<b>2 053 000</b>	<b>77</b>	<b>31,6</b>	
I	9	Ringen u Spiralen, Material Nr. 10 u. 11	1,20	1,131	—	2480	4020	—	62	30,1	
2			1,17	1,075	—	2410	3960	—	61	28,3	
3			1,17	1,075	—	2590	4070	—	64	24,8	
Mittel			<b>1,18</b>	—	—	<b>2490</b>	<b>4020</b>	—	<b>62</b>	<b>27,7</b>	
I	4	Aus Material Nr. 2 in einem Zuge von 8,2 auf 7,4 mm Durch- messer kalt gezogen	Ringen, Material Nr. 7	0,75	0,442	2040	5880	6240	2 160 000	94	11,7
2			0,74	0,430	3490	6050	6400	2 140 000	95	12,5	
3			0,75	0,442	2040	5650	6000	2 150 000	94	11,5	
Mittel			<b>0,75</b>	—	<b>2520</b>	<b>5860</b>	<b>6310</b>	<b>2 150 000</b>	<b>94</b>	<b>11,9</b>	
I	5	Aus Material Nr. 1 in drei Zügen ohne Glühungen von 9,5 : 8,8 : 8,2 : 7,4 mm Durchm. kalt gezogen	Ringen, Material Nr. 8	0,74	0,430	2560	6400	6920	2 045 000	93	10,2
2			0,74	0,430	2560	6630	6980	2 070 000	95	9,9	
3			0,74	0,430	2090	6190	7070	2 065 000	88	10,5	
Mittel			<b>0,74</b>	—	<b>2400</b>	<b>6410</b>	<b>6990</b>	<b>2 060 000</b>	<b>92</b>	<b>10,2</b>	
I	6	Aus Material Nr. 3 zur Spirale gewalzt	Ringen 73—75	0,73	0,419	—	3220	4240	—	74	25,5
2				0,73	0,419	—	3220	4340	—	74	22,4
3				0,73	0,419	—	3220	4340	—	74	21,2
Mittel			<b>0,73</b>	—	—	<b>3220</b>	<b>4310</b>	—	<b>74</b>	<b>23,0</b>	
I	7	desgl. aus Material Nr. 4	Ringen 76—78	0,75	0,442	—	5660	6110	—	93	9,3
2				0,75	0,442	—	6110	6180	—	99	9,6
3				0,75	0,442	—	6000	6310	—	95	8,2
Mittel			<b>0,75</b>	—	—	<b>5920</b>	<b>6200</b>	—	<b>96</b>	<b>9,0</b>	
I	8	desgl. aus Material Nr. 5	Ringen 79	0,74	0,430	—	6280	6980	—	90	6,4
2				0,74	0,430	—	6860	7000	—	98	6,2
3				0,74	0,430	—	6980	7000	—	100	7,1
Mittel			<b>0,74</b>	—	—	<b>6710</b>	<b>6990</b>	—	<b>96</b>	<b>6,6</b>	
I	10	desgl.	Ringen 80—82	I,19	I,112	—	3420	4560	—	75	19,0
2				I,18	I,094	—	3290	4520	—	73	22,9
3				I,19	I,112	—	3420	4450	—	77	18,5
Mittel			<b>I,19</b>	—	—	<b>3380</b>	<b>4510</b>	—	<b>75</b>	<b>20,1</b>	
I	11	desgl. aus Material Nr. 9	Spiralen 83—85	I,19	I,112	—	3330	4490	—	74	18,0
2				I,17	I,075	—	3270	4590	—	71	20,5
3				I,19	I,112	—	3460	4550	—	76	17,8
Mittel			<b>I,18</b>	—	—	<b>3350</b>	<b>4540</b>	—	<b>74</b>	<b>18,8</b>	

Tabelle 65. Einfluß des Biegens zu Ringen (Bügel) und Wickelns zu Spiralen auf die Zugfestigkeit der Bewehrungseisen.

Material		Zustand der Bearbeitung	Probe Nr.	Abmessungen		Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bruch- dehnung auf $l = 11,3 \sqrt{f}$	
Ursprung	Zeichen			Durch- messer $d$ cm	Quer- schnitt $f$ qcm	Streck- grenze $\sigma_S$	Bruch- grenze $\sigma_B$			
Drahtringe von etwa 60 cm Durchmesser, verwendet zu den Säulen Nr. 55 bis 60	a	Wie angeliefert	I	0,65	0,332	2260	3770	60	34,0	
			2	0,66	0,342	2310	3890	59	33,9	
			Mittel	0,66	—	2290	3830	60	34,0	
	b		I	0,65	0,332	2500	3990	63	29,0	
			2	0,65	0,332	2680	4190	64	28,8	
			Mittel	0,65	—	2500	4090	64	28,9	
	c		I	0,65	0,332	2530	4010	63	30,0	
			2	0,65	0,332	2470	3830	65	29,6	
			Mittel	0,65	—	2500	3920	64	29,8	
	a		3	0,65	0,332	2530	3890	65	28,2	
			4	0,66	0,340	2570	3790	68	30,2	
			Mittel	0,66	—	2550	3840	67	29,2	
	b		3	0,65	0,332	2560	4130	62	27,4	
			4	0,65	0,332	2890	4250	68	32,2	
			Mittel	0,66	—	2730	4190	65	29,8	
	c		3	0,66	0,340	2460	3740	66	25,3	
			4	0,65	0,332	2520	3860	65	26,2	
			Mittel	0,66	—	2490	3800	66	25,8	
	a		5	0,66	0,342	2750	3830	72	23,7	
			6	0,66	0,342	2570	3800	68	23,7	
			Mittel	0,66	—	2660	3820	70	23,7	
	b		5	0,65	0,332	2800	4070	69	25,0	
			6	0,65	0,332	2680	4160	64	23,7	
			Mittel	0,65	—	2740	4120	67	24,4	
	c		5	0,65	0,332	2800	4100	68	22,1	
			6	0,66	0,342	2840	4040	70	22,9	
			Mittel	0,66	—	2820	4070	69	22,5	
	a	Verhältniszahlen: Einfluß des Walzens zum Ring	Mittel	—	—	111	100	111	86	
	b	3 u. 4 · 100	—	—	105	102	101	103		
	c	1 u. 2 %	—	—	100	97	103	87		
	Mittel	%	—	—	105	100	105	92		
	a	Verhältniszahlen: Einfluß des Wickelns zur Spirale	Mittel	—	—	116	100	116	70	
	b	5 u. 6 · 100	—	—	106	101	105	84		
	c	1 u. 2 %	—	—	113	104	108	76		
	Mittel	%	—	—	112	102	110	77		
besonders gewalzte Stangen	3	warm gewalzt	Mittel- werte, die Einzel-	0,75	—	3040	3950	77	31,6	
	9			1,18	—	2490	4020	62	27,7	
	4	kalt gezogen		0,75	—	5860	6310	94	11,9	
	5	besonders hart gezogen		0,74	—	6410	6990	92	10,2	
	6	Zur Spirale		0,73	—	3220	4310	74	23,0	
	10	9	s. Tab. 64	1,19	—	3380	4510	75	20,1	
	11	gewickelt		1,18	—	3350	4540	74	18,8	
	7	aus		0,75	—	5920	6200	96	9,0	
	8	Material Nr.		0,74	—	6710	6990	96	6,6	
	6:3	Verhältniszahlen, die Werte für den			106	109	96	73		
	10:9				135	112	125	73		
	11:9	Anlieferungszustand gleich			134	113	119	68		
	7:4	100 gesetzt			101	98	102	76		
	8:5				105	100	104	65		

Tabelle 66.  
Festigkeitseigenschaften des Materials der Längsbewehrungen zu den Säulen 73 bis 85.

Probe Nr.	Material Zeichen Nr.	Abmessungen verwendet zu den Säulen	Zugversuche			Druckversuche		
			Spannungen kg/qcm		$\frac{\sigma_S}{\sigma_B} \cdot 100$	Bruchdehnung $l = 11,3 V/f$	Spannungen kg/qcm	Proportionali- tätsgrenze $\sigma_{-s}$
			Durchmesser $d$	Querschnitt $f$ qcm				
1			1,42	1,584	3030	3940	77	32,8
2	14	73 bis 79	1,40	1,539	3180	4170	76	30,2
3			1,45	1,651	2980	4090	73	28,9
Mittel			<b>1,43</b>	—	<b>3060</b>	<b>4070</b>	<b>75</b>	<b>30,6</b>
							<b>3170</b>	<b>2700</b>
1			1,61	2,036	3020	4110	74	29,3
2	15	80 bis 85	1,60	2,011	3030	4280	71	30,0
3			1,61	2,036	2970	4160	71	30,5
Mittel			<b>1,61</b>	—	<b>3010</b>	<b>4180</b>	<b>72</b>	<b>29,9</b>
							<b>3170</b>	<b>2690</b>
								<b>1976 000</b>

II\*

**Tabelle 67. Längenänderungen des Betons  
bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung.**

Querbewehrung: Umgehakt Eisen Ringe aus weichem Eisen (warm gewalzt), s. Tabelle 64, Material 3 und 6).

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung $-d_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Bleibende Verkürzung $-d'_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Federnde Verkürzung $-d''_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	12530	22960	33330	53750
73	1	653	1372	2181	3839	5714	8338	15694	23	103	210	489	743	629	1269	1971	3350	4972
	2	639	1399	2224	3999	5881			27	113	256	516	793	613	1285	1968	3483	5088
	3	649	1412	2264	4043	5957			30	117	276	539	806	619	1295	1988	3503	5152
	4	649	1439	2294	4093	6047			30	127	280	539	836	619	1312	2014	3553	5211
	5	666	1439	2308	4146	6097				137	290	556	842	1302	2018	3590	5255	5265
	6	1455	2331	4153	6137					147	290	573	872	1309	2041	3580	5295	
	7	1458	2334	4169	6180					150	293	569	886	1309	2041	3600	5295	
	8	1465	2340	4179	6254					160	303	576	942	1305	2037	3603	5311	
	9	1472	2344	4186	6284					167	303	586	946	1305	2041	3600	5338	
	10	1488	2364	4202	6290					167	316	599	949	1321	2048	3603	5341	
	11	1488	2364	4219														
74	1	506	1126	1778	3156	4751	7136	13853	27	80	173	363	603	480	1046	1605	2794	4149
	2	519	1139	1812	3253	4965			27	87	200	392	673	493	1052	1612	2860	4292
	3	523	1152	1861	3357	5088			27	87	206	436	706	496	1066	1655	2920	4382
	4	526	1159	1871	3393	5142			27	100	233	433	733	499	1059	1638	2960	4409
	5	526	1159	1888	3423	5215				100	226	450	746	1059	1662	2974	4459	
	6	1159	1891	3429	5255					100	230	450	746	1059	1668	2980	4509	
	7	1159	1898	3429	5268						230	450	753	773	1039	1615	2890	4515
	8	1898			5298								779					4525
	9				5335													
	10				5365													
	11				5361													
75	1	499	1086	1698	3127	4715	6963	13070	20	77	170	380	653	480	1009	1528	2747	4063
	2	506	1102	1772	3230	4858			20	83	190	420	673	490	1019	1582	2811	4186
	3	512	1112	1782	3277	4948			20	87	193	446	733	493	1026	1588	2831	4216
	4	515	1116	1805	3317	5014			20	93	200	473	769	496	1022	1605	2844	4246
	5	523	1128	1805	3353	5062			20	93	213	483	789	486	1032	1592	2870	4272
	6	523	1146	1828	3387	5115			20	100	213	516	819	486	1046	1615	2870	4296
	7	523	1142	1832	3413	5142			20	103	220	523	819	486	1042	1612	2890	4322
	8	1146	1838	3400	5152				20	103	226	486	819	490	1042	1612	2914	4332
	9	1152	1855	3417	5181					20	103	230	490	819				2927
	10				3413													
	11																	
Mittel für die letzte Belastungsreihe	572	1266	2094	3687	5611	—	—	31	123	259	513	849	535	1141	1780	3170	4753	

Tabelle 68. Längenänderungen des Betons bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2090 kg Anfangsbelastung.

Querbewehrung: Umgehakt Eisen aus hartem Eisen (kalt gezogen, s. Tabelle 64, Material 4 und 7).

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung $\rightarrow \delta_b$ in $10^{-5}$												Bleibende Verkürzung $\rightarrow \delta_b'$ in $10^{-5}$						Federnde Verkürzung $\rightarrow \delta_b''$ in $10^{-5}$							
			22960	33330	53750	73710	98590	145800	12530	22960	33330	53750	73710	12530	22960	33330	53750	73710	12530	22960	33330	53750	73710					
77	1	626	1342	2157	3786	5708	8468	16417	27	70	173	270	616	599	1272	1984	3516	5092	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte				
	2	632	1375	2197	3909	5887	5974	10	90	193	343	656	606	1295	2007	3566	5231											
	3	643	1395	2228	3963	5974	6041	13	93	210	413	706	613	1305	2035	3570	5295											
	4	626	1399	2244	4053	6041	6114	10	93	213	420	736	616	1312	2048	3640	5335											
	5	626	1405	2261	4076	6114	6131	10	93	210	430	716	616	1315	2045	3670	5378											
	6	629	1419	2264	4099	6180	6180	10	93	220	440	746	616	1312	2051	3679	5415											
	7	1432	2278	4099	6180	6237	6237	10	120	226	440	766	616	1325	2055	3703	5435											
	8	1445	2291	4146	6237	6260	6260	10	120	236	443	786	616	1332	2065	3710	5475											
	9	1462	2301	4156	6260	6314	6314	10	130	236	446	786	616	1342	2065	3720	5521											
	10	1475	2304	4156	6260	6327	6327	10	133	236	436	793	616	1342	2065	3723	5531											
	11	1472	2304	4159	6260	6340	6340	10	133	236	436	796	616	1342	2065	3723	5531											
	12																											
78	1	616	1362	2188	3883	5708	8345	16184	20	83	170	376	636	596	1279	2018	3506	5071	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte				
	2	626	1402	2234	3979	5894	5997	10	93	173	400	719	609	1325	2071	3590	5215											
	3	636	1419	2244	4036	6086	6074	10	100	203	423	746	609	1329	2071	3636	5278											
	4	643	1429	2271	4086	6119	6154	10	100	203	456	759	609	1332	2071	3663	5328											
	5	643	1432	2281	4119	6154	6154	10	100	203	456	759	609	1332	2071	3663	5395											
	6	649	1435	2294	4149	6161	6161	10	103	210	440	749	619	1332	2085	3710	5411											
	7	649	1449	2301	4186	6204	6204	10	110	213	470	796	616	1339	2088	3716	5408											
	8	649	1452	2318	4202	6247	6247	10	110	216	470	803	616	1342	2101	3733	5444											
	9	1459	2341	4222	6260	6307	6307	10	113	216	480	779	616	1345	2125	3743	5481											
	10	1462	2341	4229	6260	6354	6354	10	113	216	470	833	616	1345	2125	3760	5475											
	11																											
Mittel für die letzte Belastungsreihe			639	1467	2323	4207	6349				22	123	226	453	815	616	1344	2095	3742	5503								

Bemerkung: Bei Prüfung der Säule 76 hatte der Spiegelapparat versagt, die Längenänderungen können daher nicht angegeben werden.

Tabelle 69. Längenänderungen des Betons  
bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung.  
Querbewehrung: Umgehakte Ringe aus besonders hartem Eisen (kalt gezogen, s. Tabelle 64, Material 5 und 8).

Tabelle 70.

Längenänderungen der Säulen mit umgehakten Ringen aus verschiedenartigem Eisen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten.

1. Bis 174 240 kg Belastung, letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten (s. Tab. 67 bis 69).

Säulen Nr.	Querbewehrung		Bedeutung der Werte	Verkürzung — $\delta$ in $\% \cdot 10^{-4}$								
	Form	Zustand des Eisens		bei den folgenden Belastungen in kg								
				12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	174240	
73		weich		143	284	401	623	865	1122	2082	2679	
74				138	291	427	678	939	1152	1950	2854	
75				109	230	348	566	767	909	1591	2234	
Mittel			Gesamt-	130	268	392	622	857	1061	1874	2589	
76		hart	ver- kürzung	171	332	466	716	982	1219	2007	2665	
77				159	311	439	681	913	1111	1786	2532	
78				111	232	353	613	864	1066	1791	2758	
Mittel				147	292	419	670	920	1132	1861	2648	
79		besonders hart		95	210	321	550	775	975	1636	2237	
73		weich		50	120	167	254	341	—	—	—	
74				47	109	171	261	356	—	—	—	
75				33	77	117	193	258	—	—	—	
Mittel	um-		bleibende	43	102	152	236	318	—	—	—	
76	gehakte Ringe	hart	Ver- kürzung	73	155	222	334	456	—	—	—	
77				73	144	192	281	355	—	—	—	
78				38	77	116	209	307	—	—	—	
Mittel				61	125	177	275	373	—	—	—	
79		besonders hart		30	75	113	201	283	—	—	—	
73		weich		93	165	234	368	524	—	—	—	
74				92	182	256	417	584	—	—	—	
75				77	155	231	373	509	—	—	—	
Mittel			federnde	87	167	240	386	539	—	—	—	
76		hart	Ver- kürzung	98	177	244	382	532	—	—	—	
77				87	167	247	400	557	—	—	—	
78				74	155	237	404	557	—	—	—	
Mittel				86	166	248	395	549	—	—	—	
79		besonders hart		65	135	208	350	492	—	—	—	

2. Bei Belastungen über 174 240 kg.

Säulen Nr.	73	74	75	76	77	78
Zustand des Eisens der Bewehrung	weich			hart		
Gesamtverkürzung	174 240	—	3366	2308	2731	—
in $\% \cdot 10^{-4}$	191 000	—	—	—	3223	—
bei den neben- stehenden Belastungen in kg	194 650	3877	—	—	—	—
	204 800	—	—	10365	—	—
	214 940	—	—	—	7653	—
	235 240	—	—	—	10500	—
	255 690	—	—	—	13384	—
	265 950	—	—	—	—	19808
	245 440	—	—	—	21327	—
	204 800	—	—	—	—	27404
	176 320	—	—	28250	—	—
	163 870	—	30192	—	—	—
	143 140	—	—	31038	—	—

Tabelle 71. Druckfestigkeiten der Säulen Ergänzungsreihe 2.

Tabelle 71. Druckversuche mit den Säulen 73 bis 79, deren Querbewehrungen aus Eisen verschiedener Festigkeit gefertigt sind.  
 Form der Säulen: achtseitig mit 900 qcm Querschnitt und 1,30 m Länge.  
 Längsbewehrungen: 8 Rundeisen von 1,4 cm Durchmesser.  
 Querbewehrungen: Umgehakt Ringe aus 0,7-cm Eisen; Abstand 3 cm.  
 Alter bei der Prüfung: 90 Tage.

Säule Nr.	Eigenschaften des Eisens der Querbewehrungen <sup>1)</sup>			Bezeichnung für den Zustand des Eisens	Festigkeit der Säulen			Verhältnis zwischen den Säulenfestigkeiten $P_1 \cdot 100$ %	
	Spannungen kg/qcm	$\frac{1}{\alpha} = E$	Bruch- dehnung %		Belastung beim Beginn der Rißbildung		Verhältnis $P_1 \cdot 100$ %		
					der Säulen	des zugehörigen Würfels $P_1$ kg			
73					122 550	194 650	98		
74	2660	3040	3950	31,6	174 240	202 360	105		
75	—	3220	4310	23,0	174 240	219 000	110	131	
Mittel					<b>157 010</b>	<b>205 330</b>	<b>100</b>		
76					172 170	262 100	133		
77	2520	5860	6310	2150 000	174 240	272 860	142		
78	—	5920	6200	11,9 9,0	145 800	267 590	130		
Mittel					<b>164 070</b>	<b>267 500</b>	<b>136</b>	171	
79	2400	6410	6990	2060 000	10,2 6,6	296 720	189 100	145	
	—	6710	6990	—	Mittel	<b>144 420</b>	<b>156 230</b>	<b>190</b>	
86—88				unbewehrt			<b>79</b>	—	100

<sup>1)</sup> Von den beiden Zahlenreihen zu derselben Säule gilt die obere für Proben aus den gewalzten oder gezogenen Stangen, die untere für Proben aus den fertigen Ringen.

Tabelle 72. Längenänderungen des Betons

bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung.  
Querbewehrung: Umgehakt Eisen aus weichem Eisen von 1,2 cm Durchmesser (s. Tab. 64, Material 9 und 10).

Säule Nr.	Ge- messen Nr.	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung — $\delta_b$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung — $\delta'_b$ in $10^{-5}$						Federnde Verkürzung — $\delta''_b$ in $10^{-5}$			
			12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12008	12530	22960	33330	53750	73710	12530	22960	33330	53750	73710	—	—
80	1	1	523	1156	1825	3193	4759	6960	12008	70	93	143	276	486	452	1062	1682	2917	4272			
	2	543	1219	1871	3277	4898			40	100	157	300	473	503	1119	1714	2977	4426				
	3	559	1198	1918	3317	4958			50	103	186	316	503	509	1098	1698	3000	4456				
	4	559	1202	1908	3353	5015			53	97	193	320	543	506	1106	1714	3034	4472				
	5	566	1209	1925	3390	5045			110	183	330	533	533	1099	1742	3060	4512					
	6	1215	1915	3383	5088			110	183	353	559	559	1106	1732	3030	4529						
	7	1219	1918	3410	5115			200	356	559	559	559	1118	1718	3054	4555						
	8	1941	3430	5138						316	573	573	573	573	1114	1714	3087	4585				
	9	3450	5168							363	583	583	583	583	1114	1714	3090	4585				
	10	3460	5211							370	616	616	616	616	1114	1714	3090	4585				
	11	3467	5211																			
81	1	486	1096	1725	2990	4419	6320	11192	20	93	163	323	493	466	1002	1562	2667	3926				
	2	502	1132	1765	3090	4535			30	103	183	340	509	473	1029	1582	2731	4026				
	3	513	1142	1778	3127	4605			43	103	193	350	533	470	1039	1585	2777	4073				
	4	519	1146	1802	3157	4652			50	107	200	363	549	470	1039	1602	2794	4103				
	5	529	1156	1818	3190	4695			53	117	203	370	556	476	1039	1615	2821	4139				
	6	539	1172	1822	3207	4732			53	123	206	380	566	486	1049	1615	2827	4166				
	7	539	1178	1828	3217	4759			123	206	383	563	566	1056	1622	2834	4196					
	8	1182	1838	3247	4785				210	390	566	566	566	1628	2857	4220						
	9	1848	3250	4789					210	396	566	566	566	1638	2867							
	10	1851	3270						3267	493	493	493	493	493	493	493						
	11																					
82	1	(246)	1152	1825	3263	4992	7439	13303	10	77	147	346	619	240	1076	1678	2917	4372				
	2	533	1182	1858	3403	5145			27	87	157	403	656	506	1089	1702	3000	4489				
	3	549	1199	1901	3467	5271			30	103	179	413	689	519	1096	1722	3054	4582				
	4	549	1202	1904	3510	5338			30	107	190	416	716	519	1096	1715	3094	4622				
	5	549	1209	1921	3533	5385			107	210	433	723	723	1102	1712	3100	4662					
	6	1219	1951	3550	5411				107	220	450	716	716	1112	1732	3100	4695					
	7	1215	1971	3566	5445				220	450	729	729	729	1752	3117	4715						
	8	1971	3603	5475						466	756	756	756	756	3137	4719						
	9	3596	5501							463	769	769	769	769	3134	4732						
	10	3620	5524							466	766	766	766	766	3154	4759						
	11									5554	5554	5554	5554	5554	3154	4759						
Mittelwerte für die letzten Beobachtungsschichten			551	1205	1921	3451	5185	—	—	45	113	210	413	649	504	1091	1703	3037	4521			

bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung.  
Querbewehrung: Spiralen aus weichem Eisen von 1,2 cm Durchmesser (s. Tab. 64, Material 9 und 11).

Säule Nr.	Ge- messene Bela- stungs- reihe	Gesamtverkürzung $\delta_b$ in $10^{-5}$										Bleibende Verkürzung $\delta'_b$ in $10^{-5}$						Federnde Verkürzung $\delta''_b$ in $10^{-5}$				
		12530	22960	33330	53750	73710	98500	145800	12530	22960	33330	53750	73710	12530	22960	33330	53750	73710	—	—	—	—
83	1	626	1369	2191	3783	5598	8142	14116	37	90	173	340	539	589	1279	2018	3443	5058				
	2	636	1419	2204	3883	5738	5818	1213	47	97	193	363	609	619	1322	2011	3520	5128				
	3	656	1425	2231	3936	5818	37	120	127	120	203	406	639	609	1312	2035	3546	5185				
	4	663	1432	2248	3989	5891	4006	5947	127	127	193	410	659	1315	2071	3583	5251					
	5	663	1442	2264	4006	5987	4029	6047	130	196	413	676	1319	1319	2068	3596	5288					
	6	1449	2264	4029	5987	6047	6047	6047	130	130	406	699	1319	1319	2068	3616	5311					
	7	1449	2264	4056	6077	6077	6063	6063	133	133	403	706	1342	1342	3650	3660	5348					
	8	1475	4063	6077	6066	6104	6154	6154			716	716						5371				
	9	1462									719	719						5388				
	10																	5435				
84	1	549	1162	1784	3137	4652	6763	11556	30	93	147	296	470	519	1068	1638	2840	4182				
	2	553	1182	1815	3217	4762	4815	3267	47	97	143	336	506	509	1082	1668	2880	4256				
	3	559	1185	1832	3297	4928	53	186	180	180	360	546	526	1089	1688	2927	4289					
	4	559	1185	1861	3297	4935	5337	4935	57	93	180	363	569	506	1096	1688	2937	4382				
	5	573	1185	1868	3337	4935	5337	4935	57	97	196	353	569	516	1092	1688	2974	4366				
	6	576	1185	1878	3344	4938	5344	4938	57	97	196	353	583	516	1089	1682	2990	4369				
	7	1185	1885	3357	5025	5025	5025	5025	97	97	200	366	583	516	1089	1685	2990	4442				
	8										193	355	613	516	1092	1688	3010	4432				
	9										206	350	626	516	1092	1688	3017	4456				
	10										206	363	633	516	1092	1688	3027	4475				
	11										206	363	633	516	1092	1688	3027	4475				
	12										206	363	633	516	1092	1688	3027	4475				
85	1	470	1012	1612	2831	4163	6047	10423	23	63	157	313	519	446	949	1455	2517	3643				
	2	476	1039	1652	2910	4262	4329	23	80	163	333	536	453	959	1489	2577	3726					
	3	480	1052	1665	2940	4329	4396	30	87	173	353	559	453	966	1492	2587	3770					
	4	480	1062	1689	2980	4396	4436	30	97	186	366	576	450	966	1502	2614	3820					
	5	486	1066	1698	2994	4436	4505	30	97	193	376	599	456	969	1505	2617	3836					
	6	486	1079	1705	3000	4452	4505	3000	103	196	390	623	596	456	976	1508	2611	3830				
	7	1086	1705	3010	4492	4522	3037	4522	103	203	396	629	629	456	982	1502	2614	3863				
	8	1086	1708	3037	4522	4519	3054	4545	203	403	626	633	633	456	1505	2634	3896					
	9								210	400	626	643	643	456	1512	2654	3886					
	10								210	400	626	643	643	456	1522	2654	3886					
	11																	3903				
Mittelwerte für die letzten Belastungsreihen		575	1244	1978	3520	5278	—	—	41	111	204	389	660	527	1138	1772	3114	4619				

Tabelle 74. Längenänderungen des Betons  
bei stufenweiser Laststeigerung und wiederholtem Entlasten auf 2000 kg Anfangsbelastung. Unbewehrt.

Tabelle 74. Längenänderungen des Betons in den Säulen der Ergänzungsreihe 3. 171

Säule Nr.	Ge- messen	Be- lastungs- reihe	Gesamtverkürzung $\delta_b$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Bleibende Verkürzung $\delta_b'$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$						Federnde Verkürzung $\delta_b''$ in $\text{mm} \cdot 10^{-5}$				
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 770	98 500	145 800	22 530	22 960	33 330	53 750	73 770	12 530	22 960	33 330	53 750	73 770
bei den folgenden Belastungen in kg																			
86	1	473	1046	1595	2771	4176	6317	43	143	220	416	726	430	902	1376	2354	3450		
	2	496	1066	1628	2857	4309	6590	57	153	240	446	773	440	912	1389	2411	3536		
	3	519	1076	1648	2907	4389		67	163	250	463	819	453	912	1399	2444	3570		
	4	523	1079	1655	2924	4486		83	170	260	496	889	440	909	1395	2428	3596		
	5	529	1082	1655	2980	4542		87	173	256	519	926	443	909	1399	2461	3616		
	6	533	1089	1672	3023	4585		—	103	176	276	523	939	430	912	1395	2468	3646	
	7	543	1099	1688	3040	4619		107	180	283	536	952	436	919	1405	2488	3666		
	8	543	1112	1695	3050	4649		110	283	539	962	433	912	1412	2501	3686			
	9	549	1705	1705	4659			110		283	546	986	440	912	1422	2504	3673		
	10	553			4672						982						3690		
	11				4705														
87	1	496	1032	1658	2897	4349	6297	12421	23	70	160	369	669	473	962	1499	2527	3680	
	2	506	1062	1688	3020	4499		30	73	176	396	709	476	989	1512	2624	3790		
	3	506	1072	1705	3060	4529		27	100	186	396	689	480	972	1518	2664	3839		
	4	496	1096	1722	3074	4585		20	97	196	433	739	476	999	1525	2641	3846		
	5	503	1092	1728	3090	4612		17	93	196	430	766	486	999	1532	2661	3846		
	6	496	1096	1742	3124	4669		17	97	200	443	799	480	999	1542	2681	3869		
	7	496	1099	1745	3130	4705		13	13	200	447	823	483	999	1542	2684	3883		
	8	500	1745	3134	4745		17			447	826	483				2687	3919		
	9	506		3167	4759					480	833					2687	3926		
	10			3180	4762					480	842					2701	3919		
	11			3183	4769														
88	1	432	939	1499	2657	3983	6081	14595	23	83	196	336	803	410	856	1302	2321	3180	
	2	456	962	1535	2691	4209		33	97	200	386	852	423	866	1335	2394	3377		
	3	463	979	1548	2751	4272		40	117	210	436	869	423	862	1339	2394	3403		
	4	463	986	1558	2777	4329		43	113	220	473	912	420	872	1339	2394	3417		
	5	466	996	1572	2817	4369		43	133	236	480	939	423	862	1335	2338	3430		
	6	466	1009	1595	2834	4446		133	240	493	976	976	876	886	1345	2341	3470		
	7	1019	1598	2840	4456			133	253	519	996				1352	2321	3460		
	8	1019	1605	2880	4512			253	526	1049	1049				2354	3443			
	9	1612		2904	4542				556	1046					2348	3497			
	10			2944	4555				556	1102					2388	3497			
	11			2934	4582											2388	3453		
Mittelwerte für die letzten Belastungsreihen			508	1077	1687	3056	4685	—	—	57	137	245	527	975	449	935	1439	2531	3687

Tabelle 75.

Längenänderungen der Säulen mit Bewehrungen aus 1,2 cm Eisen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bis 204800 kg Belastung. Letzte Beobachtung nach wiederholtem Be- und Entlasten (s. Tab. 72 bis 74).

Säulen Nr.	Form der Quer- bewehrung	Bedeutung der Werte	Verkürzung — $\delta$ in ${}^{\circ}/\text{o} \cdot 10^{-4}$								
			bei den folgenden Belastungen in kg								
			12 530	22 960	33 330	53 750	73 710	98 500	145 800	174 240	204 800
80	umgehakte Ringe	Gesamt- Verkürzung	132	267	393	610	813	1015	1628	2174	3005
81			138	289	418	647	921	1087	1783	2317	3374
82			129	264	389	615	846	1208	1771	2313	3268
Mittel			133	274	400	624	860	1103	1727	2268	3216
83	Spirale	unbewehrt	97	223	332	554	785	988	1564	2005	2715
84			134	282	427	652	861	1050	1656	2070	2854
85			96	208	315	516	722	913	1494	1949	2807
Mittel			109	238	358	574	789	983	1571	2008	2792
86	umgehakte Ringe	bleibende Verkürzung	123	231	326	508	723	975	—	—	—
87			140	263	381	601	821	1029	1793	—	—
88			129	248	355	576	841	1067	2194	—	—
Mittel			131	247	354	562	795	1023	[1994]	—	—
80	Spirale	federnde Verkürzung	48	99	143	209	271	—	—	—	—
81			58	130	185	275	397	—	—	—	—
82			47	97	150	234	314	—	—	—	—
Mittel			51	108	159	239	327	—	—	—	—
83	unbewehrt		27	68	106	178	259	—	—	—	—
84			55	117	181	269	324	—	—	—	—
85			28	62	95	152	217	—	—	—	—
Mittel			37	82	127	200	267	—	—	—	—
86	umgehakte Ringe		40	77	105	158	233	—	—	—	—
87			63	111	158	249	342	—	—	—	—
88			49	91	131	215	338	—	—	—	—
Mittel			51	93	131	207	304	—	—	—	—
80	Spirale		83	169	250	400	543	—	—	—	—
81			80	159	233	374	524	—	—	—	—
82			81	167	236	382	533	—	—	—	—
Mittel			81	165	240	385	533	—	—	—	—
83	unbewehrt		70	155	227	376	526	—	—	—	—
84			79	165	246	383	537	—	—	—	—
85			70	147	220	317	510	—	—	—	—
Mittel			73	155	231	359	524	—	—	—	—
86	unbewehrt		82	154	221	351	490	—	—	—	—
87			73	152	222	351	479	—	—	—	—
88			80	157	224	362	503	—	—	—	—
Mittel			78	154	222	354	491	—	—	—	—

Tabelle 75 a.

**Längenänderungen der Säulen mit Bewehrungen aus 1,2 cm Eisen, gemessen zwischen den beiden Druckplatten bei Belastungen über 204 800 kg.**

Säulen Nr.	80	81	82	84	85
Form der Querbewehrung	umgehakte Ringe			Spirale	
204 800		3 846	3 904	3 388	3 000
225 090		5 692			
Gesamt-verkürzung	229 150	4143			
235 240		6 731	6 193	5 096	4 269
265 950		9 808	9 077	8 270	7 731
in $\% \cdot 10^{-4}$	296 720	13 885	12 558	12 212	10 500
bei den	326 940	26 577	18 962	24 442	15 500
nebenstehenden	333 370			38 962	
Belastungen	350 440		44 037		
in kg	353 050				43 135
330 960					62 808
322 920			59 788		
204 800		63 115			
186 530				67 212	

Tabelle 76.

**Vergleich der Säulenfestigkeiten bei Bewehrung mit Ringen und Spiralen aus Eisen von 1,2 cm Durchmesser.**

Achtseitige Säulen von 1,3 m Länge.

Alter: 90 Tage.

Säule	Bewehrung				Belastung beim Beginn der Riß- bildung	Bruchbelastung		Verhältnis der Bruchfestigkeit	
	Längseisen		Quer			der Säulen $P$	des zu- gehörigen Würfels $P_1$	$\frac{P}{P_1} \cdot 100$	Säule zu Würfel $P$
	Anzahl	Durch- messer cm	Form	Abstand oder Ganghöhe cm	Eisen- durch- messer cm				
80			um- gehakte Ringe			198 710	348 230	198 500	175
81						174 240	334 970	193 200	173
82						174 240	354 260	199 900	177
Mittel	8	1,6	Spirale	3	1,2	182 400	345 820	197 200	175
83						204 800	364 400	189 100	192
84						204 800	333 370	191 800	173
85						184 500	357 470	198 500	180
Mittel						198 030	351 750	193 400	182
86			unbewehrt			155 370	155 370	197 200	79
87						132 010	167 400	199 900	84
88						145 880	145 880	199 900	73
Mittel						144 420	156 230	199 000	79

Druck von Oskar Bonde in Altenburg.











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307185**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313146

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307186**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313147

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307187**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313148

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307188**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313149

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307189**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313150

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307190**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



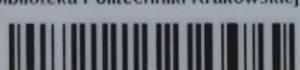
100000313151

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**III-307191**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000313152

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300776