



Die  
Eisenkonstruktionen

von

L. Geusen

Zweite Auflage

# Die Eisenkonstruktionen

Ein Lehrbuch  
für Schule und Zeichentisch

nebst einem Anhang  
mit Zahlentafeln zum Gebrauch beim Berechnen und Entwerfen  
eiserner Bauwerke

Von

Dipl. Ing. Prof. **L. Geusen**  
Kgl. Oberlehrer in Dortmund

Zweite, verbesserte Auflage

Mit 505 Figuren im Text und auf 2 farbigen Tafeln



Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg GmbH

1918

Alle Rechte, insbesondere das der  
Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN 978-3-662-36137-5      ISBN 978-3-662-36967-8 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-36967-8

Copyright 1918 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg  
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1918.  
Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1918

## Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem im Jahre 1915 als Auszug der 1. Auflage dieses Lehrbuches ein „Leitfaden für den Unterricht in Eisenkonstruktionen an Maschinenbauschulen“ erschienen und damit das Sonderbedürfnis dieser Schulen befriedigt ist, konnte das Ziel dieser 2. Auflage etwas weiter gesteckt werden.

Unter Beibehaltung der früheren Gliederung in drei Teile, von denen der erste die Konstruktionsgrundlagen, der zweite den Hochbau, der dritte den Brückenbau behandelt, ist die Erweiterung insbesondere dem 1. Teil zugute gekommen.

Wie in der 1. Auflage sind auch jetzt dem Zwecke eines Lehrbuches entsprechend die für die Durchbildung der Konstruktionen maßgebenden Gesichtspunkte und Regeln zunächst allgemein erörtert und begründet und darauf, soweit irgend durchführbar, an Hand bestimmter Aufgaben näher erläutert. Dieses Verfahren ersetzt bei der Einführung des Studierenden in die grundlegenden Gesetze und in das Verständnis der für die Werkstatt erforderlichen Maßangaben wohl am besten das gesprochene Wort und bietet gleichzeitig dem Lehrer eine Anzahl von Aufgaben zur Auswertung bei den Entwurfsübungen. Bei allen Aufgaben ist auf Grund der als bekannt vorausgesetzten Gesetze der Statik und Festigkeitslehre das den einzelnen Konstruktionen rechnerisch Eigentümliche, insbesondere die Ermittlung der äußeren Belastungen und die übersichtliche und zweckmäßige Durchführung der Zahlenrechnung vorgeführt. Die Aufgaben selbst sind durchweg ausgeführten Konstruktionen entnommen, aber keine getreuen Nachbildungen der wirklichen Ausführung; das Lehrbuch verlangt eben Anpassung der ausgewählten Beispiele an die aufgestellten Grundregeln.

Ein breiterer Raum ist in dieser neuen Auflage der Bildung der den ganzen Eisenbau beherrschenden Fachwerkssysteme gewidmet, und zwar nicht nur der ebenen, sondern vor allem auch der räumlichen. Die Konstruktion baut sich im Raum auf; daher kann auch nur die räumliche Vorstellung zu einem theoretisch und konstruktiv einwandfreien Entwurf führen. Diese räumliche Vorstellung zu gewinnen, ist aber dem Anfänger deshalb so schwierig, weil er bei der theoretischen Behandlung der Konstruktionen fast ausschließlich in der Ebene zu arbeiten gewöhnt wird. Ich hoffe, durch die erweiterte Darstellung wenigstens den Anfang zu einer dem entwerfenden Ingenieur zweckdienlicheren Behandlung dieses Gebiets gemacht zu haben. Mitbestimmend für die ausführlichere Darstellung des Aufbaus der Grundsysteme war auch die Tatsache, daß es unmöglich ist, im Rahmen eines Lehrbuches alle Gebiete, auf denen die Eisenkonstruktionen ausschließlich oder vorwiegend



herrschen, besonders für sich zu behandeln, unmöglich auch, der Notwendigkeit für den Entwurf neuer Systeme gerecht zu werden, die neue Aufgaben tagtäglich mit sich bringen. Nur Vertrautheit mit den Grundregeln über den räumlichen Aufbau des Gesamtsystems aber und über die konstruktive Durchbildung der Einzelheiten befähigt zur Lösung einer neuen Aufgabe.

Bei den übrigen Ergänzungen und Erweiterungen habe ich die zur 1. Auflage geäußerten Vorschläge der Fachgenossen soweit berücksichtigt, wie das der in der Kriegszeit leicht erklärliche Wunsch der Verlagsbuchhandlung, den früheren Umfang nicht wesentlich zu überschreiten, zuließ.

Die im Anhang vereinigten Zahlentafeln sind entsprechend den seit der 1. Auflage erschienenen Erlassen ergänzt und für den Gebrauch ausführlicher und handlicher gestaltet.

Auch diesmal ist es mir angenehme Pflicht, für die mir von vielen Seiten gewordene Anregung und Unterstützung, der Verlagsbuchhandlung insbesondere aber für ihr weitgehendes Entgegenkommen auf meine vielfachen Wünsche für die Ausgestaltung des Werks herzlichen Dank zu sagen.

Dortmund, im Juni 1918.

**L. Geusen.**

# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Abschnitt.

### Die Konstruktionsgrundlagen.

|   | Seite |
|---|-------|
| Erstes Kapitel.   |       |
| <b>Die zu Bauzwecken verwendeten Eisensorten. Schutz des Eisens gegen Rost und Wärme.</b> |       |
|   | Seite |
| 1. Die Eisensorten . . . . .  | 1     |
| 2. Reinigung und Rostschutz des Eisens . . . . .  | 2     |
| 3. Wärmeschutz des Eisens . . . . .   | 3     |
| Zweites Kapitel.  |       |
| <b>Verbindungsmitel.</b>  |       |
| I. Die Verbindung ist auf Abscheren beansprucht . . . . .                                 | 4     |
| A. Berechnung der Nietverbindungen . . . . .  | 5     |
| B. Anordnung der Nietverbindungen . . . . .   | 8     |
| C. Beispiele . . . . .  | 10    |
| II. Die Verbindung ist auf Zug beansprucht . . . . .                                      | 13    |
| Drittes Kapitel.  |       |
| <b>Träger.</b>  |       |
| <b>A. Berechnung der Träger.</b>  |       |
| I. Vollwandige Träger . . . . .   | 17    |
| 1. Balkenträger . . . . .   | 17    |
| a) Berechnung des Trägerquerschnitts . . . . .  | 17    |
| b) Berechnung der Auflagerung . . . . .   | 20    |
| 2. Bogenträger . . . . .  | 22    |
| a) Ermittlung der Stützdrücke, Biegemomente, Längs- und Scherkräfte . . . . .             | 22    |
| b) Berechnung des Trägerquerschnitts . . . . .  | 23    |
| c) Berechnung der Gelenke . . . . .   | 24    |
| II. Fachwerkträger . . . . .  | 26    |
| 1. Berechnung der Stabkräfte . . . . .  | 40    |
| 2. Berechnung der Auflagerung . . . . .   | 41    |
| <b>B. Konstruktion der Träger . . . . .</b>   |       |
| I. Vollwandige Träger . . . . .   | 41    |
| 1. Querschnittsformen . . . . .   | 41    |
| 2. Stoß der Träger . . . . .  | 47    |
| 3. Anschluß der Träger aneinander . . . . .   | 52    |
| 4. Auflagerung im Mauerwerk . . . . .   | 52    |
| 5. Verankerung mit dem Mauerwerk . . . . .  | 59    |
| II. Fachwerkträger . . . . .  | 60    |
| 1. Querschnittsform der Stäbe . . . . .   | 60    |
| 2. Ausbildung der Knotenpunkte . . . . .  | 70    |
| 3. Ausbildung der Stäbe zwischen den Knotenpunkten . . . . .                              | 80    |
| 4. Auflagerung . . . . .  | 84    |
| Viertes Kapitel.  |       |
| <b>Säulen.</b>  |       |
| <b>A. Berechnung der Säulen.</b>  |       |
| I. Die Säule wird nur auf Druck beansprucht . . . . .                                     | 93    |
| 1. Berechnung des Säulenquerschnitts . . . . .  | 93    |
| 2. Berechnung der Auflagerung . . . . .   | 94    |
| II. Die Säule wird auf Druck und Biegung beansprucht . . . . .                            | 94    |
| 1. Berechnung des Säulenquerschnitts . . . . .  | 94    |
| 2. Berechnung der Säulenfußplatte . . . . .   | 99    |
| 3. Berechnung der Auflagerung . . . . .   | 108   |
| <b>B. Konstruktion der Säulen.</b>  |       |
| I. Gußeiserne Säulen . . . . .  | 110   |
| 1. Querschnittsform . . . . .   | 110   |
| 2. Kopf- und Fußausbildung . . . . .  | 111   |
| II. Flußeiserne Säulen . . . . .  | 114   |
| 1. Querschnittsform . . . . .   | 114   |
| 2. Schaftausbildung . . . . .   | 116   |
| 3. Kopf- und Fußausbildung . . . . .  | 117   |

| Fünftes Kapitel.   |           | Seite  |
|--|-----------|--|
| <b>Verbindung von Trägern mit Säulen.</b>                  |           |  |
| I. Die Säule endigt unter dem Träger . . . . .             | Seite 122 |  |
| II. Die Säule geht durch mehrere Geschosse durch . . . . . | 124       |  |
|  |           | 1. Säule einteilig, Träger einteilig 124             |
|  |           | 2. Säule einteilig, Träger zweiteilig . . . . . 126  |
|  |           | 3. Säule zweiteilig, Träger einteilig 128            |
|  |           | 4. Säule zweiteilig, Träger zweiteilig . . . . . 128 |

## Zweiter Abschnitt.

**Hochbaukonstruktionen.**

| Sechstes Kapitel.   |           | Seite |
|---|-----------|-------|
| <b>Deckenkonstruktionen.</b>                                  |           |       |
| <b>A. Berechnung der Deckenkonstruktionen . . . . .</b>       | Seite 130 |       |
| I. Die Deckenfüllung . . . . .                                | 130       |       |
| II. Die Deckenbalken u. Unterzüge . . . . .                   | 132       |       |
| II. Die Säulen . . . . .                                      | 133       |       |
| <b>B. Konstruktion der Decken . . . . .</b>                   | 133       |       |
| 1. Deckenfüllung in Holz . . . . .                            | 133       |       |
| 2. Deckenfüllung in Stein . . . . .                           | 134       |       |
| 3. Deckenfüllung in Eisen . . . . .                           | 137       |       |
| <b>B. Konstruktion der eisernen Dächer . . . . .</b>          |           |       |
| I. Die Dachdeckung . . . . .                                  | 147       |       |
| 1. Wellblechdeckung . . . . .                                 | 147       |       |
| 2. Glasdeckung . . . . .                                      | 150       |       |
| II. Die Sparren . . . . .                                     | 158       |       |
| III. Die Pfetten . . . . .                                    | 160       |       |
| IV. Die Binder . . . . .                                      | 162       |       |
| 1. Rein eiserne Binder . . . . .                              | 162       |       |
| 2. Gemischt eiserne Binder . . . . .                          | 167       |       |
| a) Holz-Eisen-Binder . . . . .                                | 167       |       |
| b) Eisenbeton-Eisen-Binder . . . . .                          | 169       |       |
| V. Der Windverband . . . . .                                  | 173       |       |
| <b>Siebentes Kapitel.</b>                                     |           |       |
| <b>Dachkonstruktionen . . . . .</b>                           |           |       |
| <b>A. Berechnung der Dachkonstruktionen . . . . .</b>         | 138       |       |
| I. Die Dachdeckung . . . . .                                  | 139       |       |
| 1. Wellblechdeckung . . . . .                                 | 139       |       |
| 2. Glasdeckung . . . . .                                      | 142       |       |
| II. Die Sparren . . . . .                                     | 142       |       |
| III. Die Pfetten . . . . .                                    | 142       |       |
| 1. Ermittlung der äußeren Lasten                              | 142       |       |
| 2. Ermittlung der Biegemomente . . . . .                      | 144       |       |
| IV. Die Binder . . . . .                                      | 145       |       |
| V. Der Windverband . . . . .                                  | 147       |       |
| <b>Achtes Kapitel.</b>  |           |       |
| <b>Fachwerkwände.</b>   |           |       |
| I. Konstruktion der Fachwerkwände . . . . .                   | 174       |       |
| II. Berechnung der Fachwerkbauwerke gegen Winddruck . . . . . | 177       |       |
| <b>Neuntes Kapitel.</b>                                       |           |       |
| <b>Treppen.</b>   |           |       |
| <b>A. Berechnung der Treppen . . . . .</b>                    | 184       |       |
| <b>B. Konstruktion der Treppen . . . . .</b>                  | 186       |       |
| 1. Gemischt eiserne Treppen . . . . .                         | 186       |       |
| 2. Rein eiserne Treppen . . . . .                             | 187       |       |
| 3. Wendeltreppen . . . . .                                    | 189       |       |

## Dritter Abschnitt.

**Der Brückenbau.**

| Zehntes Kapitel.  |     | Seite |
|---|-----|-------|
| <b>Zweck, Eisenteilung und allgemeine Anordnung . . . . .</b> |     |       |
| 190   |     |       |
| <b>Elfte Kapitel</b>  |     |       |
| <b>Eisenbahnbrücken.</b>                                      |     |       |
| <b>A. Berechnung der Eisenbahnbrücken . . . . .</b>           | 192 |       |
| I. Die Fahrbahntafel . . . . .                                | 192 |       |
| 1. Querschwellen . . . . .                                    | 192 |       |
| 2. Buckelbleche . . . . .                                     | 192 |       |
| II. Die Längsträger . . . . .                                 | 192 |       |
| III. Die Querträger . . . . .                                 | 199 |       |
| IV. Die Hauptträger . . . . .                                 | 204 |       |
| V. Der Windverband . . . . .                                  | 207 |       |
| VI. Die Querverbände . . . . .                                | 209 |       |
| VII. Die Auflager . . . . .                                   | 215 |       |
| <b>B. Konstruktion der Eisenbahnbrücken . . . . .</b>         | 216 |       |
| I. Die Fahrbahndecke . . . . .                                | 216 |       |
| 1. Oberbauanordnung . . . . .                                 | 216 |       |
| 2. Abmessungen der Fahrbahndecke . . . . .                    | 220 |       |

|  | Seite |   | Seite |
|--|-------|---|-------|
| II. Die Fahrbahntafel . . . . .          | 222   | 2. Fahrbahntafel aus Stein . . . . .    | 246   |
| 1. Buckelbleche . . . . .                | 222   | 3. Fahrbahntafel aus Eisen . . . . .    | 246   |
| 2. Tonnenbleche . . . . .                | 224   | II. Die Längsträger . . . . .           | 247   |
| 3. Beton . . . . .                       | 225   | 1. Die Fahrbahnlängsträger . . . . .    | 247   |
| III. Die Längsträger . . . . .           | 226   | 2. Fußweglängsträger . . . . .          | 249   |
| 1. Grundrißanordnung . . . . .           | 226   | III. Die Querträger . . . . .           | 249   |
| 2. Querschnittsausbildung . . . . .      | 227   | IV. Die Konsolen . . . . .              | 251   |
| 3. Anschluß an die Querträger . . . . .  | 229   | V. Die Hauptträger . . . . .            | 251   |
| IV. Die Querträger . . . . .             | 232   | VI. Der Windverband . . . . .           | 251   |
| 1. Grundrißanordnung . . . . .           | 232   | VII. Die Querverbände . . . . .         | 251   |
| 2. Querschnittsausbildung . . . . .      | 232   | VIII. Die Auflager . . . . .            | 255   |
| 3. Anschluß an die Hauptträger . . . . . | 233   | <b>B. Konstruktion der Straßen-</b>     |       |
| V. Die Hauptträger . . . . .             | 235   | <b>brücken . . . . .</b>                | 255   |
| 1. Grundrißausbildung . . . . .          | 235   | I. Die Fahrbahndecke . . . . .          | 255   |
| 2. Querschnittsausbildung . . . . .      | 238   | 1. Abmessungen . . . . .                | 255   |
| a) Vollwandige Träger . . . . .          | 238   | 2. Gefälle . . . . .                    | 256   |
| b) Fachwerkträger . . . . .              | 239   | 3. Ausbildung . . . . .                 | 258   |
| 3. Auflagerung . . . . .                 | 239   | II. Die Fahrbahntafel . . . . .         | 260   |
| VI. Der Windverband . . . . .            | 241   | 1. Ausbildung . . . . .                 | 260   |
| 1. Die Diagonalen . . . . .              | 241   | 2. Unterbrechungen . . . . .            | 261   |
| 2. Die Vertikalen . . . . .              | 242   | 3. Anschluß an die Widerlager . . . . . | 262   |
| VII. Der Querverband . . . . .           | 243   | III. Die Längsträger . . . . .          | 264   |
| 1. Fachwerkförmig gegliederte            |       | IV. Die Querträger . . . . .            | 265   |
| Querverbände . . . . .                   | 243   | V. Die Konsolen und Geländer . . . . .  | 265   |
| 2. Querrahmen . . . . .                  | 244   | VI. Die Hauptträger . . . . .           | 269   |
|  |       | 1. Grundrißausbildung . . . . .         | 269   |
|  |       | 2. Querschnittsausbildung . . . . .     | 270   |
|  |       | 3. Auflagerung . . . . .                | 271   |
|  |       | VII. Der Windverband . . . . .          | 272   |
|  |       | VIII. Der Querverband . . . . .         | 272   |
|  |       | <b>Zahlentafeln . . . . .</b>           | 273   |

Zwölftes Kapitel.

**Straßenbrücken.**

|   |     |
|---|-----|
| <b>A. Berechnung der Straßenbrücken</b> | 244 |
| I. Die Fahrbahntafel . . . . .          | 244 |
| 1. Fahrbahntafel aus Holz . . . . .     | 244 |

**Aufgaben.**

|             |                   |     |     |                  |     |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
|-------------|-------------------|-----|-----|------------------|-----|--------|--------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|--------|-----|----|----|----|----|--|
| Aufgabe Nr. | 1                 | 2   | 3   | 4                | 5   | 6      | 7      | 8   | 9   | 10  | 11  | 12     | 13  | 14     | 15  | 16 | 17 | 18 | 19 |  |
| Seite       | 10                | 11  | 11  | 12               | 13  | 15     | 45     | 48  | 49  | 49  | 51  | 52     | 55  | 57     | 65  | 67 | 69 | 70 | 72 |  |
|             | Verbindungsmittel |     |     |                  |     |        | Träger |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Aufgabe Nr. | 20                | 21  | 22  | 23               | 24  | 25     | 26     | 27  | 28  | 29  | 30  | 31     | 32  | 33     | 34  | 35 | 36 | 37 | 38 |  |
| Seite       | 73                | 75  | 75  | 76               | 77  | 78     | 79     | 81  | 81  | 85  | 87  | 89     | 91  | 93     | 93  | 94 | 95 | 95 | 95 |  |
|             | Träger            |     |     |                  |     |        |        |     |     |     |     |        |     | Säulen |     |    |    |    |    |  |
| Aufgabe Nr. | 39                | 40  | 41  | 42               | 43  | 44     | 45     | 46  | 47  | 48  | 49  | 50     | 51  | 52     | 53  |    |    |    |    |  |
| Seite       | 97                | 98  | 100 | 101              | 103 | 103    | 104    | 106 | 107 | 108 | 109 | 109    | 110 | 111    | 113 |    |    |    |    |  |
|             | Säulen            |     |     |                  |     |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Aufgabe Nr. | 54                | 55  | 56  | 57               | 58  | 59     | 60     | 61  | 62  | 63  | 64  | 65     | 66  | 67     |     |    |    |    |    |  |
| Seite       | 117               | 118 | 121 | 122              | 124 | 130    | 131    | 131 | 132 | 132 | 133 | 135    | 139 | 139    |     |    |    |    |    |  |
|             | Säulen            |     |     | Tr. u. S.        |     | Decken |        |     |     |     |     | Dächer |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Aufgabe Nr. | 68                | 69  | 70  | 71               | 72  | 73     | 74     | 75  | 76  | 77  | 78  | 79     |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Seite       | 140               | 141 | 170 | 194              | 196 | 198    | 201    | 202 | 204 | 205 | 210 | 215    |     |        |     |    |    |    |    |  |
|             | Dächer            |     |     | Eisenbahnbrücken |     |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Aufgabe Nr. | 80                | 81  | 82  | 83               | 84  |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
| Seite       | 246               | 247 | 249 | 249              | 251 |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |
|             | Straßenbrücken    |     |     |                  |     |        |        |     |     |     |     |        |     |        |     |    |    |    |    |  |

## Erster Abschnitt.

# Die Konstruktionsgrundlagen.

## Erstes Kapitel.

### Die zu Bauzwecken verwendeten Eisensorten. Schutz des Eisens gegen Rost und Wärme.

#### 1. Die Eisensorten.

Die zu Bauzwecken verwendeten Eisensorten sind:

**I. Roheisen** als graues Gießereiroheisen, kurz Gußeisen genannt. Zulässige Beanspruchung auf Zug  $k_z = 250$  kg/qcm, auf Druck  $k_d = 500$  kg/qcm; daher vorwiegend zu auf Druck beanspruchten Konstruktionsteilen (Auflager, Säulen) verwendet, ferner überall da, wo die leichte Formgebung ausschlaggebend ist (Trägerzwischenstücke, Auflagerteile, vgl. 3. Kap.).

**II. Schmiedbares Eisen:**  $k_z = k_d$ ; hergestellt entweder in der Birne im Bessemer- (sauren) oder Thomas- (basischen) Verfahren oder im Siemens-Martin- bzw. Elektroofen oder endlich im Tiegel.

**1. Flußeisen:** Eisen mit weniger als 5000 kg/qcm Festigkeit, kommt als Bauwerkseisen nur gewalzt zur Verwendung.

**2. Flußstahl:** Eisen mit mehr als 5000 kg/qcm Festigkeit, kommt zur Verwendung

a) gegossen als Stahlformguß (mit einer Dehnung von mindestens  $10\%$  der Versuchslänge) besonders zu Auflagerteilen von verwickelter Form.

b) geschmiedet } (mit einer Dehnung von mindestens  $16\%$  der Versuchslänge).  
c) gewalzt }

Flußstahl, dessen Dehnung und Festigkeit durch Zusatz fremder Metalle erhöht wird, heißt insbesondere Nickelstahl (mit 1 bis  $2\frac{1}{2}\%$  Nickelzusatz), Chromstahl, Wolframstahl, Manganstahl usf.

Im Tiegel hergestellter Flußstahl (Tiegelflußstahl) wird wegen seiner hohen Herstellungskosten nur zu sehr schwer belasteten Auflagerteilen sowie für die Drahtkabel der Hängebrücken verwendet.

Das gewalzte schmiedbare Eisen wird sowohl zu auf Zug als auch auf Druck als gleichzeitig auf Zug und Druck (d. h. auf Biegung) beanspruchten Konstruktionsteilen verwendet, und zwar in folgenden Hauptquerschnittsformen:

a) Blech: glattes Blech; Riffelblech (mit einseitig eingewalzten Riffeln von

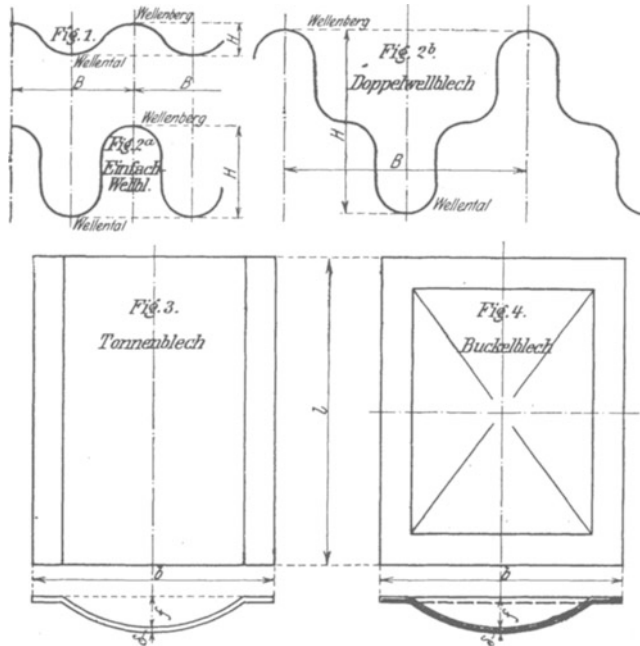


Fig. 1—4.

1 bis 3 mm Höhe); Wellblech (flaches Wellblech Fig. 1 und Trägerwellblech mit ein- oder mehrfacher Wellung Fig. 2<sup>a</sup> und Fig. 2<sup>b</sup>); Tonnenblech (Fig. 3); Buckelblech (Fig. 4).

β) Flacheisen (Universaleisen) und Vierkanteisen (z. B.  $\frac{80}{10}$ ;  $\frac{25}{25}$ ).

γ) Rundeisen (z. B. 30 mm  $\phi$ ; Schraube  $1\frac{1}{2}$ "  $\phi$ ).

δ) Profileisen, zusammengestellt im „Deutschen Normalprofilbuch für Walzeisen“, und zwar:

┌ Eisen (z. B. ┌ NP. 24);

└ Eisen (z. B. └ NP. 20);

Z Eisen (z. B. Z NP. 16);

└ Eisen (gleichschen-

lige z. B.  $\sphericalangle$  80·80·10 oder  $\overline{80:10}$  und ungleichschenklige z. B.  $\sphericalangle$  100·65·9 oder  $\frac{100:9}{65:9}$ );

┘ Eisen (breitfüßige z. B. ┘ NP.  $\frac{8}{4}$  und hochstegige z. B. ┘ NP.  $\frac{5}{5}$ );

Quadranteisen (z. B.  $\sphericalangle$  NP. 12 max), Belageisen (z. B.  $\frown$  NP. 9) und Handleisteneisen (z. B.  $\textcircled{/}$  NP. 8).

Die an die Güte des Baustoffs und an die aus ihm hergestellten Konstruktionen zu stellenden Anforderungen sind in den

„Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau“

und für die preußische Staatsbauverwaltung insbesondere in den

„Besonderen Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Anlieferung und Aufstellung von Eisenbauwerken“

zusammengestellt.

## 2. Reinigung und Rostschutz des Eisens.

a) Vor ihrer Zusammensetzung zu ganzen Konstruktionen müssen die einzelnen Eisenteile gereinigt werden.

Diese Reinigung ist — und damit begnügt man sich in den meisten Fällen — zunächst eine mechanische, indem Staub, Schmutz, Glühspan und Rost mit Schabeisen, Drahtbürsten und Putzlappen oder aber besser und

schneller durch Sandstrahl (wobei scharfer Quarzsand durch Preßluft auf die zu reinigenden Flächen geschleudert wird) entfernt werden.

Soll die Oberfläche vollkommen frei von Glühspan und Rost sein, so werden die mechanisch gereinigten Stücke in einem stark verdünnten Salzsäurebad gebeizt, darauf in einem Kalkwasserbad von den anhaftenden Säureteilchen gereinigt, in reinem Wasser oder Sodalaugung abgespült und endlich in kochendem Wasser bis zur Siedehitze erwärmt; nach Verdunstung des Wassers werden die gereinigten Teile mit dünnflüssigem, schnell trocknendem, wasser- und säurefreiem Leinölfirnis allseitig satt gestrichen.

b) Vor dem Vernieten werden die zusammenfallenden Berührungsflächen der einzelnen Teile nochmals gereinigt und mit Leinölfirnis gestrichen.

c) Nach dem Vernieten werden die Nietköpfe sofort mit Leinölfirnis gestrichen, darauf die Fugen zwischen den Berührungsflächen sorgfältig ausgekittet (bez. bei wasserdichten Konstruktionen verstemmt) und endlich alle sichtbaren Flächen mit dem Grund- oder Grundierungsanstrich versehen, der nur dünn aufzutragen und gut zu trocknen ist.

d) Nach beendeter Aufstellung (Montage) werden zunächst alle Fugen, in denen sich Wasser ansammeln kann, mit Kitt vollständig ausgefüllt und sorgfältig verstrichen; darauf wird der Grundanstrich ausgebessert bzw. bei den auf der Baustelle eingezogenen Nieten und Schrauben ergänzt und endlich der Deckanstrich aus einer als guter Rostschutz anerkannten Ölfarbe aufgebracht.

Bei den mit Erde, Kies, Sand oder Mauerwerk in Berührung kommenden Flächen wird die Ölfarbe durch Asphaltlack ersetzt.

Die statt des Anstrichs in besonderen Fällen (z. B. bei Well-, Buckel- und Tonnenblechen) verwendeten Metallüberzüge bestehen aus:

a) Zink: die chemisch gereinigten Stücke werden entweder heiß (durch Eintauchen in ein flüssiges Zinkbad) oder kalt (auf elektrolytischem Wege) mit einer dünnen, gegen die Einflüsse der Witterung unempfindlichen Legierung aus Zink und Eisen überzogen. Gewicht des Zinküberzugs mindestens 0,5 kg/qm Oberfläche.

β) Blei: teurer, daher seltener als Zink, aber auch widerstandsfähiger gegen die Einwirkung von Säuren.

γ) Zink und Blei (verzinkt — verbleien): bei mit Säuren stark verunreinigter Luft (z. B. bei Gas- und chemischen Fabriken).

### 3. Wärmeschutz des Eisens.

a) Wird das Eisen über etwa 300° hinaus erwärmt, so nimmt seine Festigkeit schnell ab; rotglühend geworden bricht es unter dem Einfluß der Belastung nach vorhergegangener starken Durchbiegung zusammen und bringt fest mit ihm verbundene Konstruktionsteile (Mauern, Pfeiler) mit zum Einsturz.

Wo daher eine so weitgehende Erwärmung z. B. durch Ausbruch einer Feuersbrunst (insbesondere bei Gebäuden, in denen große Mengen brennbarer Stoffe lagern, wie Warenspeicher, Öllager) zu erwarten ist oder wo der unerwartete Brandausbruch besondere Gefahr für Menschenleben einschließt (Warenhäuser, Theater, Versammlungsräume, Ausstellungsgebäude), sind die tragenden sichtbaren Eisenteile (Träger, Unterzüge, Säulen, unter Umständen auch die Dachkonstruktionen) zum Schutz gegen den unmittelbaren Angriff der Hitze und Flammen mit einer schlecht wärmeleitenden Ummantelung zu versehen;



z. B. Ummauerung mit Klinkern in Zementmörtel, Beton, Eisenbeton, Rabitzputz (Zementmörtel auf Drahtgeflecht), Asbestzement mit Wasser angerührt auf Drahtgeflecht, Korkstein mit umhüllendem Drahtnetz und Zementputz; zwischen Eisen und Schutzmantel eine Luftschicht anzuordnen, ist nicht erforderlich.

b) Das Eisen dehnt sich bei  $\pm 100^\circ$  Wärmeunterschied um etwa  $\pm \frac{1}{840}$  seiner ursprünglichen Länge aus. Wird es an dieser Längenänderung gehindert, z. B. durch an beiden Seiten fest mit ihm verbundene Mauern, so können durch die großen hierbei auftretenden Kräfte diese fest anschließenden Konstruktionsteile verbogen und schließlich zum Einsturz gebracht werden.

Wo daher nennenswerte Wärmeschwankungen zu erwarten sind (also z. B. stets im Freien) oder wo es sich auch bei nur mäßigen Wärmeschwankungen um große Längen der eisernen Träger handelt, werden diese nur an einem Ende fest mit ihrer Unterkonstruktion verbunden, am andern Ende aber auf Gleit- oder Rollenlagern frei verschieblich gelagert, damit die Längenänderungen ungehindert vor sich gehen können (feste und bewegliche Auflager, vgl. 3. Kap.).

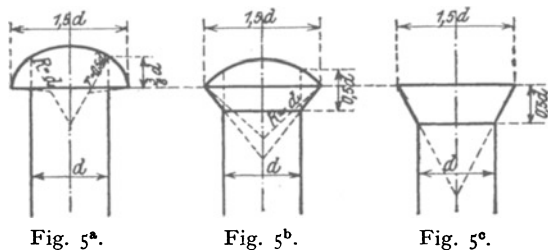
## Zweites Kapitel.

### Verbindungsmittel.

Als Verbindungsmittel kommen, wenn die Verbindung auf Abscheren beansprucht ist, Nieten und Schrauben, wenn sie auf Zug beansprucht ist, Schrauben und Keile zur Verwendung.

#### I. Die Verbindung ist auf Abscheren beansprucht.

Das gebräuchlichste Verbindungsmittel ist das Niet; es besteht aus dem Schaft, dessen Gesamtlänge eine durch 3 teilbare Zahl sein soll, und dem

Fig. 5<sup>a</sup>.Fig. 5<sup>b</sup>.Fig. 5<sup>c</sup>.

am einen Schaftende bereits vorgebildeten Setzkopf; das am anderen Ende vorstehende, bei Maschinennietung etwa  $\frac{4}{3}d$ , bei Handnietung etwa  $\frac{7}{4}d$  lange Schaftstück wird nach Einführung des Niets in das Nietloch durch Hämmern zunächst gestaucht und dann mit dem Schelleisen zum Schließkopf

ausgebildet. Man unterscheidet volle (Fig. 5<sup>a</sup>), halb versenkte (Fig. 5<sup>b</sup>) und ganz versenkte (Fig. 5<sup>c</sup>) Nietköpfe.

Das zu den <sup>Nieten</sup>Schrauben verwendete Flußeisen soll in der Walzrichtung eine Zugfestigkeit von  $\frac{36-42}{38-45}$  kg/qmm bei einer kleinsten Dehnung von  $\frac{22}{20}$  % der Versuchslänge haben.

Die Nieten werden nur ausnahmsweise durch Schrauben ersetzt, und zwar:

a) wenn es des beschränkten Raumes wegen nicht möglich ist, den Schließkopf auszubilden

b) wenn die Gesamtdicke der zusammenzunietenden Teile größer als das 3- bis höchstens  $3\frac{1}{2}$ fache des Nietdurchmessers ist (wegen der Gefahr des Abspringens der Nietköpfe beim Erkalten des Schafts);

c) wenn der Baustoff (z. B. Gußeisen) durch die beim Nieteten eintretenden Erschütterungen leicht dem Bruch ausgesetzt ist;

d) bei beweglichen Anschlüssen (die z. B. mit Rücksicht auf Wärmeschwankungen erforderlich werden) und bei Gelenken (vgl. 3. Kap.);

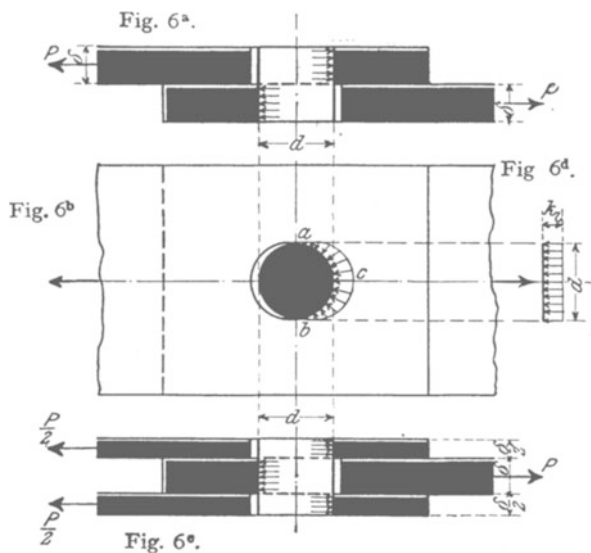
e) wenn auf der Baustelle nicht genietet werden soll (z. B. zur Verminderung der Kosten) oder darf (z. B. wegen Feuersgefahr).

Die gebräuchlichen Nietdurchmesser sind:

|       |   |    |    |    |    |    |    |  |
|-------|---|----|----|----|----|----|----|--|
| $d=6$ | 8 | 10 | 13 | 16 | 20 | 23 | 26 | 30 mm,   |
|       |   |    |    |    |    |    |    | mit einer Scherfläche von . . . . . 2,0 3,1 4,2 5,3 qcm,                       |
|       |   |    |    |    |    |    |    | bezeichnet durch . . . . . $\otimes$ $\oplus$ $\otimes$ $\oplus$ <sup>1)</sup> |

Soll das Niet vorn (oben) versenkt sein, so wird das durch einen zweiten ausgezogenen Kreis ( $\oplus$ ) angedeutet; soll es hinten (unten) versenkt sein, so wird der äußere Kreis gestrichelt ( $\otimes$ ); soll es endlich doppelt versenkt sein, so werden beide Kreise gestrichelt ( $\oplus$ ). Bei Verwendung von Schrauben wird der Nietkreis schwarz ausgefüllt ( $\bullet$ ).

### A. Berechnung der Nietverbindungen.



Da der durch die Zusammenziehung des Nieten Schafts beim Erkalten zwischen den einzelnen aufeinanderliegenden Teilen entstehende Reibungswiderstand nicht berücksichtigt wird, so erfolgt die Berechnung der auf Abscheren beanspruchten Niet- und Schraubenverbindungen nach denselben Regeln.

Die Nieten werden entweder einschnittig (Fig. 6a) oder aber meist zweischnittig (Fig. 6c) angeordnet. In beiden Fällen kann die Zerstörung der Verbindung entweder

durch eine zu große Beanspruchung des Nieten Schafts auf Abscheren oder aber durch eine zu große Beanspruchung der Nietwandung auf Druck herbeigeführt werden.

Die Beanspruchung des Nieten Schafts auf Abscheren verteilt sich nach der gebräuchlichen Annahme der Festigkeitslehre gleichmäßig über den ganzen Nietquerschnitt  $\frac{1}{4}\pi d^2$ ; der Lochleibungsdruck verteilt sich dagegen ungleich-

<sup>1)</sup> Bei den übrigen, seltener vorkommenden Nietdurchmessern wird ihre Größe jeweils in der Zeichnung beigeschrieben.

mäßig über den halben Nietumfang  $\frac{1}{2}\pi d\delta$  derart, daß er bei  $c$  (Fig. 6<sup>b</sup>) am größten, bei  $a$  und  $b$  aber gleich Null ist. Um den aus dieser ungleichmäßigen Verteilung folgenden Rechnungsschwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, nimmt man mit hinreichender Genauigkeit an, daß der Lochleibungsdruck an jeder Stelle der Nietwandung gleich groß sei (Fig. 6<sup>d</sup>), führt dafür aber als Länge der gedrückten Fläche statt des halben Kreisumfangs ( $1,57d$ ) nur seine zur Kraft  $P$  senkrechte Projektion ( $d$ ) ein. Der zulässige Lochleibungsdruck  $k_l$  wird dabei stets gleich dem Doppelten der zulässigen Scherbeanspruchung  $k_s$  eingeführt:

$$k_l = 2 k_s.$$

Ist  $k$  die für Zug und Druck gleich große zulässige Beanspruchung des Eisens, so erfordert die Kraft  $P$  (Fig. 6) einen Stabquerschnitt von der Größe

$$1) \quad F = \frac{P}{k}.$$

Ganz entsprechend ergibt sich die zur Übertragung von  $P$  erforderliche Scherfläche zu  $F_s = \frac{P}{k_s}$ . Setzt man  $k_s = \frac{k}{\nu}$ , so wird

$$2) \quad F_s = \nu F.$$

### 1. Die Kraft greift im Schwerpunkt der Nietverbindung an.

a) **Einschnittige Vernietung** (Fig. 6<sup>a</sup>). Ist  $n_s$  die auf Abscheren,  $n_l$  die auf Lochleibungsdruck erforderliche Nietanzahl, so ergibt sich, da ein Niet die Scherfläche  $\frac{1}{4}\pi d^2$  und die Wandfläche  $d\delta$  hat:

$$3) \quad n_s = \frac{F_s}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \text{und} \quad 4) \quad n_l = \frac{F_s}{2 d \delta}.$$

Für die Ausführung ist der größere der Werte  $n_s$  und  $n_l$  zu wählen. Soll  $n_s = n_l$  werden, so ergibt sich die Bedingungsgleichung

$$5) \quad \delta = \frac{\pi}{8} d.$$

Diese Bedingung soll bei gut durchgebildeten Konstruktionen stets erfüllt sein; die geringste Blechstärke  $\delta_{min}$  für einschnittige Niete ergibt sich daher

|                             |    |    |    |    |    |        |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|--------|
| bei einem Durchmesser $d =$ | 13 | 16 | 20 | 23 | 26 | 30 mm  |
| zu $\delta_{min} =$         | 5  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 mm. |

b) **Zweischchnittige Vernietung** (Fig. 6<sup>e</sup>). Ist  $z_s$  die auf Abscheren,  $z_l$  die auf Lochleibungsdruck erforderliche Nietanzahl, so ergibt sich ganz entsprechend wie vorher:

$$6) \quad z_s = \frac{F_s}{2 \left( \frac{\pi d^2}{4} \right)} \quad \text{und} \quad 7) \quad z_l = \frac{F_s}{2 d \delta}.$$

Auch hier ist für die Ausführung die größere der Zahlen  $z_s$  und  $z_l$  zu wählen.

Die aus  $z_s = z_l$  folgende Bedingung  $\delta = \frac{1}{4}\pi d$  ist nur in verhältnismäßig wenigen Fällen erfüllt.

## 2. Die Kraft greift außerhalb des Schwerpunkts der Nietverbindung an.

Greift die äußere Kraft  $P$  im Abstand  $\rho$  vom Schwerpunkt der Nietverbindung an (Fig. 7), so hat jedes der  $z$  vorhandenen Niete außer der Kraft

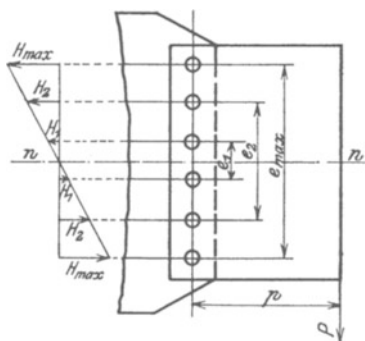


Fig. 7.

$\frac{P}{z}$  noch eine durch das Moment  $M = P\rho$  erzeugte Zusatzkraft  $H$  aufzunehmen. Da man mit hinreichender Genauigkeit annehmen kann, daß  $H$  mit dem Abstand des Niets von der wagerechten Schwerachse  $nn$  wächst, so ergibt sich nach Fig. 7:

$$M = H_1 e_1 + H_2 e_2 + H_3 e_3 + \dots + H_{max} e_{max};$$

da aber

$$H_1 = H_{max} \frac{e_1}{e_{max}}, \quad H_2 = H_{max} \frac{e_2}{e_{max}}, \quad \dots \text{ ist,}$$

so folgt 
$$M = \frac{H_{max}}{e_{max}} (e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_{max}^2) = \frac{H_{max}}{e_{max}} \sum e^2,$$

und daraus

$$8) \quad H_{max} = M \frac{e_{max}}{\sum e^2}.$$

Die größte auf ein Niet wirkende Kraft ergibt sich daher zu

$$9) \quad R = \sqrt{\left(\frac{P}{z}\right)^2 + H_{max}^2},$$

und es bleibt zu untersuchen, ob die durch  $R$  erzeugten Beanspruchungen  $\sigma_s$  und  $\sigma_t$  die zulässigen Werte  $k_s$  und  $k_t$  nicht überschreiten.

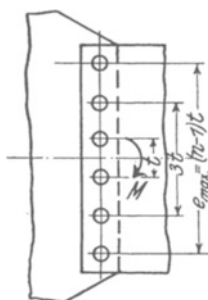


Fig. 8.

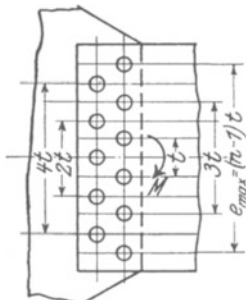


Fig. 9.

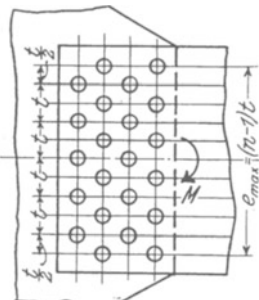


Fig. 10.

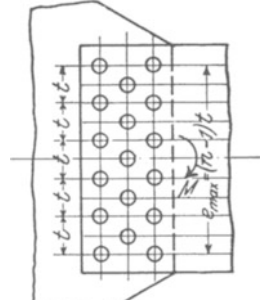


Fig. 11.

Ist die senkrechte Teilung  $t$  aller Niete gleich groß, und ist  $n - 1$  die Anzahl der Teilungen, also  $n$  die Anzahl der Niete in der ersten senkrechten Reihe, so ist für

eine Nietreihe (Fig. 8):  $z = n; \quad \sum e^2 = t^2 [1^2 + 3^2 + 5^2 + \dots + (n - 1)^2] = t^2 \frac{n(n^2 - 1)}{6}$

oder mit  $t(n - 1) = e_{max}$ :

$$\sum e^2 = \frac{n(n+1)}{6(n-1)} e_{max}^2; \quad \text{folglich } 8^a) \quad H_{max} = \frac{6(n-1)}{n(n+1)} \frac{M}{e_{max}};$$

zwei Nietreihen (Fig. 9):  $z = 2n - 1$ ;  $\Sigma e^2 = t^2 [1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + (n-1)^2]$   
 $= t^2 \frac{n(n-1)(2n-1)}{6}$ , daher

$$\Sigma e^2 = \frac{n(2n-1)}{6(n-1)} e_{max}^2; \text{ folglich } 8^b) H_{max} = \frac{6(n-1)}{n(2n-1)} \frac{M}{e_{max}};$$

drei Nietreihen (Fig. 10):  $z = 3n - 1$ ;  $\Sigma e^2 = \frac{n(n+1) + n(2n-1)}{6(n-1)} e_{max}^2$  oder

$$\Sigma e^2 = \frac{n^2}{2(n-1)} e_{max}^2; \text{ folglich } 8^c) H_{max} = \frac{2(n-1)}{n^2} \frac{M}{e_{max}};$$

vier Nietreihen (Fig. 11):  $z = 2(2n - 1)$ ;

$$\Sigma e^2 = \frac{n(2n-1)}{3(n-1)} e_{max}^2; \text{ folglich } 8^d) H_{max} = \frac{3(n-1)}{n(2n-1)} \frac{M}{e_{max}}.$$

## B. Anordnung der Nietverbindungen.

Die im 1. Kap. angeführten „Besonderen Vertragsbedingungen“ bestimmen über die Ausführung der Verbindungen:

Niet- und Schraubenlöcher in den Stäben und Knotenblechen sind zu bohren. Nur die Löcher in Futterplatten dürfen gestanzt werden. Der an den Löchern entstehende Grat ist sorgfältig zu entfernen.

Alle Löcher in Teilen, die einzeln gebohrt werden, sind zunächst mit einem etwas kleinerem Durchmesser herzustellen und erst nach dem Zusammenbau der Teile mit der Reibahle auf die vorgeschriebene Lochweite glatt aufzuweiten. Die Verwendung der Rundfeile ist hierbei verboten. Meßbare Versetzungen der Eisenlagen gegeneinander dürfen in den aufgeriebenen Löchern nicht vorhanden sein.

Die Lochkanten dürfen keine Risse zeigen. Zur Versenkung der Nietköpfe dürfen sie nur mit Versenkbohrern (Fräsern) gebrochen werden, deren Schnittwinkel den Fig. 5<sup>b</sup> und 5<sup>c</sup> entspricht.

Die Bauteile müssen auf einer Zulage, die die richtige Form des Bauteils sichert, ohne die Untersuchung zu behindern, zusammengepaßt und durch Dorne und Schrauben verbunden werden. Dabei darf kein Stück in eine einseitige Spannung gezwängt werden. Die einzelnen Verbindungen müssen sich lösen lassen, ohne daß die Stücke federn oder sich verziehen.

Die einzelnen Teile sind so fest miteinander zu verschrauben und zu verdornen, daß sie während des Nietens ihre Lage nicht ändern.

In tragenden Teilen sind in der Regel nur Niete für 16, 20, 23 und 26 mm Lochweite zu verwenden. Die Nietköpfe müssen nach Fig. 5<sup>a</sup> bis 5<sup>e</sup> gebildet werden.

Die Niete sind, in hellrotwarmem Zustande nach Beseitigung des Glühspans in die gehörig gereinigten Nietlöcher unter gutem Vorhalten einzuschlagen. Sie müssen die Löcher bei der Stauchung vollständig ausfüllen.]

Bei Anwendung von Nietpressen darf der Druck erst nach dem Schwinden der Glühhitze, etwa nach 10 bis 15 Sekunden abgestellt werden.

Setz- und Schließkopf müssen in der Achse des Nietschafts sitzen. Der Schließkopf ist gut auszuschlagen. Beide Nietköpfe müssen gut anliegen. Neben den Nietköpfen dürfen keine schädlichen Eindrücke entstehen. Der Bart ist zu beseitigen. Die Köpfe dürfen keinerlei Risse zeigen.

Die Niete dürfen nicht verstemmt werden.

Nach dem Vernieten ist zu prüfen, ob die Niete festsitzen. Lose Niete sind herauszuschlagen und durch vorschriftsmäßige zu ersetzen. In keinem Fall dürfen lose Niete kalt nachgetrieben werden.

Bei Reihennieten ist die Arbeit in der Mitte des Stabes zu beginnen und nach den Enden fortzusetzen. Umgekehrt darf nicht verfahren werden.

Nebeneinander stehende Nietreihen sollen in derselben Weise gleichzeitig in Längsabschnitten von höchstens 2 m geschlagen werden.

Die Schraubengewinde sind nach Whitworthscher Vorschrift rein auszuschneiden. Die Muttern dürfen weder schlottern, noch zu festen Gang haben.

Die Schraubenköpfe und Muttern müssen mit der ganzen Anlagefläche aufliegen. Bei schiefen Anlageflächen sind schräge Unterlagscheiben zu verwenden.

Sind nach dem Verdingungsanschlage oder den Zeichnungen abgedrehte Schrauben zu verwenden, so müssen sie in die Bohrlöcher schließend passen.

Unbeschadet ihrer Versandfähigkeit sind die Bauteile in der Werkstatt so weit zu verbinden, daß an Nietarbeit auf der Baustelle möglichst wenig übrig bleibt.

### 1. Nietung in einer Ebene.

a) **Einreihige Vernietung** (Fig. 12). Abstand der Niete vom Rand parallel zur Krafrichtung  $e = 2d$ ,

ausnahmsweise  $e = 1,5d$ ;

senkrecht zur Krafrichtung  $e_1 = 1,5d$  bis  $e_1 = 2d$ .

Da  $b = 2e_1$  ist, so folgt  $b = 3d$  bis  $b = 4d$  und umgekehrt

$$d = \frac{b}{4} \text{ bis } d = \frac{b}{3},$$

Gleichungen, aus denen bei gegebener Breite der zulässige Nietdurchmesser (und umgekehrt) bestimmt werden kann.

Kleinster Abstand der Niete voneinander

$$t_{min} = 3d, \text{ ausnahmsweise } t_{min} = 2,5d.$$

Dienen die Niete nicht zur Kraftübertragung, sondern nur zum Zusammenheften nebeneinander liegender Teile ein und desselben Konstruktionsstabes, so darf die Entfernung dieser „Heftniete“

$$t_{max} = 6d \text{ bis } 8d \text{ bei einem auf Druck und}$$

$$t_{max} = 8d \text{ bis } 10d \text{ bei einem auf Zug beanspruchten Stabe betragen.}$$

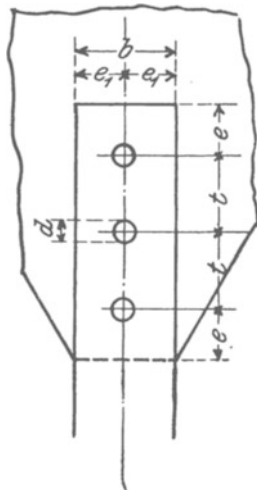


Fig. 12.

b) **Mehrreihige Vernietung** (Fig. 13). Ist die Eisenbreite  $b > 4d$ , so muß eine mehrreihige (bzw. auch eine versetzte) Vernietung angeordnet werden.

Zu den vorigen treten dann noch folgende Regeln hinzu:

a) Die Anordnung der Niete muß zur Schwerachse des anzuschließenden Stabes symmetrisch sein. Denn da nach Gl. 1 die Kraft  $P$  als gleichmäßig über die ganze Querschnittsfläche  $F$  verteilt eingeführt ist, so müssen auch die Niete symmetrisch zur Kraft  $P$ , d. h. zur Stabschwerlinie, angeordnet sein.

β) In der ersten Nietreihe (I, Fig. 13) darf stets nur ein Niet, in jeder folgenden Reihe nur ein Niet mehr als in der vorhergehenden angeordnet werden, weil man bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Fläche stets nur ein Nietloch in Abzug zu bringen pflegt.

γ) Die kleinste Entfernung  $t$  der Niete ist schräg zu messen. Für die Werkstatt

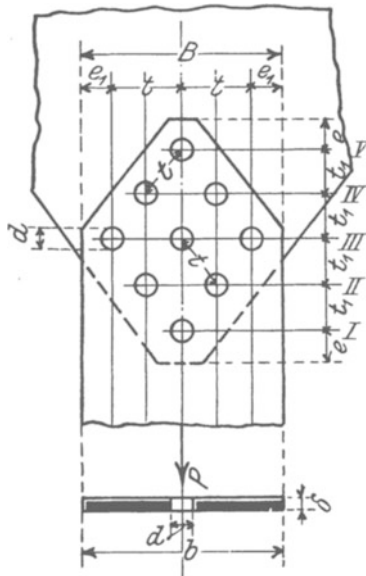


Fig. 13.

ist aber stets das gerade Maß  $t_1$  in die Zeichnung einzutragen, das leicht zu berechnen und dann im allgemeinen auf 0 oder 5 abzurunden ist.

## 2. Nietung in zwei Ebenen.

Sind bei Profileisen in zwei zueinander senkrechten (bzw. auch geneigten) Ebenen Niete anzuordnen (Fig. 14), so treten noch folgende Regeln hinzu:

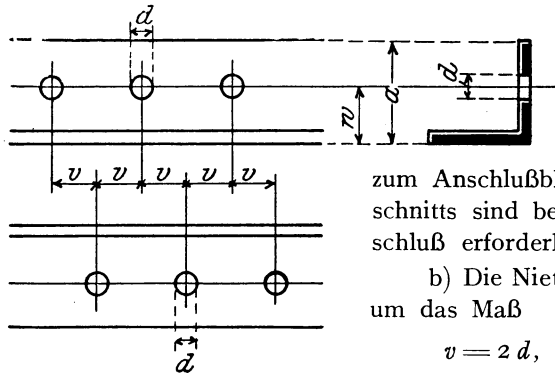


Fig. 14.

a) Jeder einzelne Teil des Profilquerschnitts ist mit so viel Nieten anzuschließen, wie der auf ihn entfallende Anteil der Gesamtkraft  $P$  erfordert. Für die senkrecht

zum Anschlußblech liegenden Teile des Querschnitts sind besondere Winkelstücke zum Anschluß erforderlich (vgl. Aufg. 2, S. 11).

b) Die Niete müssen in den beiden Ebenen um das Maß

$$v = 2d, \text{ ausnahmsweise } v = 1,5d$$

gegeneinander versetzt sein.

Der Abstand  $w$  der Nietlinie (hier meist Wurzellinie genannt) von der Kante, das „Wurzelmaß“, wird hierbei zu

$$w = \frac{a}{2} + 5 \text{ mm, wenn } a \text{ auf 0 endigt,}$$

$$w = \frac{a}{2} + 2,5 \text{ mm, wenn } a \text{ auf 5 endigt, gewählt.}$$

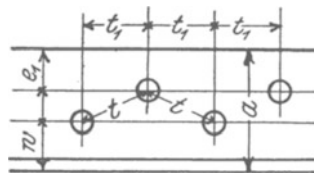


Fig. 15.

Ist die Schenkelbreite  $a > 4d$  (Fig. 15), so sind versetzte Nietreihen anzuordnen, wobei

$$e_1 = 1,5d \text{ bis } 2d \text{ und}$$

$$w = e_1 + 5 \text{ bis } e_1 + 15 \text{ mm}$$

gewählt wird. Für die Werkstatt ist auch hier das Maß  $t_1$  einzuschreiben, das nicht kleiner als  $2,5d$  zu wählen ist.

## C. Beispiele.

**Aufgabe 1.** Es ist der Stoß eines  $\sphericalangle 120 \cdot 80 \cdot 10$  zu berechnen und zu zeichnen. Nietdurchmesser im großen Schenkel 23 mm, im kleinen 20 mm. Da es sich um einen Druckstab handelt, sind bei der Berechnung der tatsächlichen Fläche keine Nietlöcher abzuziehen.  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_t = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Nach dem Normalprofilbuch ist

$$F = 19,1 \text{ qcm; daher } F_s = \frac{4}{3} \cdot 19,1 = 25,4 \text{ qcm.}$$

$$\frac{70}{10}: f' = 7,0 \text{ qcm; } f_s' = 9,3 \text{ qcm; } n_s' = \frac{9,3}{3,1} = 3 \text{ Stück; } n_t' = \frac{9,3}{2 \cdot 2,0 \cdot 1,0} = 3 \text{ Stück.}$$

$$\frac{120}{10}: f'' = 12,1 \text{ qcm; } f_s'' = 16,1 \text{ qcm; } n_s'' = \frac{16,1}{4,2} = 4 \text{ Stück; } n_t'' = \frac{16,1}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,0} = 4 \text{ Stück.}$$

$$F = 19,1 \text{ qcm; } F_s = 25,4 \text{ qcm.}$$

Der Stoß ist in Fig. 16 dargestellt. Im größeren Schenkel sind, da  $b = 120 \text{ mm} > 4d = 92 \text{ mm}$  ist, zwei gegeneinander versetzte Nietreihen angeordnet. Der Abstand der ersten Niete von der Stoßstelle ist im kleinen Schenkel zu  $1,5d = 30 \text{ mm}$ , im großen

zu  $2d = 46 = \sim 50$  mm gewählt. Die kleinste Teilung  $3d = 60$  mm im kleinen Schenkel ist im großen auf  $65$  mm vergrößert ( $t = \sqrt{65^2 + 30^2} = \sim 72$  mm), um den Abstand der Niete in beiden Schenkeln gegen den Anfang der Nietung hin möglichst zu vergrößern. Die Stoßlaschen erhalten den Querschnitt  $120/10$  bzw.  $80/10$ .

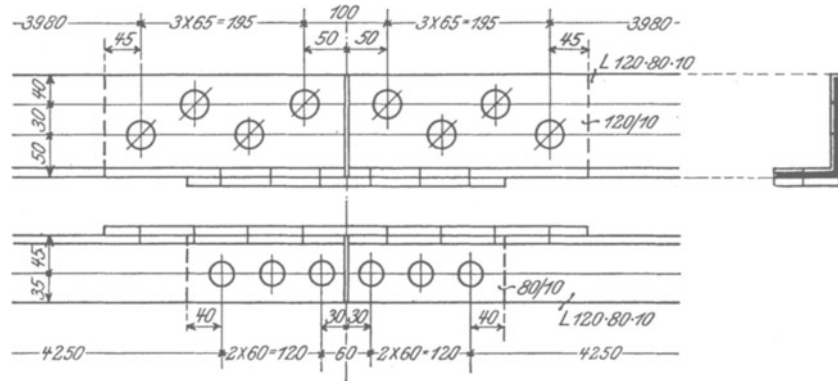


Fig. 16.

**Aufgabe 2.** Ein  $\perp$ NP. 18 überträgt die in ihm wirkende Zugkraft auf ein Anschlußblech von 10 mm Stärke durch Niete von 20 mm  $\phi$ . Es ist die erforderliche Nietanzahl zu berechnen und der Anschluß zu zeichnen. Da es sich um einen auf Zug beanspruchten Stab handelt, so ist bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Fläche in jedem Flansch ein Nietloch von 20 mm  $\phi$  abzuziehen.  $k = 1000$  kg/qcm;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Nach dem Normalprofilbuch hat  $\perp$ NP. 18 eine Fläche von 28,0 qcm; daher bei 11 mm Flanschstärke:

$$F = 28,0 - 2 \cdot 1,1 \cdot 2,0 = 23,6 \text{ qcm};$$

$$F_s = \frac{4}{3} \cdot 23,6 = 31,5 \text{ qcm}.$$

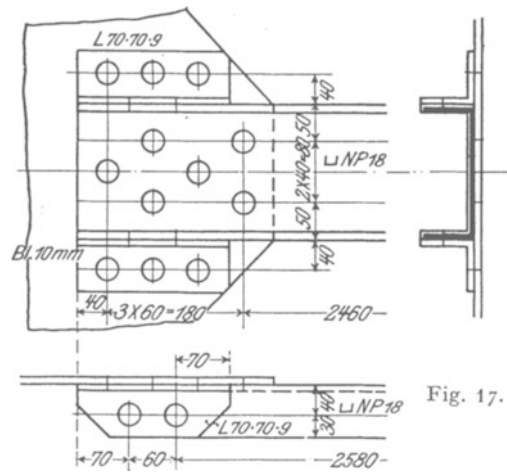


Fig. 17.

Steg  $\frac{180}{8}$ :  $f' = 14,4$  qcm;

$$f_s' = 19,2 \text{ qcm};$$

$$n_s' = \frac{19,2}{3,1} = 6 \text{ Stück};$$

$$n_l' = \frac{19,2}{2 \cdot 2,0 \cdot 0,8} = 6 \text{ Stück}.$$

Flansch  $\frac{62}{11}$ :

$$f'' = (6,2 - 2,0) 1,1 = 4,6 \text{ qcm};$$

$$f_s'' = 6,1 \text{ qcm};$$

$$n_s'' = \frac{6,1}{3,1} = 2 \text{ Stück};$$

$$n_l'' = \frac{6,1}{2 \cdot 2,0 \cdot 0,9} = 2 \text{ Stück}^1).$$

Der Anschluß ist in Fig. 17 dargestellt. Da bei der Berechnung der tatsächlichen Fläche 2 Niete von 20 mm  $\phi$  abgezogen sind, so dürfen in der 1. Niereihe auch 2 Niete angeordnet werden. Zum Anschluß der Flansche dienen Hilfswinkel  $70 \cdot 70 \cdot 9$ ; die Versetzung der Niete gegeneinander in Steg und Flansch beträgt  $1,5 d = 30$  mm.

**Aufgabe 3.** Es ist der Stoß eines Flacheisens  $200/12$  zu berechnen und zu zeichnen. Durchmesser der doppelschnittigen Niete  $d = 23$  mm.  $k = 1000$  kg/qcm;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

<sup>1)</sup> Der Faktor 0,9 im Nenner ist die Stärke des zum Anschluß der Flansche dienenden Hilfswinkels  $70 \cdot 70 \cdot 9$ .



**Auflösung.** Da Flacheisen nur auf Zug beansprucht werden können, so ist bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Fläche ein Nietloch von 23 mm  $\phi$  abzuziehen. Daher wird

$$F = (20,0 - 2,3) 1,2 = 21,2 \text{ qcm}; \quad F_s = \frac{1}{3} \cdot 21,2 = 28,3 \text{ qcm};$$

$$z_s = \frac{28,3}{2 \cdot 4,2} = 4 \text{ Stück}; \quad z_l = \frac{28,3}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 6 \text{ Stück}.$$

Es sind daher beiderseits des Stoßes je 6 doppelschnittige Niete von 23 mm  $\phi$  anzuordnen, wie in Fig. 18 dargestellt. In der Reihe I ist 1 Niet, in jeder folgenden Reihe je ein Niet mehr angeordnet. Die Nietentfernung wird  $\sqrt{65^2 + 32,5^2} = \sim 73 \text{ mm}$ .

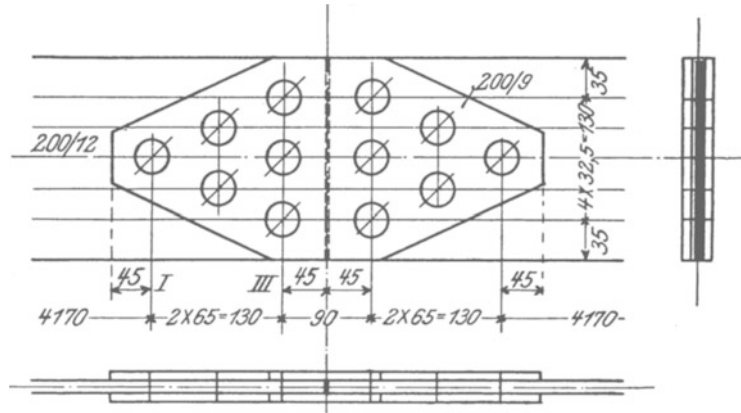


Fig. 18.

In der Nietreihe III müssen die beiden Stoßlaschen die ganze Kraft aufnehmen. Da aber in dieser Reihe jede Lasche durch 3 Nietlöcher geschwächt ist, während bei der Berechnung der tatsächlichen Fläche nur 1 Nietloch abgezogen ist, so müssen die beiden Stoßlaschen, um insgesamt 21,2 qcm Fläche zu haben, eine größere Dicke als  $\frac{12}{2} = 6 \text{ mm}$  erhalten; und diese Dicke  $x$  berechnet sich aus der Gleichung  $2(20,0 - 3 \cdot 2,3) x = 21,2$  zu  $x = \sim 0,9 \text{ cm}$ .

**Aufgabe 4.** Ein  $\text{H NP 14}$  überträgt auf ein in seiner Verlängerung liegendes  $\text{I NP 14}$  einen Auflagerdruck  $P = 1320 \text{ kg}$  (Fig. 19). Zur Übertragung dieses Druckes sollen seitlich der 5,7 mm starken Stege 2 Flacheisenlaschen angeordnet werden, die mit dem einen  $\text{H NP 14}$  durch Niete von 16 mm  $\phi$ , mit dem andern durch eine Schraube vom Durchmesser  $d$  verbunden sind. Es ist die erforderliche Zahl der Anschlußniete sowie der Schraubendurchmesser zu berechnen und der Anschluß zu zeichnen.

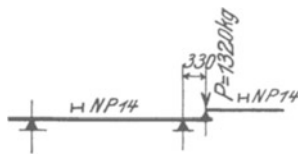


Fig. 19.

$$k = 1000 \text{ kg/qcm}; \quad k_s = \frac{1}{4} k; \quad k_l = 2 k_s.$$

**Auflösung.** Der Anschluß ist in Fig. 20 dargestellt. Mit  $p = \frac{60}{2} + 30 + 5 + 35 = 100 \text{ mm}$  wird  $M = 1320 \cdot 10,0 = 13200 \text{ cmkg}$ ; daher mit  $n = 2$  und  $e_{max} = 60 \text{ mm}$  nach Gl. 8<sup>a</sup>:

$$H_{max} = \frac{1}{2} \frac{6(2-1)}{2(2+1)} \frac{13200}{6,0} = 1100 \text{ kg}^1); \text{ folglich nach Gl. 9: } R = \sqrt{\left(\frac{1320}{4}\right)^2 + 1100^2} = \sim 1160 \text{ kg}$$

und daher die Beanspruchung auf

$$\text{Abscheren} \quad \sigma_s = \frac{1160}{2 \cdot 2,0} = 290 \text{ kg/qcm (zulässig 750 kg/qcm);}$$

$$\text{Lochleibungsdruck} \quad \sigma_l = \frac{1160}{1,6 \cdot 0,57} = 1172 \text{ kg/qcm (zulässig 1500 kg/qcm).}$$

<sup>1)</sup> Der Faktor  $\frac{1}{2}$  muß hier in Gl. 8<sup>a</sup> hinzugefügt werden, weil in Fig. 20 je 2 Niete, in jeder wagerechten Reihe stehen gegenüber je 1 Niet in Fig. 8.

Der gesuchte Bolzendurchmesser ergibt sich mit  $F = 1,32 \text{ qcm}$ ,  $F_s = \frac{4}{8} \cdot 1,32 = 1,8 \text{ qcm}$  und  $z = 1$  aus Gl. 6 zu  $\frac{\pi d^3}{4} = \frac{1,8}{2 \cdot 1}$  oder  $d = 0,9 \text{ cm}$ ;

aus Gl. 7 zu  $d = \frac{1,8}{2 \cdot 0,57 \cdot 1} = 1,4 \text{ cm}$ . Mit Rücksicht auf die im Schaft

auftretende (hier allerdings nur geringe) zusätzliche Biegungsbeanspruchung (vgl. Aufg. 5) ist eine  $\frac{5}{8}$ " Schraube von 16 mm Schaftdurchmesser gewählt.

Die Laschen erleiden das Biegemoment  $M = 1320 \cdot 7,0 = 9240 \text{ cmkg}$ , daher mit  $J = 2 \left( \frac{0,6 \cdot 11,0^3}{12} - 2 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 3,0^2 \right) = 99 \text{ cm}^4$  und  $W = \frac{99}{5,5} = 18 \text{ cm}^3$  die Biegungsbeanspruchung  $\sigma_b = \frac{9240}{18} = 520 \text{ kg/qcm}$  (zul. 1000 kg/qcm).

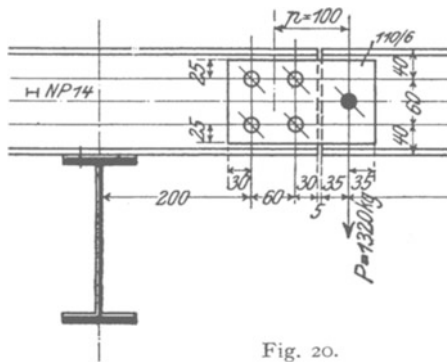


Fig. 20.

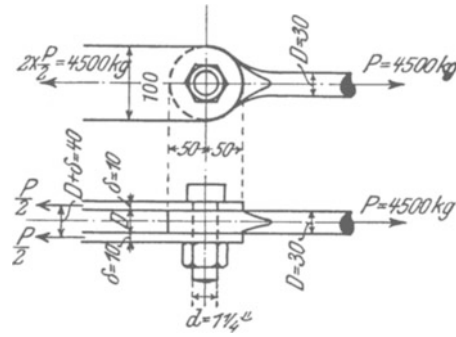


Fig. 21.

**Aufgabe 5.** Ein Rundeisen von  $D = 30 \text{ mm } \phi$  überträgt die in ihm wirkende Zugkraft  $P = 4500 \text{ kg}$  durch einen doppelschnittigen Bolzen auf 2 Flacheisenlaschen 100/10. Es ist der Bolzendurchmesser zu berechnen und der Anschluß zu zeichnen.  $k = 1000 \text{ k/qcm}$ ;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Anschluß ist in Fig. 21 dargestellt. Das Rundeisen ist am Ende zu einem kreisförmigen Auge von 100 mm  $\phi$  und 30 mm Stärke ausgeschmiedet.

Der Anschlußbolzen ist nicht nur auf Abscheren und Lochleibungsdruck, sondern auch auf Biegung zu berechnen. Das größte Biegemoment ergibt sich mit den Bezeichnungen der Fig. 21 zu

$$M = \frac{P D + \delta}{2} - \frac{P D}{2} = \frac{P}{8} (D + 2 \delta) \text{ oder}$$

$$M = \frac{4500}{8} (3,0 + 2 \cdot 1,0) = 2810 \text{ cmkg.}$$

Gewählt ist eine  $1\frac{1}{4}$ " Schraube von 32 mm Schaftdurchmesser mit 8,0 qcm Schaft-scherfläche und 3,2 cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment; daher ergibt sich die Beanspruchung auf

Abscheren  $\sigma_s = \frac{4500}{2 \cdot 8,0} = 280 \text{ kg/qcm}$  (zul. 750 kg/qcm);

Lochleibungsdruck  $\sigma_l = \frac{4500}{2 \cdot 1,0 \cdot 3,2} = 700 \text{ kg/qcm}$  (zul. 1500 kg/qcm);

Biegung  $\sigma_b = \frac{2810}{3,2} = 880 \text{ kg/qcm}$  (zul. 1000 kg/qcm).

## II. Die Verbindung ist auf Zug beansprucht.

Das gebräuchlichste Verbindungsmittel ist die Schraube; sie wird nur bei Zugankern und auch hier nur da, wo eine genaue Ablängung und dauernde Nachstellbarkeit des Ankers verlangt wird, durch den Keil ersetzt.

Verlängert sich ein Anker infolge der auftretenden Zugkraft  $Z$  oder aber infolge einer Temperaturerhöhung um  $t^0$  gegenüber dem umgebenden Mauerkörper (Fig. 22), so würde sich der niedergeankerte Konstruktionsteil von seiner Unterlage abheben, wenn dem Anker nicht von vornherein eine gewisse Anfangsspannung gegeben worden wäre. Zur Berechnung der dieser Anfangsspannung entsprechenden Zugkraft  $\mathfrak{Z}$  bezeichnen wir Länge, Fläche und Elastizitätsmodul für den Anker mit  $l$ ,  $f$ ,  $E$ , für den Mauerkörper mit  $l_m$ ,  $f_m$ ,  $E_m$ , und setzen die Anker-Gegenplatten sowie Muttern bzw. Keile als starr voraus, was für erstere wegen ihrer kräftigen Querschnittsausbildung, für letztere aber wegen ihrer im Vergleich zu  $l$  und  $l_m$  nur geringen Länge zulässig ist.

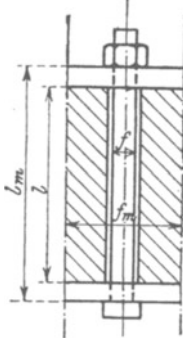


Fig. 22.

Im angespannten Zustand haben Druckkraft im Mauerkörper und Zugkraft im Anker absolut gleiche Größe  $\mathfrak{Z}$ , da ihre Summe gleich Null sein muß. Wird nunmehr der Anker von der Zugkraft  $Z$  bzw. der Temperaturerhöhung  $t^0$  ergriffen, so dehnt er sich um  $Z \frac{l}{Ef}$  bzw.  $\varepsilon t l_m$  ( $\varepsilon$  = linearer Ausdehnungskoeffizient) gegenüber dem Mauerkörper aus; infolgedessen läßt die Anfangsspannung in diesem um einen gewissen Kraft  $\mathfrak{X}$  bzw.  $\mathfrak{X}_t$  entsprechenden Betrag nach; er dehnt sich um  $\mathfrak{X} \frac{l_m}{E_m f_m}$  bzw.  $\mathfrak{X}_t \frac{l_m}{E_m f_m}$ ; gleichzeitig verkürzt sich der Anker gegenüber seiner Länge im angespannten Zustand um  $\mathfrak{X} \frac{l}{Ef}$  bzw.  $\mathfrak{X}_t \frac{l}{Ef}$ . Nach Eintritt des Gleichgewichtszustandes folgt aus der Gleichheit der Gesamtverlängerungen für Anker und Mauerkörper

$$Z \frac{l}{Ef} - \mathfrak{X} \frac{l}{Ef} = \mathfrak{X} \frac{l_m}{E_m f_m} \quad \text{der Wert } \mathfrak{X} = \frac{Z}{1 + \alpha}, \quad \text{folglich } Z - \mathfrak{X} = Z \frac{\alpha}{1 + \alpha}$$

$$\text{bzw. } \varepsilon t l_m - \mathfrak{X}_t \frac{l}{Ef} = \mathfrak{X}_t \frac{l_m}{E_m f_m} \quad \text{der Wert } \mathfrak{X}_t = \frac{\varepsilon E t f l_m}{1 + \alpha l}, \quad \text{wenn zur Abkürzung}$$

$$10) \quad \alpha = \frac{E f l_m}{E_m f_m l}$$

gesetzt wird. Die durch  $Z$  und  $t^0$  erzeugte Verlängerung  $\left( \frac{Z}{1 + \alpha} + \frac{\varepsilon E t f l_m}{1 + \alpha l} \right) \frac{l_m}{E_m f_m}$  des Mauerkörpers darf höchstens gleich der durch  $\mathfrak{Z}$  erzeugten Verkürzung  $\mathfrak{Z} \frac{l_m}{E_m f_m}$  sein; daraus ergibt sich der kleinste Wert der dem Anker zu gebenden Anfangskraft zu

$$11) \quad \mathfrak{Z} = \frac{1}{1 + \alpha} \left( Z + \varepsilon E t f \frac{l_m}{l} \right).$$

Tritt neben  $Z$  eine Temperaturniedrigung um  $t^0$  ein, so ergibt sich die überhaupt im Anker auftretende größte Zugkraft zu

$$Z_{max} = \mathfrak{Z} + Z \frac{\alpha}{1 + \alpha} + \mathfrak{X}_t \quad \text{oder}$$

$$12) \quad Z_{max} = Z + \frac{2}{1 + \alpha} \varepsilon E t f \frac{l_m}{l}.$$

Die hierbei gleichzeitig im Mauerkörper auftretende größte Druckkraft berechnet sich zu  $\mathfrak{Z} - \frac{Z}{1 + \alpha} + \frac{1}{1 + \alpha} \varepsilon E t f \frac{l_m}{l} = \frac{2}{1 + \alpha} \varepsilon E t f \frac{l_m}{l}$ .

Da man für die Werte  $E_m$  und  $f_m$  auf Schätzung angewiesen ist, so empfiehlt es sich für die praktische Anwendung, statt der Gl. 11 und 12 die etwas zu großen Werte

$$11^*) \quad \mathfrak{Z} = Z + \varepsilon E t f \frac{l_m}{l},$$

$$12^*) \quad Z_{max} = Z + 2 \varepsilon E t f \frac{l_m}{l}$$

in die Rechnung einzuführen.

Sind die Anker vom Mauerkörper vollständig dicht umschlossen, so erübrigt sich die Rücksichtnahme auf Temperaturänderungen ( $t = 0$ ); die zulässige Zugbeanspruchung beträgt alsdann nach den Vorschriften vom 31. Januar 1910 für Flußeisen  $k_z = 800 \text{ kg/qcm}$ .

Liegen die Anker dagegen in offenen, zur Instandhaltung des Anstrichs begehren Ankerschächten, so hat man je nach der Lage der Konstruktion mit einem Wärmeunterschied  $t = 10^0$  bis  $30^0$  zu rechnen, darf dann aber mit der zulässigen Zugbeanspruchung auf 1000 bis 1200 kg/qcm hinaufgehen, besonders wenn die Anfangsspannung durch genaue Ablängung mit Druckpressen und Keilen gleich der rechnerisch ermittelten gemacht wird.

**Aufgabe 6.** Eine Rundeisenstange von  $d = 75 \text{ mm } \phi$  überträgt die in ihr wirkende Zugkraft  $P = 30t$  durch einen Keil auf ein Stahlformgußstück. Es sind die Abmessungen des Keils zu berechnen und die Verbindung aufzuzeichnen.  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Die Keilverbindung ist in Fig. 23 dargestellt. Am Orte des Keils ist der Durchmesser  $d$  des Rundeisens durch Stauchen auf das größere Maß  $D$  gebracht,

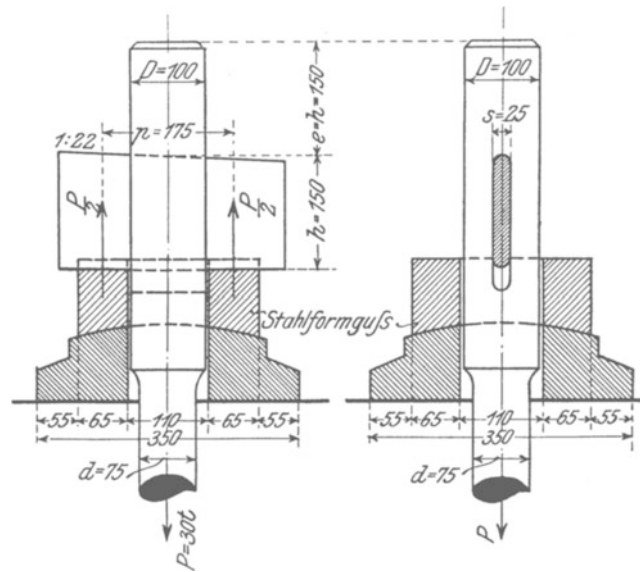


Fig. 23.

damit der durch das Keilloch verschwächte Querschnitt mindestens gleich dem der Rundeisenstange wird; zur Berücksichtigung der in Wirklichkeit eintretenden ungleichmäßigen Verteilung der Zugkraft  $P$  wählt man  $D$  etwas größer, nämlich zu

$$D = \frac{4}{3} \cdot d = \frac{4}{3} \cdot 75 = 100 \text{ mm},$$

wenn, wie üblich, die Keilstärke

$$s = \frac{D}{4} = 25 \text{ mm}$$

eingeführt wird. Die Höhe  $h$  des Keils berechnet sich aus dem auftretenden größten Biegemoment, das sich mit den Bezeichnungen der Fig. 23 zu

$$M = \frac{P}{2} \cdot \frac{p}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{D}{4} = \frac{P}{8} (2p - D)$$

ergibt; hier wird

$$M = \frac{30000}{8} (2 \cdot 17,5 - 10,0) = 93750 \text{ cmkg.}$$

Bei  $h = 150$  mm Keilhöhe ergibt sich daher die Beanspruchung des Keils auf

$$\text{Biegung} \quad \sigma_b = \frac{93750 \cdot 6}{2,5 \cdot 15,0^2} = 1000 \text{ kg/qcm (zul. } 1000 \text{ kg/qcm),}$$

$$\text{Abscheren} \quad \sigma_s = \frac{30000}{2 \cdot 2,5 \cdot 15,0} = 400 \text{ kg/qcm (zul. } 750 \text{ kg/qcm),}$$

$$\text{Lochleibungsdruck} \quad \sigma_l = \frac{30000}{2,5 \cdot 10,0} = 1200 \text{ kg/qcm (zul. } 1500 \text{ kg/qcm).}$$

## Drittes Kapitel.

### Träger.

Unter einem Träger versteht man einen Konstruktionsteil, der die auf ihn entfallenden Lasten durch seinen Biegungswiderstand auf die Auflagerpunkte überträgt. Die Schwerachse der Träger liegt meist wagerecht, seltener schräg (z. B. bei Treppenwangen, Dachsparren). Man unterscheidet:

**1. Balkenträger:** Das sind Träger mit meist geradliniger Achse, die bei senkrechter Belastung nur senkrechte Kräfte auf ihre Stützpunkte übertragen.

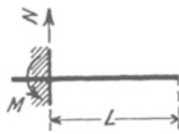


Fig. 24.

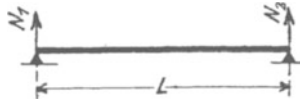


Fig. 25.

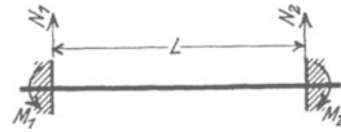


Fig. 26.

Je nach der Anzahl der Stützpunkte unterscheidet man:

a) Träger auf einem Stützpunkt (Fig. 24): eingemauerte, eingespannte oder Kragträger genannt.

b) Träger auf zwei Stützen, entweder beiderseits frei drehbar aufliegend (Fig. 25) oder einseitig bzw. zweiseitig eingespannt (Fig. 26), einfache Träger genannt, im Gegensatz zu den

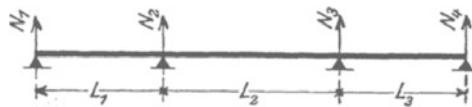


Fig. 27.

c) Trägern auf mehreren Stützen, die entweder durchlaufende und dann statisch unbestimmte Träger (Fig. 27) oder aber Träger mit Gelenken (statisch

bestimmte Gerber- oder Auslegerträger Fig. 28) sind. Letztere bestehen aus

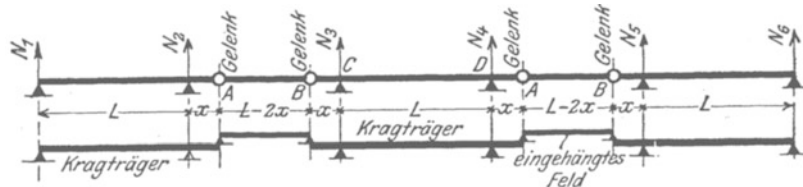


Fig. 28.

den einfachen Trägern (den „eingehängten Feldern“)  $AB$ , die sich in den Gelenken  $A$  und  $B$  auf einseitig oder beiderseits überkragende Träger auf

zwei Stützen (den „Kragträgern“) auflagern; da an den Gelenkstellen das Biegemoment gleich Null ist, genügen zu ihrer Berechnung die 3 Gleichgewichtsbedingungen der Ebene.

**2. Bogenträger:** Das sind Träger mit gekrümmter Achse, die bei senkrechter Belastung nicht nur senkrechte, sondern auch wagerechte Kräfte („Horizontalschub“ genannt) auf ihre Stützpunkte übertragen. Man unterscheidet:

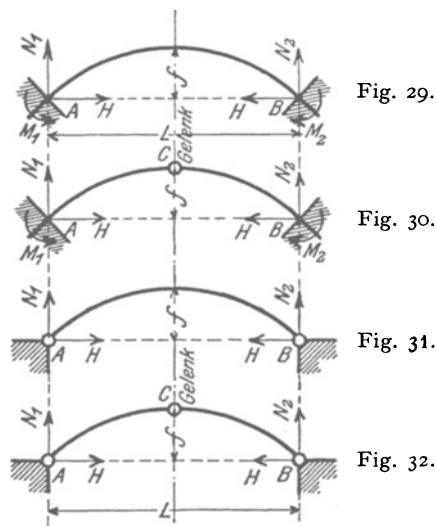


Fig. 29.

Fig. 30.

Fig. 31.

Fig. 32.

a) Bögen ohne Gelenke (eingespannte Bögen, Gewölbe, Fig. 29), die dreifach statisch unbestimmt sind.

b) Bögen mit einem Gelenk im Scheitel (Eingelenkbögen Fig. 30), die zweifach statisch unbestimmt sind.

c) Bögen mit zwei Gelenken in den Kämpferpunkten (Zweigelkenbögen Fig. 31), die einfach statisch unbestimmt sind.

d) Bögen mit drei Gelenken, je eins im Scheitel und in den Kämpferpunkten (Dreigelkenbögen Fig. 32), die statisch bestimmt und mit den drei Gleichgewichtsbedingungen der Ebene zu berechnen sind.

Nach der Form der Träger unterscheidet man:

- vollwandige Träger, die der ganzen Länge nach einen ununterbrochen durchlaufenden Querschnitt zeigen (z. B. I-Träger), und
- Fachwerkträger, die aus einzelnen Stäben zusammengesetzt sind.

## A. Berechnung der Träger.

### I. Vollwandige Träger.

#### 1. Balkenträger.

**a) Berechnung des Trägerquerschnitts.** Zur Berechnung eines Trägers (Fig. 33) müssen gegeben sein:

$\alpha$ ) Die Stützweite  $L$ , bei auf Mauern gelagerten Trägern nicht mit der Lichtweite  $L_i$  zu verwechseln; es ist  $L = L_i + 2e$ , wo  $e$  je nach der Größe der Lichtweite und Belastung für Hochbaukonstruktionen zu 0,15—0,40 m, für Brückenüberbauten zu 0,25—1,00 m zu wählen ist.

$\beta$ ) Die Belastungsbreite  $b$ , die sich aus der gegenseitigen Entfernung der nebeneinanderliegenden parallelen Träger ergibt.

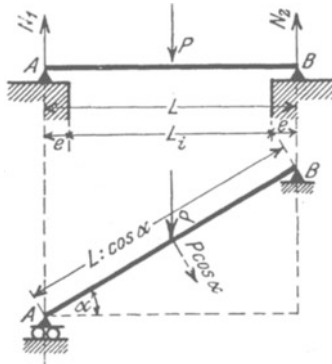
$\gamma$ ) Die gleichförmig verteilte Belastung  $p$  in kg/qm, aus der sich die gesamte gleichförmig verteilte Last für einen Träger zu  $Q = pbL$  berechnet.

$\delta$ ) Die auf den Träger wirkenden Einzellasten  $P$ , die auch beweglich sein können (z. B. bei Brücken- und Kranträgern).

Aus diesen gegebenen Werten wird das größte Biegemoment  $M_{max}$  berechnet, nachdem man vorher bei schrägliegenden Trägern sämtliche Lasten

parallel und senkrecht zur Trägerachse in die Seitenkräfte  $P \sin \alpha$  und  $P \cos \alpha$  (Fig. 33<sup>b</sup>) zerlegt hat; erstere beanspruchen den Träger auf Zug oder Druck, letztere aber erzeugen ein Biegemoment, das sich z. B. für die in Fig. 33<sup>b</sup> dargestellte Belastung zu

$$M = \frac{1}{4} P \cos \alpha \cdot \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{PL}{4},$$

Fig. 33<sup>a</sup>.Fig. 33<sup>b</sup>.

d. h. gerade so groß wie für den wagerecht liegenden Träger (Fig. 33<sup>a</sup>) berechnet, dessen Stützweite gleich der Projektion des schräg liegenden ist.

Aus dem berechneten Moment  $M_{max}$  und der gegebenen zulässigen Biegebungsbeanspruchung  $k_b$  ergibt sich das erforderliche Widerstandsmoment zu

$$W = \frac{M_{max}}{k_b}.$$

Das wirklich vorhandene Widerstandsmoment des gewählten Trägerquerschnitts muß dann mindestens die Größe  $W$  haben.

Man hat indessen — besonders bei großer Spannweite und kleiner Belastung — noch zu beachten, daß die infolge der Lasten auftretende Durchbiegung  $\delta$  des Trägers

bei Hochbaukonstruktionen den Wert  $\delta = \frac{L}{500}$  bis  $\frac{L}{600}$ ,

bei Brücken- und Krankonstruktionen den Wert  $\delta = \frac{L}{1000}$  bis  $\frac{L}{1200}$

nicht überschreiten darf. Diese Durchbiegung setzt sich aus 2 Teilen  $\delta_1$  und  $\delta_2$  zusammen, von denen der erste ( $\delta_1$ ) den Beitrag der ständigen Last, der zweite ( $\delta_2$ ) aber den Beitrag der Verkehrslast darstellt. Wird die Trägerachse — und das ist bei geringer Stützweite sowie bei gewalzten Trägern Regel — genau wagerecht ausgeführt, so ist  $\delta = \delta_1 + \delta_2$ . Erhält der Träger dagegen — und das ist bei

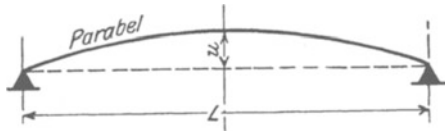


Fig. 34.

größerer Stützweite die Regel — in der Mitte eine Überhöhung  $u$  (Fig. 34), die mindestens zu  $u = \delta_1$  gewählt wird, so ist  $\delta = \delta_2$  einzuführen.

Für vollwandige Träger auf 2 Stützen berechnet sich die Durchbiegung  $\delta$  aus dem größten Biegemoment  $M_{max}$

bei gleichbleibendem Trägheitsmoment  $J$  zu 13<sup>a</sup>)  $\delta = \frac{5}{48} \frac{L^2}{EJ} M_{max}$ ,

bei veränderlichem Trägheitsmoment  $J$  zu 13<sup>b</sup>)  $\delta = \frac{5,5}{48} \frac{L^2}{EJ_{max}} M_{max}$ ,

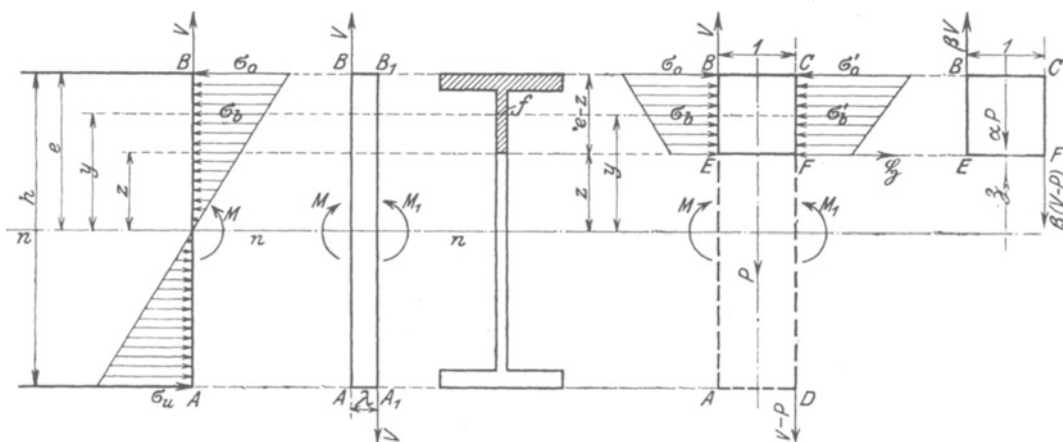
wo  $J_{max}$  das größte Trägheitsmoment ist.

In jedem senkrechten Balkenquerschnitt  $AB$  (Fig. 35<sup>a</sup>) wirkt außer dem Biegemoment  $M$ , das im Abstand  $y$  von der neutralen Achse  $nn$  die Biegebungs- oder Normalspannung  $\sigma_b = \frac{M}{J} y$  ( $J =$  Trägheitsmoment der ganzen Querschnittsfläche  $AB$  bezüglich  $nn$ ), also für das Flächenteilchen  $f$  die wagerechte Normalkraft  $\frac{M}{J} f y$  erzeugt,

noch eine senkrechte Scherkraft  $V$ . Legt man in dem sehr kleinen Abstand  $\lambda$  von  $AB$  einen zweiten Vertikalschnitt  $A_1B_1$  (Fig. 35<sup>b</sup>), so ergibt sich aus der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma M = 0$  die Beziehung  $V = M_1 - M$ .

Wie in jedem senkrechten Schnitt eine wagerechte Normalkraft und eine lotrechte Scherkraft, so wirkt auch in jedem wagerechten Schnitt eine lotrechte Normalkraft und eine wagerechte Scherkraft.

Schneidet man nämlich das Balkenstück  $ABCD$  (Fig. 35<sup>d</sup>) von der Länge „Eins“ in der Höhe  $z$  von der neutralen Achse  $nn$  bei  $EF$  wagerecht durch und entfernt den einen Teil, z. B. den unteren, so muß man zunächst zur Wiederherstellung des Gleichgewichts an der Schnittstelle  $EF$  eine wagerechte Kraft  $\mathfrak{S}$  anbringen, weil die auf die Vertikalschnitte  $EB$  und  $FC$  wirkenden wagerechten Normalkräfte  $\frac{M}{J} \Sigma f y$  und  $\frac{M_1}{J} \Sigma f y$  ungleiche Größe haben. Aus der Bedingung  $\Sigma H = 0$  ergibt sich  $\mathfrak{S} = \frac{M_1}{J} \Sigma f y - \frac{M}{J} \Sigma f y$ . Da  $M_1 - M = V$  und  $\Sigma f y$  das statische Moment  $S$  des oberhalb  $EF$

Fig. 35<sup>a</sup>.Fig. 35<sup>b</sup>.Fig. 35<sup>c</sup>.Fig. 35<sup>d</sup>.Fig. 35<sup>e</sup>.

gelegenen (in Fig. 35<sup>e</sup> durch Strichlage hervorgehobenen) Querschnittsteils in bezug auf die neutrale Achse  $nn$  ist, so ergibt sich die wagerechte Scherkraft für die Längeneinheit des Horizontalschnitts zu

$$14) \quad \mathfrak{S} = V \frac{S}{J}.$$

Sie ist an jeder Balkenstelle gleich der senkrechten Scherkraft für die Längeneinheit des Vertikalschnitts.

Das statische Moment  $S$  ändert sich mit der Höhenlage  $z$  des Horizontalschnitts  $EF$  und erreicht seinen größten Wert  $S_0$  für  $z=0$ ; die größte wagerechte Scherkraft tritt daher in der neutralen Achse auf und beträgt für die Längeneinheit

$$14^a) \quad \mathfrak{S}_0 = V \frac{S_0}{J}.$$

Von der senkrechten Belastung  $P$  des Balkenstücks  $ABCD$  (Fig. 35<sup>d</sup>), die sich nach irgendeinem Gesetz über die ganze Höhe  $AB = h$  verteilt, entfällt auf die Höhe des Balkenstücks  $BECF$  (Fig. 35<sup>e</sup>) der Anteil  $\alpha P$ ; von der im Vertikalschnitt  $AB$  bzw.  $CD$  wirkenden Scherkraft  $V$  bzw.  $V - P$ , die sich ebenfalls nach einem bestimmten Gesetz über die Höhe  $h$  verteilt, entfällt auf die Höhe  $EB$  bzw.  $FC$  der Anteil  $\beta V$  bzw.  $\beta(V - P)$ . Zur Herstellung des Gleichgewichts muß in der wagerechten Schnittfläche  $EF$  eine lotrechte Normalkraft  $\mathfrak{B}$  für die Längeneinheit hinzugefügt werden, die sich aus der Bedingung  $\Sigma V = 0$  zu

$$15) \quad \mathfrak{B} = P(\beta - \alpha)$$



berechnet. Die übliche Vernachlässigung dieser Normalkraft ist daher nur zulässig, wenn  $\alpha = \beta$  ist, d. h. wenn sich die äußere Kraft  $P$  nach demselben Gesetz wie die senkrechte Scherkraft  $V$  über die Balkenhöhe verteilt.

Bei Balken von I-förmigem Querschnitt (Fig. 35<sup>e</sup>) darf aber die senkrechte Scherkraft als annähernd gleichförmig über die Höhe  $h$  des Stegs verteilt angenommen werden; die Annahme  $\beta = 0$  bedingt daher die Ansbildung der Konstruktion derart, daß sich auch die äußeren Kräfte (Lasten und Stützdrücke) gleichförmig über die Steghöhe  $h$  verteilen.

Der auf Grund der Gleichung  $W = \frac{M_{max}}{k_b}$  ermittelte Trägerquerschnitt kann der Abnahme der Biegemomente entsprechend allmählich verkleinert

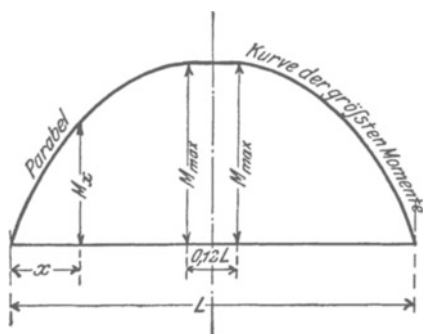


Fig. 36.

werden. Zur Berechnung des an irgendeiner Stelle  $x$  (Fig. 36) erforderlichen Widerstandsmoments  $W_x$  hat man das an dieser Stelle auftretende größte Biegemoment  $M_x$  zu ermitteln; trägt man alle diese  $M_x$  senkrecht zur Balkenachse auf, so ergibt die Verbindungslinie ihrer Endpunkte die Kurve der größten Momente, und diese darf bei einem Träger auf 2 Stützen sowohl für die ständige Last als auch für die bewegliche Verkehrslast durch eine gerade Linie von der Länge  $0,12 L$  und zwei sich an diese tangential an-

schließende Parabelstücke (Fig. 36) ersetzt werden. Die danach sich ergebenden Verhältnisse  $\frac{M_x}{M_{max}}$  sind in der Zahlentafel IV des Anhangs aufgeführt.

**b) Berechnung der Auflagerung im Mauerwerk.** Aus den gegebenen Lasten  $Q$  und  $P$  wird der größte Auflagerdruck  $N$  und beim eingespannten Balken außerdem das größte Einspannungsmoment  $M$  berechnet, wobei man etwa bewegliche Lasten in die ungünstigste Stellung zu bringen hat. Aus der zulässigen Beanspruchung  $k_m$  des Mauerwerks und der bekannten Trägerbreite  $b$  berechnet sich dann beim

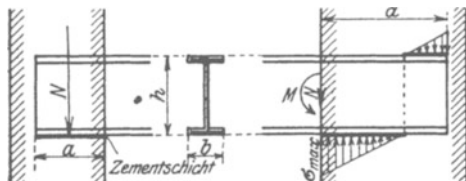


Fig. 37.

Fig. 38.

Träger mit frei drehbaren Enden (Fig. 37) die erforderliche Auflagerfläche zu  $F = \frac{N}{k_m}$  und daraus die erforderliche Auflagerlänge zu

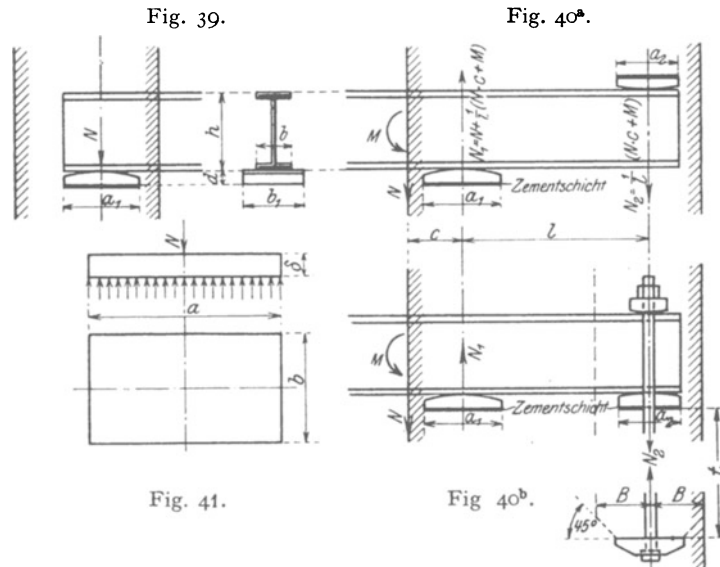
$$a = \frac{F}{b} = \frac{N}{b k_m}.$$

eingespannten Träger (Fig. 38) die erforderliche Einspannlänge  $a$  aus der Bedingung, daß die größte Druckspannung  $\sigma_{max}$  an der Vorderkante höchstens gleich  $k_m$  sein darf, also aus der Gleichung

$$\frac{N}{a b} + \frac{6 \left( M + N \frac{a}{2} \right)}{a^2 b} = k_m \quad \text{zu} \quad a = \frac{2 N}{b k_m} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{3}{2} b k_m \frac{M}{N^2}} \right).$$

Wird  $a$  größer als die Trägerhöhe  $h$  oder als die zur Verfügung stehende Mauerstärke, so stehen zu seiner Verkleinerung folgende Mittel zur Verfügung:

$\alpha$ ) Vergrößerung der zulässigen Druckbeanspruchung  $k_m$  durch Anordnung von Mauerwerk aus Hartbrandziegeln in Kalkzementmörtel ( $k_m = 12$  bis  $15 \text{ kg/qcm}$ )<sup>1)</sup> oder aus Klinkern in Zementmörtel ( $k_m = 20$  bis  $30 \text{ kg/qcm}$ )<sup>1)</sup>, oder aber durch Unterlegen eines Werksteins (z. B. Granit mit  $k_m = 60 \text{ kg/qcm}$ , Sand- oder Kalkstein mit  $k_m = 30 \text{ kg/qcm}$ ), oder endlich durch Anwendung beider Maßregeln.



$\beta$ ) Vergrößerung der Auflagerbreite  $b$  durch Anordnung einer Auflagerplatte von der größeren Breite  $b_1$  (Fig. 39 und 40). Die Dicke  $\delta$  dieser Platte berechnet sich nach Fig. 41 (in der man sich die eine Plattenhälfte in eine feste Wand eingespannt zu denken hat) aus der Gleichung  $\frac{N}{2} \cdot \frac{a}{4} = \frac{b \delta^2}{6} k_b$  zu

$$16) \quad \delta = \sqrt[3]{\frac{3 N a}{4 k_b b}},$$

wobei die zulässige Beanspruchung für Gußeisen  $k_b = 250 \text{ kg/qcm}$ , für Stahlformguß  $k_b = 1200 \text{ kg/qcm}$  beträgt.

Steht beim eingespannten Balken (Fig. 40<sup>a</sup>) zur Aufnahme des Stützdrucks  $N_2$  oberhalb der Auflagerplatte nicht genügend oder überhaupt kein Mauergewicht zur Verfügung, so muß der Träger nach Fig. 40<sup>b</sup> bei  $N_2$  im Mauerwerk nach unten verankert werden. Die Tiefe  $t$  der Verankerung ist so zu wählen, daß das Gewicht das auf der Ankerplatte ruhenden Mauerwerks mindestens gleich dem 1,5- bis 2,5fachen von  $N_2$  ist.

$\gamma$ ) Gleichzeitige Vergrößerung der zulässigen Druckbeanspruchung  $k_m$  und der Auflagerbreite  $b$  z. B. durch Anordnung einer Auflagerplatte auf einem Werkstein.

<sup>1)</sup> Die höheren Werte dürfen nach den Vorschriften vom 31. Januar 1910 nur verwendet werden, wenn einwandfreie statische Untersuchungen unter Annahme der stärksten Belastungen bei Berücksichtigung der denkbar ungünstigsten Umstände durchgeführt werden.

## 2. Bogenträger.

Außer den früheren Größen erfordert die Berechnung noch die Angabe der Pfeilhöhe  $f$ ; sie beschränkt sich hier auf den nach der Parabel gekrümmten Dreigelenkbogen; die Ergebnisse dürfen bei Hochbaukonstruktionen hinreichend genau auch auf flache Kreisbögen mit dem Pfeilverhältnis  $\frac{f}{L} = \frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$  übertragen werden.

### a) Ermittlung der Stützdrücke, Biegemomente, Längs- und Scherkräfte.

#### a) Volle senkrechte Belastung ( $p$ kg/qm Grundriß, Fig. 42).

Die senkrechten Stützdrücke berechnen sich mit  $pL = Q$  zu  $N_1 = N_2 = \frac{Q}{2}$ .

Denkt man sich die rechte Bogenhälfte entfernt und setzt für die übrig gebliebene linke die Summe aller Momente für  $C$  als Drehpunkt gleich Null, so ergibt sich  $N_1 \cdot \frac{L}{2} - \frac{Q}{2} \cdot \frac{L}{4} - Hf = 0$ , folglich der Horizontalschub

$$17) \quad H = \frac{QL}{8f} = \frac{pL^2}{8f}.$$

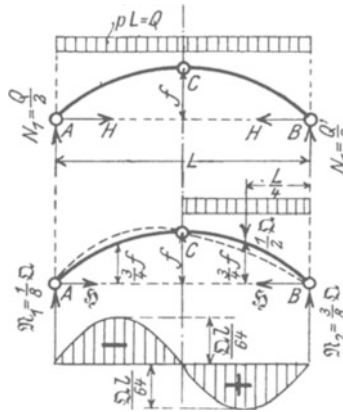


Fig. 42.

Fig. 44.

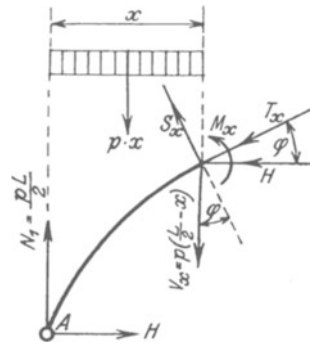


Fig. 43.

Das mit der Polweite  $H$  zu der gleichförmig verteilten Last  $pL$  gezeichnete Seileck fällt mit der Bogenlinie  $ACB$  zusammen, so daß Biegemomente im Bogen nicht auftreten.

Ist  $\varphi$  der Neigungswinkel der Bogenlinie in dem im Abstand  $x$  vom Kämpfergelenk  $A$  gelegenen Querschnitt (Fig. 43), so erzeugen die dort wirkenden Kräfte  $H$  und  $V_x = p\left(\frac{L}{2} - x\right)$  die

tangentiale Normal- oder Längskraft  $T_x = H \cos \varphi + V_x \sin \varphi$  und die radiale Transversal oder Scherkraft  $S_x = H \sin \varphi - V_x \cos \varphi$  (die zur Berechnung der Nietteilung nach Gl. 26 dient). Da für den Parabelbogen  $M_x = 0$  und  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{8f}{L^2} \left(\frac{L}{2} - x\right)$  ist, so folgt  $T_x = \frac{H}{\cos \varphi}$  und  $S_x = 0$ .

**β) Einseitige senkrechte Belastung** ( $p$  kg/qm Grundriß, Fig. 44).

Die senkrechten Stützdrücke berechnen sich mit  $pL = \mathfrak{D}$  zu  $\mathfrak{R}_1 = \frac{1}{8}\mathfrak{D}$  und  $\mathfrak{R}_2 = \frac{3}{8}\mathfrak{D}$ .

Der Horizontalschub ergibt sich auf demselben Wege wie vorher zu

$$18) \quad \mathfrak{S} = \frac{\mathfrak{D}L}{16f} = \frac{pL^2}{16f}.$$

Das mit der Polweite  $\mathfrak{S}$  zu der einseitig verteilten Last  $\frac{1}{2}pL$  gezeichnete Seileck besteht aus der geraden Linie  $AC$  und einer sich an diese in  $C$  tangential anschließenden, oberhalb der Bogenlinie  $CB$  verlaufenden Parabel. Es treten daher auf der unbelasteten Gewölbehälfte negative, auf der belasteten positive Biegemomente  $\mathfrak{M}_x$  auf, die ihren Größtwert in  $\frac{1}{4}$  der Spannweite mit

$$19) \quad \mathfrak{M}_{max} = -\mathfrak{M}_{min} = \frac{\mathfrak{D}L}{64} = \frac{pL^2}{64}$$

erreichen; die an dieser Stelle gleichzeitig auftretende Längs- und Scherkraft berechnet sich mit  $\operatorname{tg} \varphi_{max} = \frac{2f}{L}$  und  $\mathfrak{S}_x = \frac{pL}{8}$  zu

$$\mathfrak{T}_{max} = \mathfrak{S} \cos \varphi_{max} + \frac{pL}{8} \sin \varphi_{max} = \mathfrak{S} \left( \cos \varphi_{max} + \frac{2f}{L} \sin \varphi_{max} \right) = \frac{\mathfrak{S}}{\cos \varphi_{max}} \quad \text{und}$$

$$\mathfrak{S}_{max} = \mathfrak{S} \sin \varphi_{max} - \frac{pL}{8} \cos \varphi_{max} = 0.$$

Für die Pfeilverhältnisse  $\frac{f}{L} = \frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$  ist der mittlere Neigungswinkel der Bogenlinie kleiner als  $25^\circ$ , so daß es für Hochbaukonstruktionen nach den Vorschriften vom 31. Januar 1910 genügt, den Winddruck durch einen Zuschlag zur senkrechten Belastung zu berücksichtigen, also seine wagerechte Seitenkraft zu vernachlässigen. Bei einem Winddruck von 125 kg/qm rechtwinklig getroffener Fläche ergibt sich für

|   | $\frac{f}{L} = \frac{1}{4}$ | $\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{6}$ |                 |
|---|-----------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| der einseitige senkrechte Winddruck zu . . . . .    | 30                          | 20            | 15            | kg/qm Grundriß, |
| die einseitige Schneelast zu . . . . .              | 65                          | 70            | 70            | „ „ ;           |
| daher die gesamte einseitige Belastung zu . . . . . | 95                          | 90            | 85            | kg/qm Grundriß. |

Meist rechnet man mit einer einseitigen Last von 100 kg/qm Grundriß.

### b) Berechnung des Trägerquerschnitts.

Ist für einen Bogenquerschnitt  $M_{max}$  das größte Biegemoment,  $T_{max}$  die gleichzeitig auftretende Längskraft,  $F$  der Flächeninhalt und  $W$  das Widerstandsmoment des gewählten Querschnitts, so darf die größte auftretende Spannung

$$\sigma_{max} = \frac{T_{max}}{F} + \frac{M_{max}}{W}$$

die als zulässig festgesetzte Grenze  $k$  nicht überschreiten.

## c) Berechnung der Gelenke.

**$\alpha$ ) Zylindergelenke** (Fig. 45). Ist  $H_{max}$  der größte auf das Gelenk wirkende Horizontalschub,  $V_{max}$  die gleichzeitig mit  $H_{max}$  auftretende senkrechte Scherkraft, so wirkt auf das Gelenk die Normalkraft  $T = H_{max} \cos \alpha + V_{max} \sin \alpha$  und die Transversalkraft  $S = H_{max} \sin \alpha - V_{max} \cos \alpha$ ,

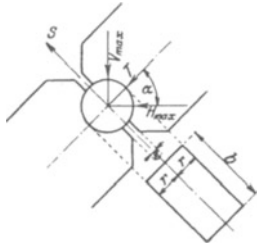


Fig. 45.

wenn  $\alpha$  der Neigungswinkel der Bogenlinie am Gelenkpunkt ist. Zur sicheren Aufnahme der Kraft  $S$  wird der Lichtraum  $e$  zwischen den beiden, den Zylinder umfassenden Gelenkkörpern nur gerade so groß gewählt, daß er die freie Drehbarkeit der Bogen Teile gestattet; hierzu genügt je nach der Spannweite das Maß  $e = 20$  bis  $40$  mm, so daß jeder Körper den Zylinder mindestens auf das 0,8fache des halben Umfangs, also auf die Länge  $0,8 \pi r = \sim \frac{5}{2} r$  umfaßt. Unter der Annahme, daß sich  $T$  annähernd gleichförmig über die Hälfte des berührten Umfangs verteilt, ergibt sich die Gleichung  $\frac{5}{4} r b \sigma = T$ , aus der sich bei gegebenem  $r$  die Beanspruchung zu

$$20^a) \quad \sigma = \frac{0,8 T}{b r}$$

und bei gegebener zulässiger Beanspruchung  $k$  der Zylinderhalbmesser zu

$$20^b) \quad r = \frac{0,8 T}{b k}$$

berechnet; hierin ist für Körper in Gußeisen  $k = 600$  kg/qcm,

in Stahlformguß  $k = 1200$  kg/qcm zulässig.

Kann bei einem bestimmten Belastungsfall (z. B. bei Hallen durch Wind von innen) die Normalkraft  $T$  negativ, also eine Zugkraft werden, so müssen die beiden Gelenkkörper miteinander verbunden werden, ohne daß dabei die freie Drehbarkeit des Gelenks vernichtet wird. Einfacher ist in diesem Falle die Verwendung der

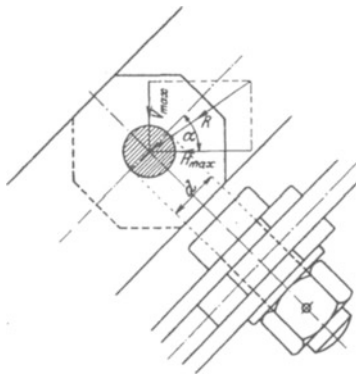


Fig. 46.

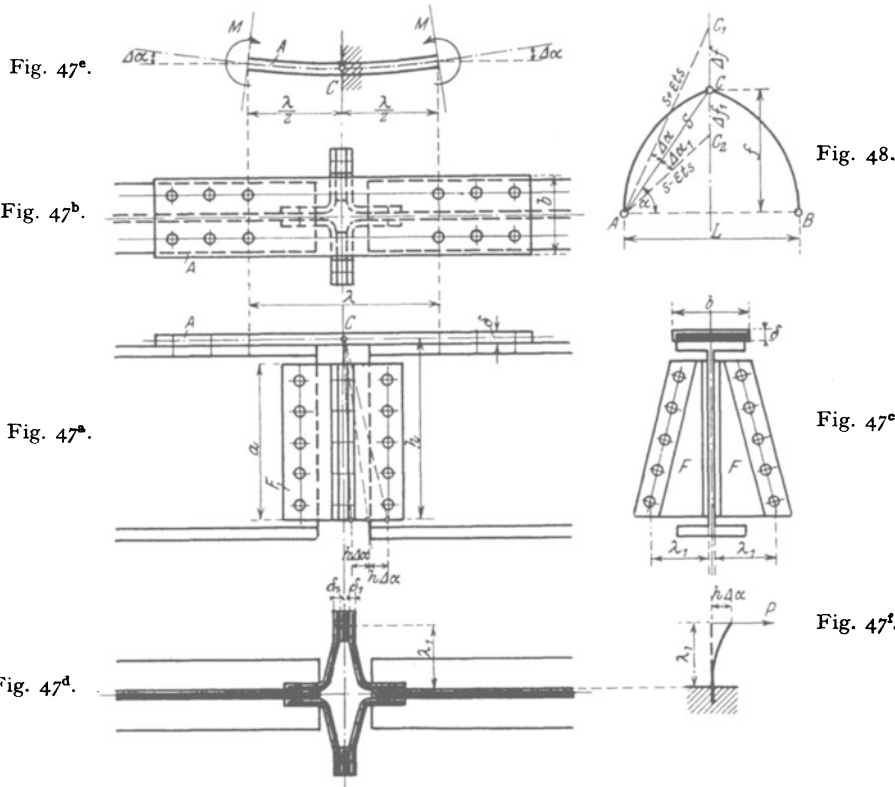
**$\beta$ ) Bolzengelenke** (Fig. 46), deren Berechnung auf Abscheren, Lochleibungsdruck und Biegung für die Kraft  $R = \sqrt{V_{max}^2 + H_{max}^2}$  nach den Regeln des 2. Kap. erfolgt (vgl. Aufg. 5).

**$\gamma$ ) Federgelenke** (Fig. 47) bestehen aus zwei Teilen: einer tangentialen zur Aufnahme der Längskraft  $T$  bestimmten Platte  $A$  und einer radialen aus 4 winkelförmigen Stahlblechen zusammengesetzten Feder  $F$  zur Aufnahme der Scherkraft  $S$ ; der Gelenkpunkt

liegt in der Mitte  $C$  der Tangentialplatte  $A$ . Um die Drehbarkeit des Gelenks zu ermöglichen, wird die Platte  $A$  auf eine gewisse Länge  $\lambda$  ( $= 150$  bis  $200$  mm) nicht mit dem Bogen vernietet (Fig. 47<sup>b</sup>) und der abstehende Schenkel der 4 Winkelbleche nach unten verbreitert (Fig. 47<sup>c</sup>).

Ist  $b$  die Breite,  $\delta$  die Stärke der Tangentialplatte  $A$ ,

$a$  die Höhe,  $\delta_1$  die Stärke jeder der 4 Federn  $F$ , so ist die Druckspannung in der Platte  $\sigma = \frac{T}{b\delta}$  und die Scherspannung in den Federn  $\sigma_s = \frac{S}{2a\delta_1}$ . Zu diesen Spannungen treten die Biegungsspannungen  $\sigma_b$  bei einer Winkeländerung im Gelenkpunkt hinzu. Die Länge  $s$  der Sehne  $AC$  des Dreigelenkbogens  $ACB$  (Fig. 48) ändert sich bei einer Temperaturänderung von  $t^0$  um  $\varepsilon ts$  ( $\varepsilon = \text{linearer Ausdehnungskoeffizient} = 12 \cdot 10^{-6}$ ), wobei sich das Gelenk  $C$  um  $\Delta f$  hebt bzw.  $\Delta f_1$  senkt. Aus  $(s + \varepsilon ts)^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (f + \Delta f)^2$  bzw.  $(s - \varepsilon ts)^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (f - \Delta f_1)^2$  folgt mit Vernachlässigung der kleinen



Größen  $\Delta f^2$  und  $\Delta f_1^2$  der Wert  $\Delta f = \Delta f_1 = \varepsilon t \frac{s^2}{f}$ . Aus  $\frac{\sin \Delta \alpha}{\sin(\alpha - \Delta \alpha)} = \frac{\Delta f}{s}$  bzw.  $\frac{\sin \Delta \alpha_1}{\sin(\alpha + \Delta \alpha_1)} = \frac{\Delta f_1}{s}$  folgt mit  $\sin(\alpha + \Delta \alpha_1) \approx \sin \alpha = \sin(\alpha - \Delta \alpha)$ ,  $\sin \alpha = \frac{L}{2s}$  und  $\sin \Delta \alpha \approx \Delta \alpha = \sin \Delta \alpha_1$  die Winkeländerung  $\Delta \alpha = \Delta \alpha_1 = \varepsilon t \frac{L}{2f}$ .

Zur Berücksichtigung der bei einseitigem Schnee- und Winddruck eintretenden zusätzlichen Winkeländerung führt man in die Rechnung den doppelten Wert

$$21) \quad \Delta \alpha = \Delta \alpha_1 = \varepsilon t \frac{L}{f}$$

ein. Der infolge dieser Winkeländerung in Platte und Feder eintretende Biegunszustand ist für eine Temperaturerniedrigung in Fig. 47<sup>c</sup> und 47<sup>d</sup> dargestellt. Die Platte  $A$  ist als ein bei  $C$  eingespannter Balken von der Länge  $\frac{\lambda}{2}$  anzusehen, dessen Endtangente sich infolge des gleichbleibenden Moments  $M$  um  $\Delta \alpha$  gedreht hat; mit

$$\Delta\alpha = \frac{M \frac{\lambda}{2}}{EJ} \text{ und } M = W\sigma_b = \frac{2J}{\delta}\sigma_b \text{ wird } \Delta\alpha = \frac{\lambda\sigma_b}{E\delta}, \text{ daher}$$

$$22) \quad \sigma_b = E \frac{\delta}{\lambda} \Delta\alpha = \varepsilon Et \frac{\delta}{\lambda} \frac{L}{f}.$$

Jede der 4 Federn öffnet sich am unteren Ende um  $h\Delta\alpha$ ; aus Fig. 47<sup>t</sup> folgt  $h\Delta\alpha = \frac{P\lambda_1^3}{3EJ_1}$ ; mit  $P\lambda_1 = M_1$  und  $M_1 = \frac{2J_1}{\delta_1}\sigma_{b1}$  wird  $h\Delta\alpha = \frac{2\lambda_1^3\sigma_{b1}}{3E\delta_1}$ , daher

$$23) \quad \sigma_{b1} = \frac{3}{2} E \frac{\delta_1}{\lambda_1} \frac{h}{\lambda_1} \Delta\alpha = \frac{3}{2} \varepsilon Et \frac{\delta_1}{\lambda_1} \frac{h}{\lambda_1} \frac{L}{f}.$$

Zahlenbeispiel.  $L = 20,0\text{m}$ ;  $f = 9,25\text{m}$ ;  $b = 200\text{mm}$ ;  $\delta = 12\text{mm}$ ;  $a = 400\text{mm}$ ;  $\delta_1 = 6\text{mm}$ ;  $h = 450\text{mm}$ ;  $\lambda = 150\text{mm}$ ;  $\lambda_1 = 200\text{mm}$ ;  $t = \pm 35^\circ$ ;  $E = 2,15 \cdot 10^6$ . Für das Scheiteltgelenk sei  $T = 10000\text{kg}$  und  $S = 4000\text{kg}$ . Dann wird

$$\Delta\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot \frac{20,0}{9,25} = 9 \cdot 10^{-4}.$$

$$\text{Platte } A: \quad \sigma = \frac{10000}{20,0 \cdot 1,2} = 420 \text{ kg/qcm}; \quad \sigma_b = 2,15 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,2}{15,0} \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 170 \text{ kg/qcm};$$

$$\sigma_{max} = 590 \text{ kg/qcm}.$$

$$\text{Feder } F: \quad \sigma_s = \frac{4000}{2 \cdot 40,0 \cdot 0,6} = 170 \text{ kg/qcm}; \quad \sigma_{b1} = \frac{3}{2} \cdot 2,15 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,6}{20,0} \cdot \frac{45,0}{20,0} \cdot 9 \cdot 10^{-4} = 200 \text{ kg/qcm}.$$

Da mit dem Vorzeichen von  $t$  auch die Art der Beanspruchung in Platte und Feder wechselt, ist die zulässige Spannung gegenüber der für die übrigen Konstruktionsteile festgesetzten Beanspruchung um 40 bis 50 v. H. zu vermindern.

## II. Fachwerkträger.

1. Ein Fachwerk ist ein Gebilde aus einzelnen geraden Stäben, die in ihren Endpunkten, den „Knotenpunkten“, miteinander verbunden sind. Man unterscheidet:

reine Fachwerke, bei denen alle Knotenpunkte als reibungslose Gelenke ausgebildet sind, so daß die einzelnen Stäbe durch eine in den Knotenpunkten angreifende äußere Belastung entweder nur auf Zug oder nur auf Druck beansprucht werden, und  
gemischte Fachwerke, bei denen einzelne oder auch alle Knotenpunkte biegungsfest ausgebildet sind, so daß einzelne oder auch alle Stäbe durch eine in den Knotenpunkten angreifende äußere Belastung nicht nur auf Zug oder Druck, sondern auch auf Biegung beansprucht werden.

Die Fachwerke werden in ebene und räumliche eingeteilt. Ein allseitig von geraden Stäben begrenztes Ebenengebilde heißt ein ebenes Fachwerk. ebenen Fachwerken Raumgebilde heißt ein räumliches Fachwerk.

2. Soll ein Fachwerk unter dem Einfluß äußerer Kräfte im Gleichgewicht sein, so muß es sowohl seiner Form als auch seiner Lage nach unverschieblich sein.

A. Seiner Form nach oder innerlich unverschieblich ist das ebene Fachwerk, wenn es bei  $\frac{n}{\nu}$  Knotenpunkten durch  $\frac{2n-3}{3\nu-6}$  voneinander unabhängige Stücke (nämlich  $\frac{s}{\sigma}$  Seiten und  $\frac{w}{\omega}$  Winkel) bestimmt ist.

Das einfachste ebene räumliche Fachwerk ist das Dreieck mit drei Knotenpunkten und drei Stäben; zum Anschluß eines neuen Knotenpunkts sind zwei nicht in derselben Ebene liegende neue Stäbe, zum Anschluß von  $\frac{n-3}{v-4}$  Knotenpunkten daher  $\frac{2(n-3)}{3(v-4)}$  voneinander unabhängige Stäbe erforderlich; das dann entstehende ebene räumliche Fachwerk von  $n$  Knotenpunkten ist durch  $\frac{2(n-3)+3}{3(v-4)+6} = \frac{2n-3}{3v-6}$  Stäbe bestimmt. Das Raumfachwerk insbesondere ist auch dann innerlich unverschieblich, wenn alle es bildenden ebenen Fachwerke innerlich unverschieblich sind.

Die  $\frac{2n-3}{3v-6}$  Stäbe sind nicht voneinander unabhängig, wenn sie ein inneres Gleichgewichtssystem bilden, d. h. wenn sich beim Fehlen äußerer Kräfte und bei Annahme einer beliebigen Stabkraft die Spannkraften in allen übrigen Stäben aus den drei Gleichgewichtsbedingungen der Ebene des Raumes eindeutig bestimmen lassen.

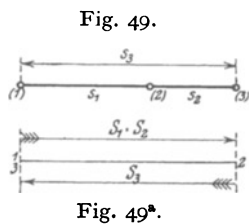


Fig. 49<sup>a</sup>.

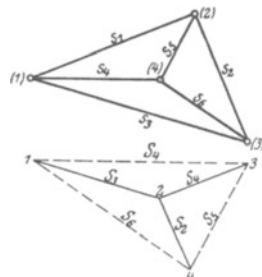


Fig. 50.

Fig. 50<sup>a</sup>.

Beispiele sind das Dreieck (Fig. 49) Tetraeder (Fig. 50), bei dem alle drei Knotenpunkte in einer Ebene liegen; denn aus der beliebig angenommenen Stabkraft  $S_1$  im Stabe  $s_1$  ergeben sich die übrigen Spannkraften eindeutig durch den Kräfteplan Fig. 49<sup>a</sup> Fig. 50<sup>a</sup>. Dasselbe gilt für ein ebenes Fachwerk, das aus den 6 Seiten eines einem Kegelschnitt einbeschriebenen Sechsecks und dessen 3 Hauptdiagonalen (Fig. 51) besteht; nimmt man z. B. die Kraft  $S_8$  im Stabe  $s_8$  beliebig an, so liefert der Kräfteplan (Fig. 51<sup>a</sup>) eindeutig alle übrigen Spannkraften.

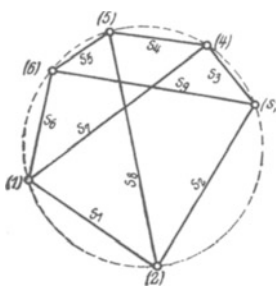


Fig. 51.

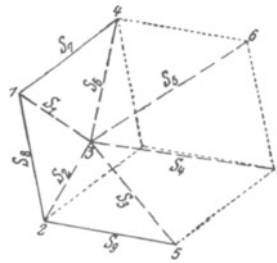


Fig. 51<sup>a</sup>.

a) Ist  $\frac{z=s+w}{\zeta=\sigma+\omega}$  die Anzahl der das ebene räumliche Fachwerk bestimmenden, voneinander unabhängigen Stücke, so heißt das Fachwerk

in sich unverschieblich, wenn  $\frac{z=2n-3}{\zeta=3v-6}$  ist, dagegen

in sich verschieblich, wenn  $\frac{z < 2n-3}{\zeta < 3v-6}$  ist. Der Grad der Ver-



schieblichkeit wird durch die Zahl  $\frac{f=2n-3-z}{\varphi=3\nu-6-\zeta}$  angegeben, für das Raumfachwerk auch durch die Summe der Verschieblichkeitsgrade der es bildenden ebenen Fachwerke.

Er beträgt z. B. bei dem  $n$ -eckigen Gelenkring (Fig. 52) mit  $z=s=n$ ;  $f=n-3$ ; dem Raumfachwerk (Fig. 53) mit  $\nu=2n$  und  $\zeta=\sigma=2n+2n=4n$ ;  $\varphi=6n-6-4n=2n-6$ ; das Fachwerk wird aus  $n$  schrägliegenden, in sich unverschieblichen ebenen Fachwerken von Trapezform und 2 wagerechten,  $n$ -eckigen Gelenkringen gebildet; für letztere ist  $f=n-3$ , daher für das Raumfachwerk  $\varphi=2f=2n-6$ .

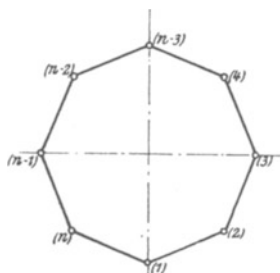


Fig. 52.

b) In sich verschiebliche <sup>ebene</sup> räumliche Fachwerke

können durch Hinzufügung von  $\frac{f}{\varphi}$  neuen, unter sich und von den vorhandenen unabhängigen Stücken zu unverschieblichen ausgebildet werden.

Der  $n$ -eckige Gelenkring (Fig. 52) geht durch biegungsfeste Ausbildung von  $n-3$  Knotenpunkten, d. h. durch Hinzufügung von  $w=n-3$  voneinander unabhängigen Winkeln in das in sich unverschiebliche Fachwerk Fig. 52<sup>a</sup> über. Das Raumfachwerk (Fig. 53) geht durch Einschaltung von je  $n-3$  Diagonalen im oberen und unteren Gelenkring in ein in sich unverschiebliches Fachwerk über.

c) <sup>Ebene</sup> Räumliche Fachwerke mit  $\frac{z=2n-3}{\zeta=3\nu-6}$  voneinander unabhängigen Stücken heißen innerlich statisch bestimmt im Gegensatz zu den innerlich sta-

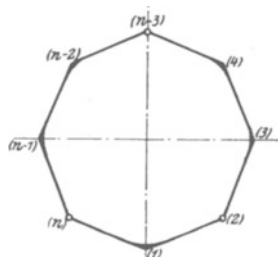


Fig. 52<sup>a</sup>.

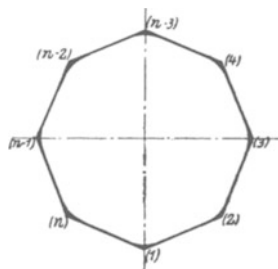


Fig. 52<sup>b</sup>.

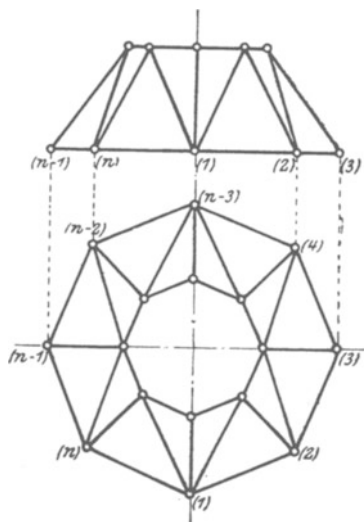


Fig. 53.

tisch unbestimmten, die außer den  $\frac{z=2n-3}{\zeta=3\nu-6}$  „notwendigen“ noch  $\frac{r}{\varrho}$  überzählige, insgesamt also  $\frac{z_r=2n-3+r}{\zeta_\varrho=3\nu-6+\varrho}$  Stücke enthalten; der Grad der innerlichen statischen Unbestimmtheit wird durch die Zahl  $\frac{r=z_r-2n+3}{\varrho=\zeta_\varrho-3\nu+6}$  angegeben.

Er beträgt z. B. bei dem  $n$ -eckigen, gelenklosen (biegungsfesten) Stabring (Fig. 52<sup>b</sup>) mit  $s = n$  Seiten,  $w = n$  Winkeln, daher  $z_r = s + w = 2n$ :  $r = 2n - 2n + 3 = 3$ ;  
dem Raumfachwerk (Fig. 53) mit gelenklosem oberen und unteren Ring bei  $v = 2n$  Knotenpunkten,  $\sigma = 4n$  Seiten,  $\omega = 2n$  Winkeln, daher  $\zeta_\rho = \sigma + \omega = 6n$ :  $\rho = 6n - 3 \cdot 2n + 6 = 6$ .

d) Einzelne oder auch alle  $\frac{\text{Stäbe}}{\text{ebenen Fachwerke}}$  eines  $\frac{\text{ebenen}}{\text{räumlichen}}$  Fachwerks können für sich wieder als  $\frac{\text{ebene}}{\text{räumliche}}$  Fachwerke ausgebildet werden und heißen dann  $\frac{\text{ebene}}{\text{räumliche}}$  Scheiben, die Fachwerke selbst aber zusammengesetzte oder erweiterte im Gegensatz zu den vorher besprochenen einfachen.

$\alpha$ ) Zwei in sich unverschiebliche  $\frac{\text{in derselben Ebene liegende}}{\text{räumliche}}$  Scheiben von  $\frac{n_1}{v_1}$  bzw.  $\frac{n_2}{v_2}$  Knotenpunkten können durch Hinzufügung von  $\frac{e}{\varepsilon}$  neuen, unter sich und von den vorhandenen unabhängigen Stücken zu einem in sich unverschieblichen  $\frac{\text{ebenen}}{\text{räumlichen}}$  Fachwerk von  $\frac{n}{v}$  Knotenpunkten miteinander verbunden werden. Ist die Zahl der den beiden  $\frac{\text{ebenen}}{\text{räumlichen}}$  Scheiben gemeinsamen Knotenpunkte gleich

$$\text{null, so ist } \frac{n = n_1 + n_2}{v = v_1 + v_2} \text{ und } \frac{e = [2(n_1 + n_2) - 3] - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 3)]}{\varepsilon = [3(v_1 + v_2) - 6] - [(3v_1 - 6) + (3v_2 - 6)]} = \frac{\text{drei}}{\text{sechs}};$$

$$\text{eins, so ist } \frac{n = n_1 + n_2 - 1}{v = v_1 + v_2 - 1} \text{ und } \frac{e = 2[n_1 + (n_2 - 1)] - 3 - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 3)]}{\varepsilon = 3[v_1 + (v_2 - 1)] - 6 - [(3v_1 - 6) + (3v_2 - 6)]} = \frac{\text{eins}}{\text{drei}};$$

$$\text{zwei, so ist } \frac{n = n_1 + n_2 - 2}{v = v_1 + v_2 - 2} \text{ und } \frac{e = 2[n_1 + (n_2 - 2)] - 3 - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 4)]}{\varepsilon = 3[v_1 + (v_2 - 2)] - 6 - [(3v_1 - 6) + (3v_2 - 7)]} = \frac{\text{null}}{\text{eins}}.$$

Haben daher zwei in sich unverschiebliche  $\frac{\text{in derselben Ebene liegende}}{\text{räumliche}}$  Scheiben mehr als  $\frac{\text{einen}}{\text{zwei}}$  Knotenpunkte gemeinsam, so bilden sie zusammen ein in sich unverschiebliches  $\frac{\text{ebenes}}{\text{räumliches}}$  Fachwerk.

$\beta$ ) Zwei nicht in derselben Ebene liegende, in sich unverschiebliche ebene Scheiben von  $n_1$  bzw.  $n_2$  Knotenpunkten können durch Hinzufügung von  $v$  neuen, unter sich und von den vorhandenen unabhängigen Stücken zu einem in sich unverschieblichen räumlichen Fachwerk von  $v$  Knotenpunkten miteinander verbunden werden. Ist die Zahl der den beiden Scheiben gemeinsamen Knotenpunkte gleich

$$\text{null, so ist } v = n_1 + n_2 \text{ und } v = [3(n_1 + n_2) - 6] - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 3)] = n_1 + n_2;$$

$$\text{eins, so ist } v = n_1 + n_2 - 1 \text{ und } v = [3(n_1 + n_2 - 1) - 6] - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 3)] = n_1 + n_2 - 3;$$

$$\text{zwei, so ist } v = n_1 + n_2 - 2 \text{ und } v = [3(n_1 + n_2 - 2) - 6] - [(2n_1 - 3) + (2n_2 - 4)] = n_1 + n_2 - 5.$$

**B. Seiner Lage nach oder äußerlich unverschieblich** ist das  $\frac{\text{ebene}}{\text{räumliche}}$  Fachwerk, wenn die auf es in  $\frac{\text{seiner eignen Ebene}}{\text{beliebigen Ebenen}}$  wirkenden äußeren Kräfte miteinander im Gleichgewicht sind.

Soll die Berechnung des  $\frac{\text{ebenen}}{\text{räumlichen}}$  Fachwerks mit Hilfe der  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  Gleichgewichtsbedingungen  $\frac{\text{der Ebene}}{\text{des Raumes}}$  möglich sein, so dürfen die äußeren Kräfte bis auf  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  beliebig gewählt werden. In diesem Falle darf daher die An-

zahl  $\frac{a}{\alpha}$  der zur Auflagerung des ebenen räumlichen Fachwerks dienenden unbekanntem, voneinander unabhängigen Stützdrücke höchstens  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  betragen.

Um voneinander unabhängig zu sein, dürfen diese  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  Stützdrücke (die man auch durch, das Fachwerk mit der festen Erde verbindende Auflagerstäbe ersetzen darf) sich weder in ein und demselben Punkt schneiden (insbesondere also auch nicht parallel sein) noch für sich ein Gleichgewichtssystem bilden.

a) Ein irgendwie gestütztes Fachwerk heißt ein Fachwerkträger; insbesondere nennt man ein in sich unverschiebliches Fachwerk

vollständig gestützt (äußerlich statisch bestimmt), wenn  $\frac{a=3}{\alpha=6}$  ist;

unvollständig gestützt (äußerlich verschieblich), wenn  $\frac{a < 3}{\alpha < 6}$  ist;

überevullständig gestützt (äußerlich statisch unbestimmt), wenn  $\frac{a > 3}{\alpha > 6}$  ist.

b) Die Stützung der Fachwerke kann erfolgen durch:

$\alpha$ ) Punktaufleger (Fig. 54): feste Auflager, bei denen weder Ebene noch Richtung noch Größe des Stützdrucks bekannt ist, daher drei Unbekannte (z. B. die 3 Seitenkräfte  $N$ ,  $H_1$  und  $H_2$  in Fig. 54) auftreten. Das Punktaufleger kann durch drei nicht in derselben Ebene liegende Auflagerstäbe ersetzt werden, die das Fachwerk mit der festen Erde verbinden.

$\beta$ ) Linienauflager (Fig. 55): der Auflagerpunkt ist in einer Linie ( $ll$  in Fig. 55) verschieblich geführt, so daß der Stützdruck (bei Vernachlässigung der Reibung) in die winkelrecht zu dieser Linie liegende Ebene fällt, während

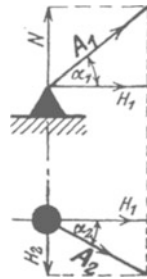


Fig. 54.

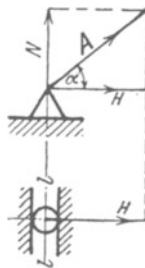


Fig. 55.



Fig. 56.

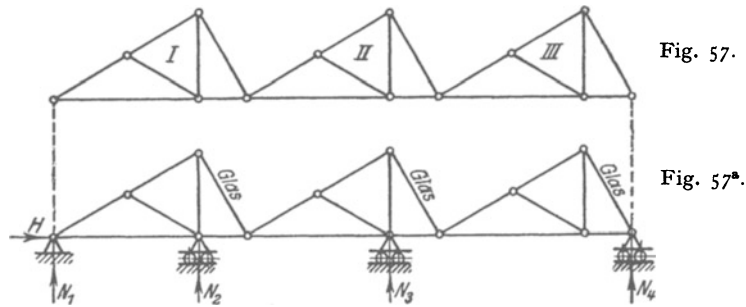
er der Richtung und Größe nach unbekannt bleibt, so daß zwei Unbekannte (z. B. die 2 Seitenkräfte  $N$  und  $H$  in Fig. 55) auftreten, die durch zwei in jener Ebene, aber nicht in derselben Geraden liegende Auflagerstäbe (Pendelpfeiler) ersetzt werden können.

$\gamma$ ) Flächenaufleger (Fig. 56): der Auflagerpunkt ist auf einer Ebene ( $l_1l_2$  in Fig. 56) verschieblich geführt, so daß der Stützdruck (bei Vernachlässigung der Reibung) winkelrecht zu dieser Ebene wirkt und nur der Größe nach unbekannt bleibt, so daß nur eine Unbekannte ( $N$  in Fig. 56) auftritt die durch einen senkrecht zur Führungsebene stehenden Auflagerstab (Pendelstütze) ersetzt werden kann.

3. Ein Mangel in der äußeren Lage, d. i. eine unvollständige Stützung kann durch Ausbildung der inneren Form nicht ausgeglichen werden. Die Zahl der voneinander unabhängigen Stützdrücke muß daher

bei einem  $\frac{\text{ebenen}}{\text{räumlichen}}$  Fachwerk mindestens  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  betragen. Unvollständig gestützte Fachwerke sind für die Ausführung unbrauchbar.

4. Ein Mangel in der inneren Form, d. i. die innere Verschieblichkeit des Fachwerks kann dagegen durch übervollständige Stützung ausgeglichen werden. Man hat nur die zur inneren Unverschieblichkeit fehlenden  $\frac{f=2n-3-z}{\varphi=3\nu-6-\zeta}$  Stücke durch  $\frac{f+m}{\varphi+\mu}$  weitere, unter sich und von den  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  bereits vorhandenen unabhängige Stützdrücke zu ersetzen, so daß dann die Gesamtzahl der voneinander unabhängigen Stützdrücke  $\frac{\alpha_1=f+3+m}{\alpha_1=\varphi+6+\mu}$  beträgt. Ist dabei  $\frac{m=0}{\mu=0}$ , so ist der entstandene Fachwerkträger statisch bestimmt, im anderen Falle  $\frac{m}{\mu}$  fach statisch unbestimmt.



Das ebene Fachwerk Fig. 57 besteht aus den 3 ebenen Scheiben I, II und III, von denen I und II sowie II und III je einen Knotenpunkt gemeinsam haben; es fehlen daher  $e=2 \times 1=2$  Stücke, so daß der Grad der inneren Verschieblichkeit des erwei-

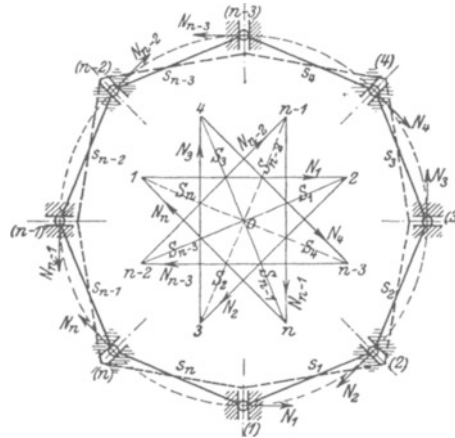


Fig. 58 und 58a.

terten Fachwerks  $f=2$  ist; durch Hinzufügung der  $f+3=5$  Stützdrücke  $H, N_1$  bis  $N_4$  geht das Fachwerk in den in sich unverschieblichen statisch bestimmten Fachwerkträger (Gerberträger) Fig. 57a über.

Das räumliche Fachwerk Fig. 53 hat den inneren Verschieblichkeitsgrad  $\varphi=2n-6$ ; durch Hinzufügung der  $\varphi+6=2n$  Stützdrücke  $N_1$  bis  $N_n$  und  $H_1$  bis  $H_n$  geht es

in den in sich unverschieblichen räumlichen statisch bestimmten Fachwerkträger (Schwedlerkuppel) Fig. 76 über.

Damit die  $a_1$  Stützdrücke voneinander unabhängig sind, dürfen sie sich nicht in ein und demselben Punkt schneiden (insbesondere also auch nicht alle parallel sein), weil sonst jede äußere Last das Fachwerk um diesen Schnittpunkt (der bei lauter parallelen Stützdrücken unendlich fern liegt) drehen würde; sie dürfen aber auch kein inneres Gleichgewichtssystem bilden; das tritt dann ein, wenn sich beim Fehlen äußerer Lasten und bei Annahme eines beliebigen der  $a_1$  Stützdrücke alle übrigen Stützdrücke und Stabkräfte aus den  $\frac{\text{drei}}{\text{sechs}}$  Gleichgewichtsbedingungen  $\frac{\text{der Ebene}}{\text{des Raumes}}$  berechnen lassen. Für den  $n$ -eckigen regelmäßigen Gelenkring von gerader Seitenzahl (Fig. 58) ist beispielsweise  $f = n - 3$ , daher bei Voraussetzung der statischen Bestimmtheit  $a_1 = f + 3 = n$ ; läßt man diese  $n$  Stützdrücke  $N_1$  bis  $N_n$  tangential zum Umkreis wirken, so daß also die Knotenpunkte radial verschieblich geführt sind, und nimmt etwa  $N_1$  beliebig an, so ergibt der Kräfteplan (Fig 58\*) die letzte Seite  $1n$  parallel zu  $N_n$ , so daß die  $n$  Stützdrücke ein geschlossenes Kräfteviereck, also ein Gleichgewichtssystem bilden<sup>1)</sup>; der Gelenkring ist daher auch jetzt noch in sich verschieblich; man kann die ungeraden Knotenpunkte radial um ein kleines Maß nach innen, die geraden um dasselbe Maß nach außen verschieben, wie es in Fig. 58 gestrichelt angedeutet ist. Gleichzeitig folgt daraus die Verschieblichkeit des in Fig. 59 dargestellten statisch bestimmten Raumbachwerks, das aus 2 wagerechten regelmäßigen  $n$ -Ecken von gerader Seitenanzahl und  $2n$  Dreiecken gebildet wird ( $\varphi = 2n - 6$ ,  $\alpha_1 = \varphi + 6 = 2n$ ); denn beim Fehlen äußerer Lasten in den oberen Knotenpunkten müssen im Falle des Gleichgewichts je 2 in diesen Knotenpunkten zusammentreffende Diagonalen eine zur gegenüberliegenden unteren Vieleckseite parallele, wagerechte (in Fig. 59<sup>b</sup> gestrichelte) Resultierende ergeben; das obere

Fig. 59<sup>a</sup>.

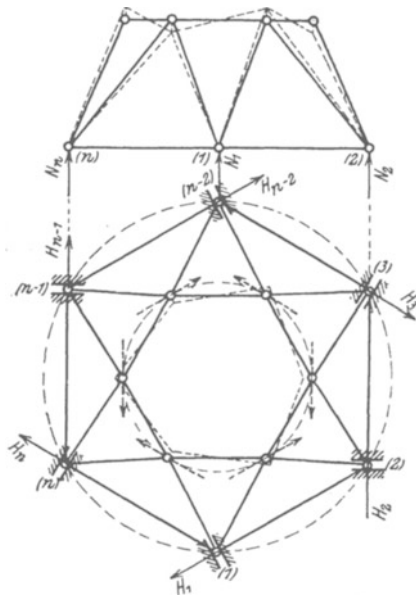


Fig. 59<sup>b</sup>.

und  $2n$  Dreiecken gebildet wird ( $\varphi = 2n - 6$ ,  $\alpha_1 = \varphi + 6 = 2n$ ); denn beim Fehlen äußerer Lasten in den oberen Knotenpunkten müssen im Falle des Gleichgewichts je 2 in diesen Knotenpunkten zusammentreffende Diagonalen eine zur gegenüberliegenden unteren Vieleckseite parallele, wagerechte (in Fig. 59<sup>b</sup> gestrichelte) Resultierende ergeben; das obere

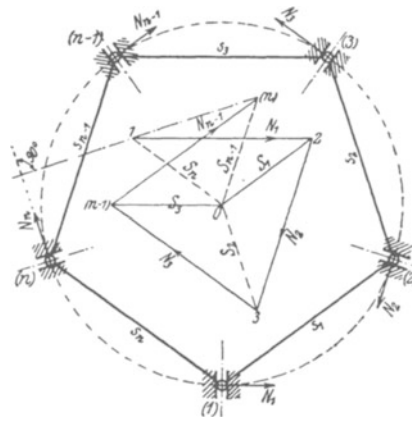


Fig. 60 und 60<sup>a</sup>.

$n$ -Eck ist daher nach Fig. 58 gestützt und daher in sich verschieblich; seine Knotenpunkte können sich im Grundriß radial verschieben, indem sie sich zugleich im Aufriß um die gegenüberliegenden Seiten des unteren  $n$ -Ecks drehen. Bei ungerader Seitenanzahl (Fig. 60) bilden die tangential zum Umkreis angeordneten Stützdrücke kein inneres Gleichgewichtssystem, wie der Kräfteplan Fig. 60 zeigt; die letzte Seite  $1n$  wird nicht parallel, sondern rechtwinklig zur Richtung von  $N_n$ .

<sup>1)</sup> Die Seiten  $s_1$  bis  $s_n$  bilden das geschlossene Seileck, dessen Pol der Punkt  $o$  in Fig. 58<sup>a</sup> ist.

5. Die für die Anwendung wichtigsten ebenen Fachwerke werden durch Aneinanderreihung einzelner Dreiecke derart gebildet, daß jedes folgende Dreieck mit dem vorhergehenden eine Seite, also zwei Ecken gemeinsam hat. Ein solches Fachwerk bildet geometrisch ein Vieleck, dessen Umfangsseiten die Gurtstäbe oder Gurtungen (Ober- und Untergurt) und dessen Diagonalen die Zwischen- oder Füllungsstäbe (Schrägstäbe, Streben oder

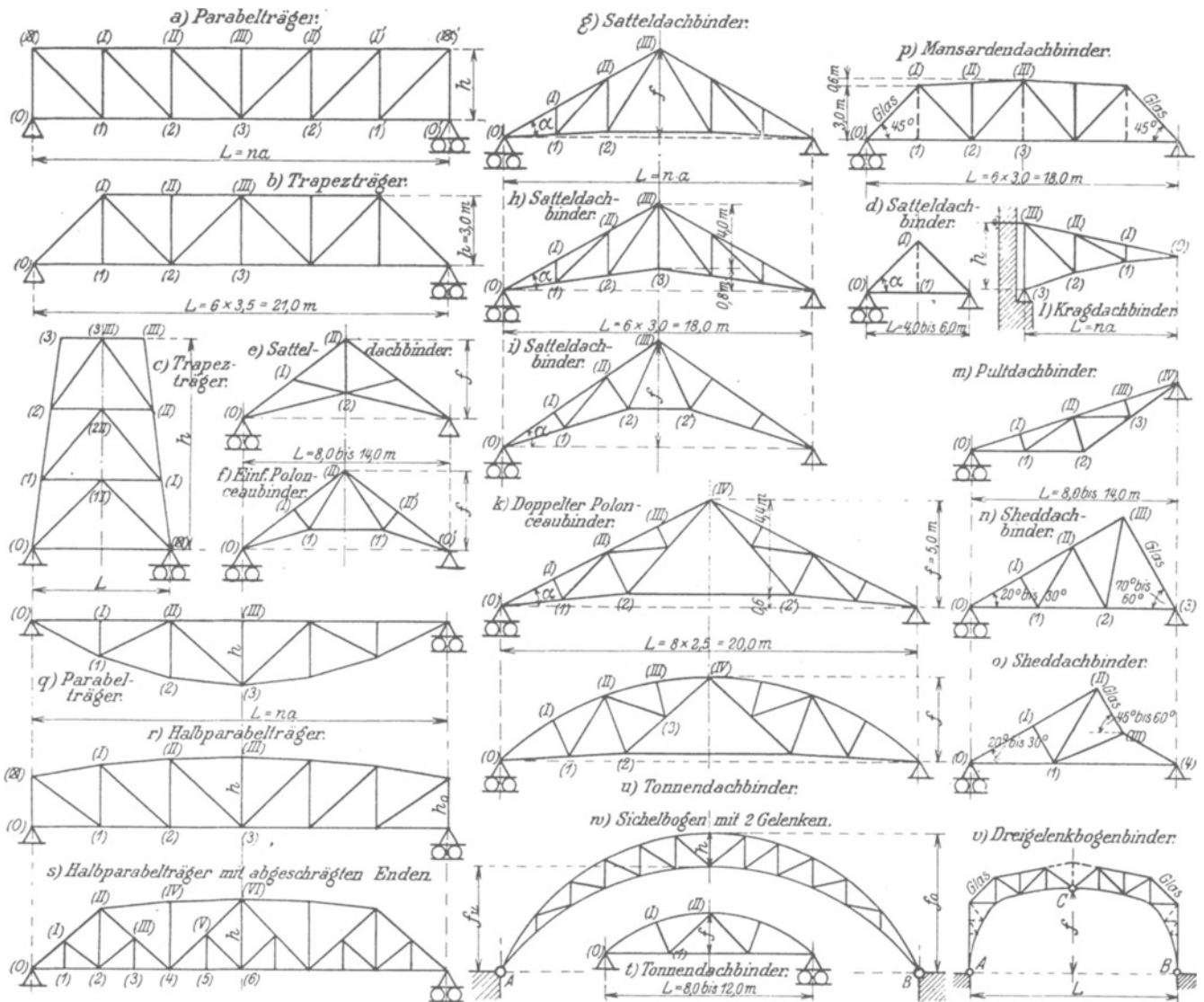


Fig. 61.

Diagonalen — Senkrechte, Vertikale, Pfosten oder Ständer — Wagerechte, Horizontale oder Riegel) heißen. Die wichtigsten ebenen Fachwerkträger sind:

a) Parallel- und Trapezträger (Fig. 61<sup>a</sup>—61<sup>c</sup>): die Knotenpunkte der Gurtungen liegen auf dem Umfang eines Parallelogramms oder Trapezes.

b) Dreieck- und Binderträger (Fig. 61<sup>d</sup>—61<sup>p</sup>): die Knotenpunkte der Gurtungen liegen auf dem Umfang eines Sattel-, Pult-, Shed-, Mansarden- oder Kniestockdachs.

c) **Kreis-, Parabel- und Ellipsenträger** (Fig. 61<sup>q</sup>—61<sup>u</sup>): die Knotenpunkte einer oder auch beider Gurtungen liegen auf einer Kreis- oder Korbogelinie, Parabel oder Ellipse.

Die Auflagerung dieser äußerlich statisch bestimmten Träger erfolgt in der Regel durch ein Linien- und ein Flächenaufleger mit insgesamt  $2 + 1 = 3$  Stützdrücken; so lange man nur die äußere Verschieblichkeit des Fachwerks in seiner eigenen Ebene betrachtet, darf man ersteres das feste, letzteres das bewegliche Auflager nennen. Senkrecht zur Fachwerkebene setzen diese 3 Stützdrücke einer Verschiebung des ganzen Trägers keinen Widerstand entgegen.

d) **Bogenfachwerkträger** (Fig. 61<sup>v</sup>—61<sup>w</sup>): ersetzt man in den Fig. 29 und 31 den vollwandigen Bogen  $AB$  bzw. in den Fig. 30 und 32 die beiden Bogenteile  $AC$  und  $CB$  durch in sich unverschiebliche ebene Scheiben, so erhält man die Bogenfachwerkträger ohne, mit einem, zwei und drei Gelenken.

Will man die Auflager (Widerlager) der Bogenträger vom Horizontalschub befreien, so kann man eins der Linienauflager in Fig. 61<sup>v</sup> und 61<sup>w</sup>, z. B.  $B$ , in ein Flächenaufleger verwandeln und zur Aufnahme des Schubs den Stab  $AB$  neu einziehen; man erhält dann Bogenträger mit aufgehobenem Horizontalschub.

6. Die für die Anwendung wichtigsten **räumlichen** Fachwerkträger bestehen aus zwei parallelen Vielecken, den beiden Grundfachwerken, und den diese verbindenden Mantelfachwerken von Dreieck-, Rechteck- oder Trapezform. Artet eins der beiden Grundfachwerke in

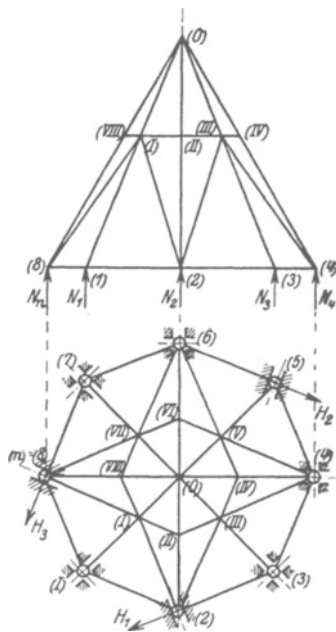


Fig. 62.

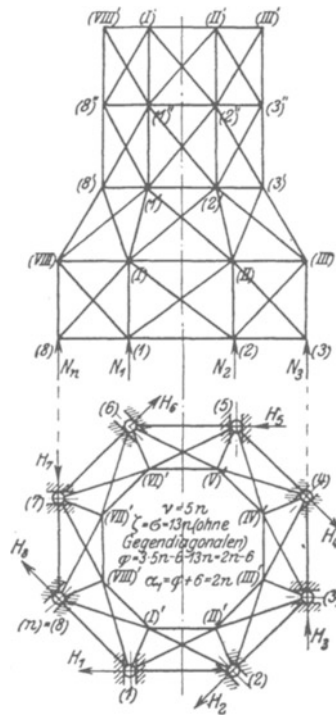


Fig. 63.

einen einzigen Knotenpunkt aus (Fig. 62), so heißt das Raumfachwerk ein geschlossenes, sonst ein offenes. Ein solches Fachwerk bildet geometrisch ein Polyeder, dessen Kanten die Schnittlinien der ebenen Fachwerke sind, die räumlichen Knotenpunkte enthalten und, wenn sie parallel zur Ebene der Grundfachwerke liegen, Ringstäbe, sonst aber Meridian- oder Rippenstäbe heißen; alle übrigen Stäbe werden als Diagonalen bezeichnet. Liegen Ringstäbe nur in den beiden Grundfachwerken (Fig. 78 und 79), so ist das Raum-

fachwerk ein eingeschossiges, im Gegenfalle ein mehrgeschossiges. Die wichtigsten Raumfachwerkträger sind:

a) **Prismen- und Pyramidenfachwerkträger** (Turmfachwerke, Pfeiler, Zeldächer, Fig. 62—63): die räumlichen Knotenpunkte liegen auf der Oberfläche eines Prismas oder einer Pyramide.

Für Fig. 62 ist  $\nu = 2n + 1$ ;  $\zeta = \sigma = n + 2n + n + n = 5n$ ; daher  $\varphi = 3(2n + 1) - 6 - 5n = n - 3$  und  $\alpha_1 = \varphi + 6 = n + 3$ ; angeordnet sind 3 Linienauflager und  $n - 3$  Flächenaflager mit  $3 \cdot 2 + (n - 3) \cdot 1 = n + 3$  Stützdrücken ( $n$  senkrechte  $N_1$  bis  $N_n$  und 3 wagerechte  $H_1$  bis  $H_3$ ).

Die in der Anwendung häufigsten Prismen- und Pyramidenfachwerke entstehen durch Verbindung von 2 in sich unverschieblichen ebenen Fachwerken von je  $n$  Knotenpunkten ( $ABA_1B_1$  und  $CDC_1D_1$  in Fig. 64) zu einem in sich unverschieblichen Fachwerk von  $\nu = 2n$  Knotenpunkten durch Hinzufügung von  $2n$  unter sich und von den vorhandenen unabhängigen neuen Stäben. Die beiden ebenen Fachwerke sollen in erster Linie die senkrechten Lasten aufnehmen und heißen die Hauptträger, die  $2n$  neuen Stäbe aber dienen hauptsächlich zur Aufnahme der wagerechten Lasten und heißen Verbände, und zwar die in den Ebenen der Hauptträgergurtungen liegenden

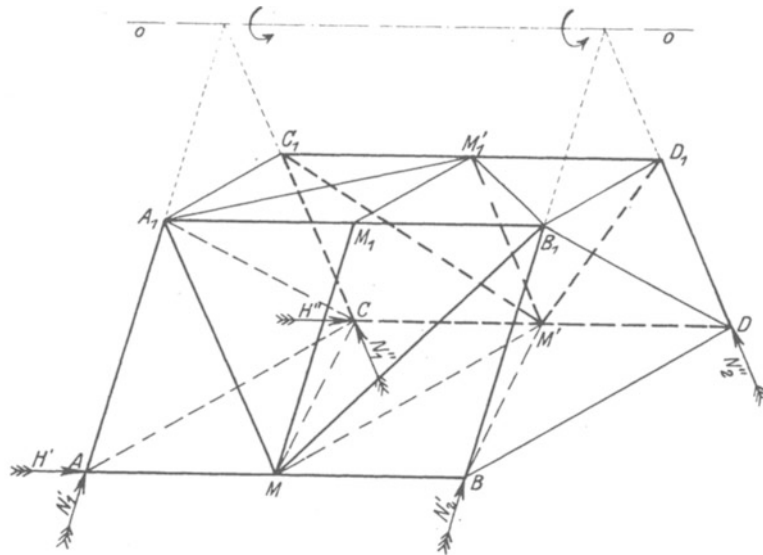


Fig. 64.

die wagerechten oder Windverbände ( $ABCD$  und  $A_1B_1C_1D_1$  in Fig. 64), die in den Ebenen der Füllungsstäbe liegenden aber die senkrechten oder Querverbände ( $ACA_1C_1$  und  $BDB_1D_1$  in Fig. 64). War jedes der beiden ebenen Fachwerke durch ein Linien- und ein Flächenaflager, insgesamt also durch 3 Auflagerdrücke ( $N_1, N_2$  und  $H$  in Fig. 64) vollständig gestützt, so besitzt das entstandene Raumfachwerk zwar  $2 \times 3 = 6$  Stützdrücke; da aber je 3 dieser Stützdrücke und daher auch ihre Resultierende in ein und derselben Ebene ( $N_1', N_2', H'$  in der Ebene  $ABA_1B_1$  und  $N_1'', N_2'', H''$  in der Ebene  $CDC_1D_1$ ) liegen, so schneiden beide Resultierende die Schnittlinie  $o-o$  der beiden Fachwerkebenen (die bei parallelen Ebenen unendlich fern liegt); jede diese Linie nicht schneidende äußere Last würde daher das Raumfachwerk um die Achse  $o-o$  drehen;



um das zu verhindern, ist es erforderlich, eins der Auflager  $A$  oder  $C$  als Punktauflager auszubilden; da dadurch aber die Zahl der Stützdrücke auf  $6 + 1 = 7$  steigt, wird das Raumbachwerk einfach äußerlich statisch unbestimmt. Man könnte die statische Bestimmtheit dadurch wiederherstellen, daß man das Fachwerk in sich verschieblich vom ersten Grad ausbildet, indem man die beiden Diagonalen  $A_1C$  und  $B_1D$  in den Ebenen der Endvertikalen durch die eine Diagonale  $M'M_1$  in der Ebene der Mittelvertikalen ersetzt, verzichtet aber meist darauf, weil die praktische Erfahrung die Vernachlässigung der äußerlichen statischen Unbestimmtheit als zulässig erwiesen hat. In der Regel geht man noch weiter und schreibt dem Raumbachwerk 8 Stützdrücke nach Fig. 65 vor, indem man das Flächenaufleger  $B$  in ein Linienauflager verwandelt. Bei einer Länge des Stabes  $AC$  von nicht mehr als etwa 6 m, bei der die Änderungen durch Temperaturschwankungen nur unwesentlich sind, wählt man meist sogar 10 Stützdrücke nach Fig. 66, indem man  $C$  in ein Punkt- und  $D$  in ein Linienauflager verwandelt; man dürfte jetzt die Stäbe  $AC$  und  $BD$  fortlassen, behält sie aber meistens aus konstruktiven Gründen bei.

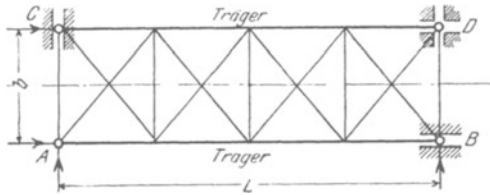


Fig. 65.

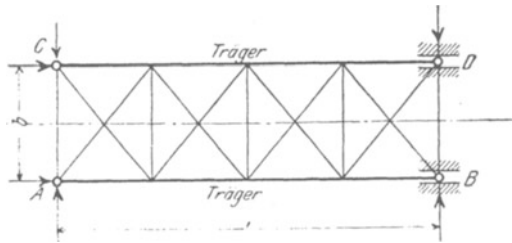


Fig. 66.

Für die Anordnung der  $2n$  neu hinzukommenden Stäbe stehen zwei Wege offen:

$\alpha$ ) Anordnung von zwei Windverbänden in den Ebenen der Gurtungen und zwei Querverbänden in den Ebenen der Endfüllungsstäbe (Fig. 67).

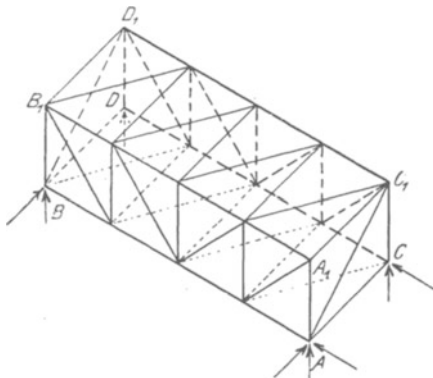


Fig. 67.

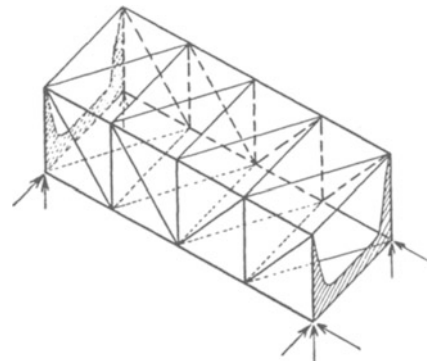


Fig. 68.

Der in der Auflagerebene liegende Windverband  $ABCD$  überträgt die auf ihn wirkenden wagerechten Kräfte unmittelbar, der andere  $A_1B_1C_1D_1$  durch die beiden Querverbände  $ACA_1C_1$  und  $BDB_1D_1$  auf die Stützpunkte. Muß der Raum zwischen den Hauptträgern zur Durchfahrt frei bleiben, so werden die beiden Stäbe  $AC_1$  und  $BD_1$  der Querverbände durch zwei Winkel, d. h.

durch biegungsfeste Ausbildung der Knotenpunkte  $A$  und  $B$  (oder  $C$  und  $D$ ) in der Ebene der Füllungsstäbe ersetzt. Aus Symmetriegründen werden aber in der Regel entweder die beiden unteren Punkte  $A, C$  und  $B, D$  (Fig. 68) oder aber die beiden oberen Punkte  $A_1, C_1$  und  $B_1, D_1$  (Fig. 70) oder aber endlich die oberen und die unteren Punkte (Fig. 69) biegungsfest (Fig. 68 und 69) oder als ebene Scheiben (Fig. 70) ausgebildet.

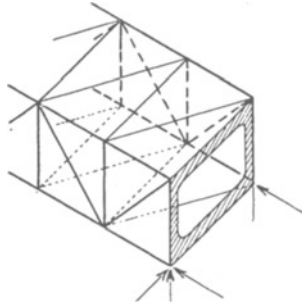


Fig. 69.

Bei Trägern mit abgeschragten Enden (ohne Endvertikalen) sowie bei Trägern mit gekrümmtem Obergurt kann der obere Windverband nicht bis zur Senkrechten durch die Auflagerpunkte durchgeführt werden; die biegungsfesten Querrahmen oder Portale liegen dann in der schrägen Enddiagonalebene (Fig. 70) oder in der Ebene einer Zwischenvertikalen (Fig. 71).

$\beta$ ) Anordnung eines Windverbands in der Ebene der oberen (Fig. 72) oder der unteren (Fig. 73) Hauptträgergurtungen und Querverbände in allen Vertikalebene. Muß der Raum zwischen den Hauptträgern zur Durchfahrt frei bleiben, so besteht jedes der Querverbandvierecke nur aus 3 Seiten (Fig. 73), hat also den Verschieblichkeitsgrad  $f = 2 \cdot 4 - 3 - 3 = 2$ ,

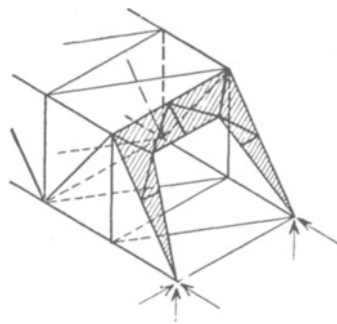


Fig. 70.

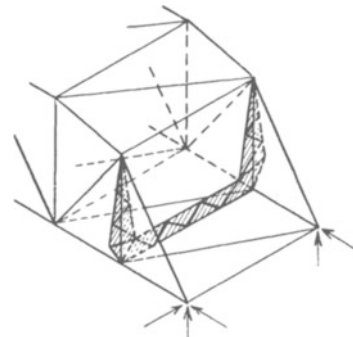


Fig. 71.

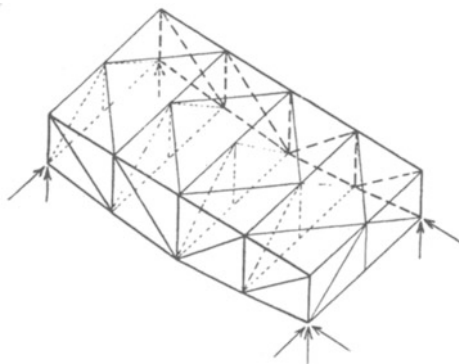


Fig. 72.

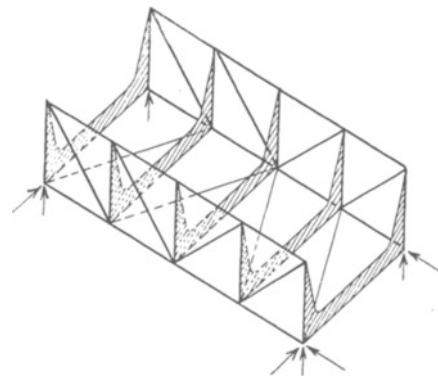


Fig. 73.

so daß 2 Knotenpunkte in der Ebene des Vierecks biegungsfest ausgebildet werden müssen; der Querverband bildet dann einen offenen Halbrahmen.

Wird an ein aus 2 Hauptträgern von je  $n$  Knotenpunkten durch Wind- und Querverbände gebildetes Raumbachwerk ein neuer Hauptträger von  $n$  Knotenpunkten durch  $n$  neue, unter sich und von den vorhandenen unabhängige Stäbe angeschlossen, so hat

das entstehende neue, erweiterte Raumfachwerk  $\nu = 3n$  Knotenpunkte und  $\zeta = \sigma = 3(2n-3) + 2n + n = 9n - 9$  Stäbe, daher den inneren Verschieblichkeitsgrad  $\varphi = 3 \cdot 3n - 6 - (9n - 9) = 3$ , der aber durch die übervollständige Stützung durch die 3 Stützdrücke des neu hinzukommenden Hauptträgers ausgeglichen wird.

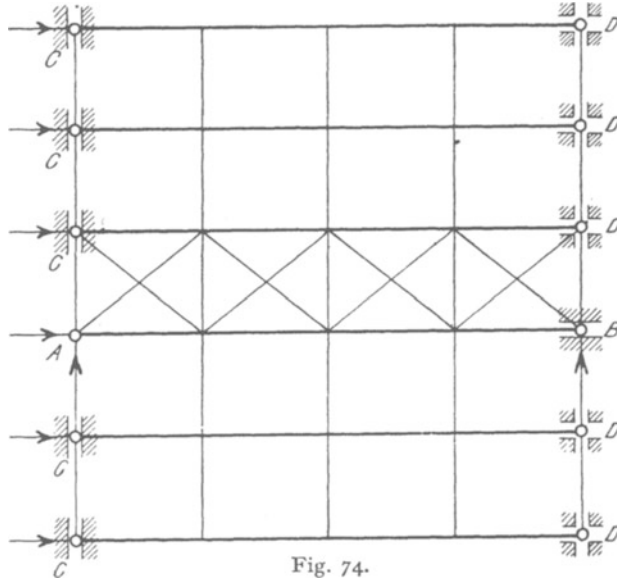


Fig. 74.

An zwei zu einem innerlich und äußerlich unverschieblichem Raumfachwerk miteinander verbundene Hauptträger können daher beiderseits beliebig viele neue Hauptträger dadurch hinreichend angeschlossen werden, daß jeder Knotenpunkt eines neu hinzukommenden Trägers mit dem entsprechenden Knotenpunkt des nächst vorhergehenden durch einen Stab verbunden wird (Fig. 74). Jeder neu hinzukommende Träger erhält dabei ein Linien- und ein Flächenauflager (C und D). Ordnet man aber wegen der Längenänderungen bei Temperaturschwankungen in diesen  $n$  neuen Verbindungsstäben bewegliche Gelenke ( $g$  in Fig. 75) an, so müssen an jeder Seite eines solchen mit Gelenken versehenen Feldes je 2 Hauptträger durch Wind- und Querverbände zu einem in sich unverschieblichen Raumfachwerk miteinander verbunden werden

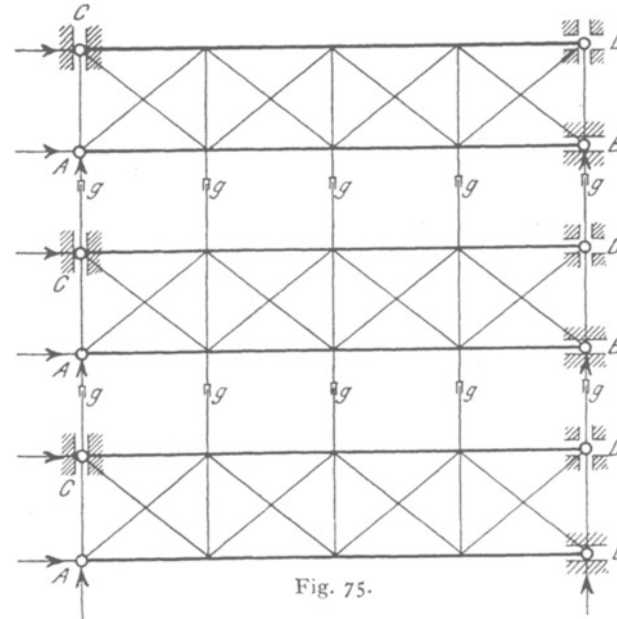


Fig. 75.

**b) Kuppelfachwerkträger** (Fig. 76—79): die räumlichen Knotenpunkte liegen auf der Oberfläche einer Kugel. Man unterscheidet:

$\alpha$ ) Schwedlerkuppeln (Fig. 76): die Grundfachwerke („Ringe“) sind parallele, gleichliegende meist regelmäßige Vielecke von gleicher Seitenanzahl, die Mantelfachwerke aber Trapeze (bzw. bei lotrecht stehenden Geschossen Rechtecke).

Für die Kuppel Fig. 76 ist  $\varphi = 2n - 6$ , daher

$\alpha_1 = \varphi + 6 = 2n$ . Wird die Kuppel durch die in Fig. 76 gestrichelten Stäbe (senkrechter Laternenaufsatz mit Zeltdachabdeckung) geschlossen, so treten  $n + 1$  neue Knotenpunkte und  $2n + n + n = 4n$  neue Stäbe hinzu, so daß  $\varphi' = \varphi + 3(n + 1) - 4n = n - 3$ , folglich  $\alpha_1' = \varphi' + 6 = n + 3$  wird; es sind dann in Fig. 76 nur noch 3 Linienauflager und  $n - 3$  Flächenauflager erforderlich; läßt man aber die  $n$  Linienuflager mit

ihren  $2n$  Stützdrücken bestehen, so wird die Kuppel  $\mu = 2n - (n + 3) = (n - 3)$ fach äußerlich statisch unbestimmt.

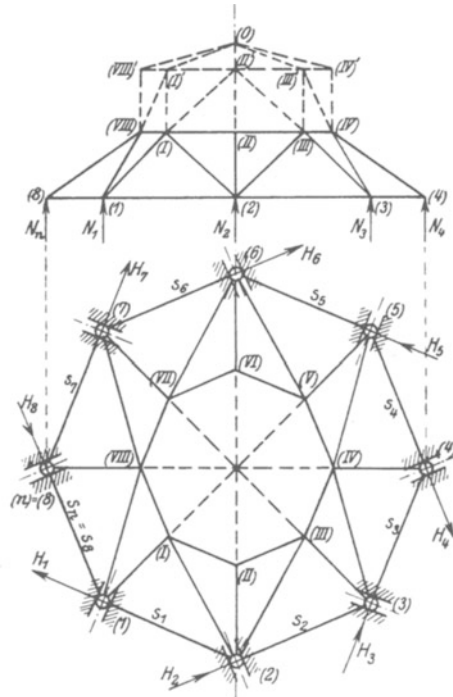


Fig. 76.

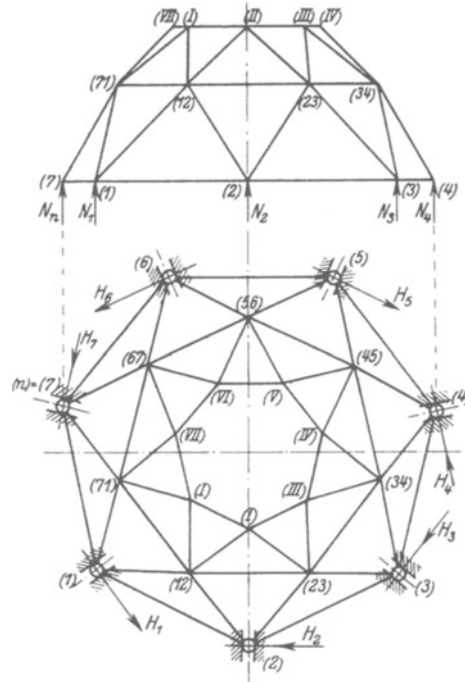


Fig. 77.

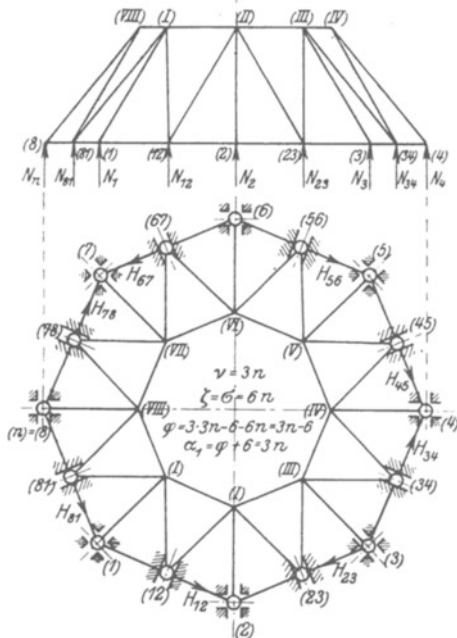


Fig. 78.

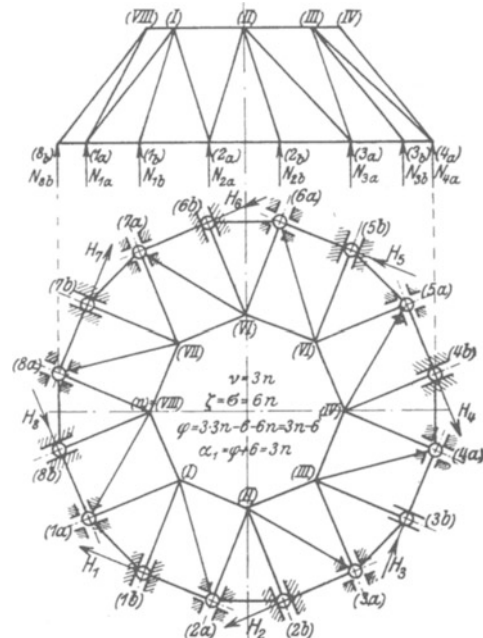


Fig. 79.

Läßt man in Fig. 76 die  $n$  Seiten  $s_1$  bis  $s_n$  des unteren Grundfachwerks fort, so müssen die  $n$  Linienauflager mit  $2n$  Stützdrücken durch  $n$  Punktauflager mit  $3n$  Stützdrücken ersetzt werden.

$\beta$ ) Netzwerkkuppeln (Fig. 77): Schwedlerkuppeln, bei denen jeder zweite Ring gegen den vorhergehenden gedreht ist, so daß die Mantelfachwerke in Dreiecke übergehen.

Netzwerkkuppeln dürfen nicht über regelmäßigen Vielecken von gerader Seitenanzahl errichtet werden, vgl. Fig. 59.

$\gamma$ ) Scheibenkuppeln (Fig. 78): Schwedlerkuppeln, bei denen nicht nur die Ecken des unteren Grundfachwerks, sondern auch die Mittelpunkte seiner Seiten als Stützpunkte ausgebildet sind, so daß die Mantelfachwerke in Dreiecke übergehen.

An Stelle der  $n$  Linienauflager der Fig. 76 treten hier  $n$  Linien- und  $n$  Flächenauflager mit insgesamt  $2n + n = 3n$  Stützdrücken; mit  $\nu = n + 2n = 3n$  und  $\zeta = \sigma = n + 3n + 2n = 6n$  wird  $\varphi = 3 \cdot 3n - 6 - 6n = 3n - 6$ , daher in der Tat  $\alpha_1 = \varphi + 6 = 3n$ . Daß von den Mantelfachdreiecken hier je 3 in dieselbe Ebene fallen, liegt an der besonderen Wahl der Zwischenpunkte auf den Seiten des unteren Grundfachwerks; es steht nichts im Wege, diese Punkte auch außerhalb dieser Seiten zu wählen; die Seiten selbst gehen dann in geknickte Linien über.

$\delta$ ) Zimmermannsche Kuppeln (Fig. 79): Schwedlerkuppeln, bei denen die Ecken des unteren Grundfachwerks abgeschrägt sind, so daß dieses doppelt soviel Knotenpunkte wie das obere erhält und die Mantelfachwerke abwechselnd Dreiecke und Trapeze (bzw. auch Rechtecke) sind.

Die Ecken des unteren Grundfachwerks sind wie in Fig. 78 abwechselnd in Linien- und Flächenauflagern geführt; auch hier ist  $\nu = 3n$ ,  $\zeta = \sigma = 6n$ ,  $\varphi = 3n - 6$ , daher  $\alpha_1 = \varphi + 6 = 3n$ .

## 1. Berechnung der Stabkräfte.

Zur Berechnung eines Fachwerkträgers müssen dieselben Größen  $L$ ,  $b$ ,  $p$ ,  $Q$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ , . . . gegeben sein wie bei einem vollwandigen Träger. Aus diesen Werten berechnet man die auf die einzelnen Knotenpunkte entfallenden „Knotenlasten“; greift irgendeine Last zwischen zwei Knotenpunkten an, so wird sie nach dem Hebelgesetz auf diese beiden Punkte verteilt. Aus den Knotenlasten bestimmt man die Stützdrücke und darauf die Spannkraft sämtlicher Stäbe (die „Stabkräfte“) entweder rechnerisch oder zeichnerisch.

Greifen bei einem reinen Fachwerk die äußeren Kräfte nur in den Knotenpunkten an, so entsteht in jedem Stab entweder nur eine Zug- oder eine Druckkraft; greifen aber auch zwischen zwei Knotenpunkten Kräfte an, so tritt zu der Zug- oder Druckkraft des zwischen ihnen liegenden Stabes noch ein Biegemoment, das bei der Festsetzung der Querschnittsabmessungen zu berücksichtigen ist.

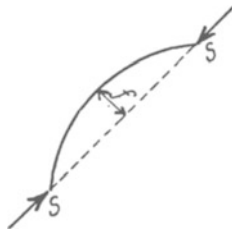


Fig. 80.

Außer durch die äußeren Lasten kann aber in einem Stabe auch durch die Stabkraft  $S$  selbst ein Biegemoment hervorgerufen werden, wenn nämlich der Stab in der Ausführung gekrümmt wird (Fig. 80). Ist  $f$  die Pfeilhöhe der Krümmung, so ist das größte auftretende Moment  $M = \pm S f$ , wobei das Pluszeichen einer Zug-, das Minuszeichen einer Druckkraft  $S$  entspricht.

Geht ein durch die äußeren Lasten oder durch die Stabkrümmung oder durch beide Ursachen auf Biegung beanspruchter Stab über mehr als 2 Fachweiten ununterbrochen durch, so darf man bei der Querschnittsbestimmung die berechneten Momente mit ihrem 0,8fachen Wert in Rechnung stellen.

## 2. Berechnung der Auflagerung im Mauerwerk.

Für Spannweiten bis etwa 20 m wird für die Fachwerkträger dieselbe Auflagerung wie für die vollwandigen Träger gewählt; über diese Spannweite hinaus werden Kipp- und Rollenlager verwendet, deren Berechnung an Hand ihrer konstruktiven Ausbildung unter B II erledigt wird.

## B. Konstruktion der Träger.

### I. Vollwandige Träger.

Die Träger werden als auf Biegung beanspruchte Konstruktionsteile mit Rücksicht auf die größere Festigkeit des Flußeisens durchweg aus diesem Material hergestellt.

Nur in den Fällen, wo nicht die günstige Materialausnutzung, sondern die leichte und billige Formgebung ausschlaggebend ist (z. B. bei Auflagerplatten, Trägerzwischensegmenten) wird Gußeisen bzw. Stahlformguß verwendet.

Bei jedem Träger treten durch die Belastung entweder im oberen oder im unteren Querschnittteil Druckspannungen auf. Mit diesen Druckspannungen ist aber stets die Gefahr des Ausknickens des gedrückten

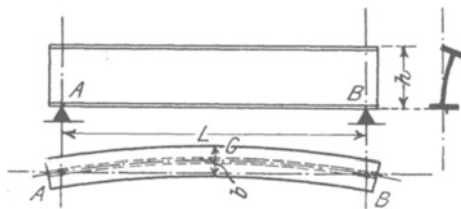


Fig. 81.

Teils verbunden, derart, daß die ursprünglich gerade Achse  $AB$  (Fig. 81) im Grundriß die gekrümmte Lage  $ACB$  anzunehmen strebt. Diese Gefahr ist um so größer, je kleiner die Trägerbreite  $b$  im Verhältnis zur Spannweite  $L$  und Höhe  $h$  ist. Bei keinem Träger — ob vollwandig, ob fachwerkförmig gegliedert — darf diese Knickgefahr des „Druck-

gurts“ außer acht gelassen werden; und wenn der Träger nicht schon durch die gesamte Konstruktionsanordnung selbst gegen seitliches Ausweichen gesichert ist (z. B. die Deckenträger durch die Deckenbalken bzw. Deckenfüllung die Dachbinder durch Pfetten und Windverband, die Brückenträger durch Quer- und Windverbände), sind stets besondere Vorkehrungen gegen das Ausknicken des Druckgurts zu treffen.

### 1. Querschnittsformen.

Soll eine Querschnittsform wirtschaftlich zur Verwendung als Träger sein, so muß einmal die Schwerachse in der Mitte der Höhe liegen; denn da für Flußeisen die zulässigen Beanspruchungen auf Zug und Druck gleich groß sind, so sollen auch die tatsächlich auftretenden größten Zug- und Druckspannungen gleich groß sein; dann aber die Hauptmasse der Flächenteile möglichst weit von der Schwerachse entfernt liegen, damit das Trägheitsmoment und damit das Widerstandsmoment möglichst groß wird.

Beide Bedingungen erfüllt der I-förmige Querschnitt.

Beispielsweise hat das Flußeisen  $300/44$  bei  $103,6 \text{ kg/m}$  Gewicht ein Widerstandsmoment  $\frac{1}{8} \cdot 4,4 \cdot 30,0^2 = 660 \text{ cm}^3$ , während das gleich tragfähige I-NP. 30 nur  $54,5 \text{ kg/m}$  wiegt.

**a) Gewalzte Träger.** Von den Walzprofilen werden als Träger die  $\text{H}$ -,  $\text{L}$ - und  $\text{Z}$ -Eisen, bei Decken und Dachkonstruktionen auch die  $\text{A}$ -Eisen verwendet.

Eine Verstärkung der gewalzten Träger kann erzielt werden durch:

$\alpha$ ) auf- und untergelegte Flacheisen (Gurtplatten oder Lamellen, Fig. 82). Abgesehen von der Schwierigkeit der Nietung in den nur schmalen Flanschen der  $\text{H}$ -Eisen, hat diese Anordnung den Nachteil, daß die Flanschen durch die Nietlöcher, die bei der Berechnung des Widerstandsmoments in Abzug gebracht werden müssen, eine beträchtliche Verschwächung erfahren; sie wird daher nur ausnahmsweise verwendet.

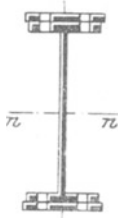


Fig. 82.

Die horizontale Scherkraft  $H$  (Fig. 83) für den Nietabstand  $t$  berechnet sich nach Gl. 14 zu  $H = \xi t = V \frac{S}{J} t$ ; da diese Kraft durch den Scherwiderstand der beiden hintereinander sitzenden Niete vom Durchmesser  $d$  aufgenommen werden muß, ist auch  $H = 2 \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) k_s$ ; daraus ergibt sich die Nietteilung zu

$$24) \quad t = 2 \frac{\left( \frac{\pi d^2}{4} \right) k_s J}{V},$$

wobei  $J$  das Trägheitsmoment des ganzen Querschnitts,  $S$  das statische Moment der an einen Flansch angeschlossenen Lamellen (beide ohne Nietverschwächung) bedeutet (Beispiel vgl. Aufg. 73). Die Scherkraft  $V$  nimmt ihren größten Wert  $V_{max} = N$  am Auflager an; die hier erforderliche kleinste Nietteilung  $t_{min}$  kann der Abnahme der Scherkraft entsprechend allmählich vergrößert werden, darf aber das Maß

$$25) \quad t_{max} = \begin{array}{l} 6d \text{ bis } 8d \text{ für den Druckgurt} \\ 8d \text{ bis } 10d \text{ für den Zuggurt} \end{array}$$

nicht überschreiten.

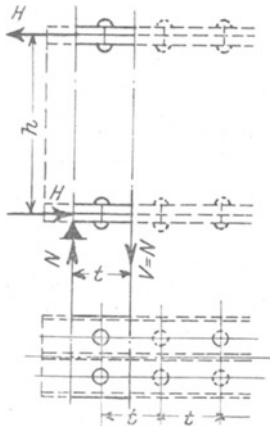


Fig. 83.

$\beta$ ) Verdoppelung bzw. Vervielfachung der Träger (Fig. 84). Um hierbei die nebeneinanderliegenden Träger in der gleichen Höhenlage zu erhalten, was zur Erzielung einer gleichmäßigen Lastverteilung erforderlich ist, müssen sie in 1,5 bis 2,5 m Entfernung, vor allem aber da, wo größere Einzellasten wirken (insbesondere also stets an den Auflagerstellen), miteinander verbunden werden.

Bei Trägern von geringer Höhe, wie sie besonders zur Überdeckung von Maueröffnungen dienen, erfolgt die Verbindung durch Schraubenbolzen mit übergeschobenem Gasrohrstück (Fig. 85) oder besser mit eingeschaltetem  $\text{L}$ -Eisenstück (Fig. 86).

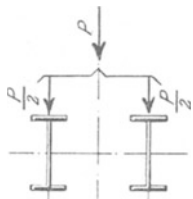


Fig. 84.

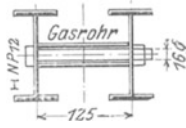


Fig. 85.

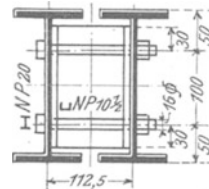


Fig. 86.

Bei größerer Trägerhöhe sind dagegen stets besondere Zwischenstücke aus Gußeisen anzuordnen (Fig. 87), die sich ringsum an die Träger anlegen

und durch ihren Biegungswiderstand eine Höhenverschiebung des einen Trägers gegen den anderen verhindern; bis etwa 40 cm Trägerhöhe werden dabei 2, darüber hinaus 3 Verbindungsschrauben eingezogen.

Der Schraubendurchmesser  $d$  wird bis etwa 30 cm Höhe zu 20 mm, bis etwa 40 cm Höhe zu 23 mm, darüber hinaus zu 26 mm, die Breite des Zwischenstücks zu  $b \geq 3d$ , seine Stärke zu  $\delta = 0,6d$  gewählt.

Gestattet der Zwischenraum zwischen den Trägern das Nieten, so können auch genietete „Querverbindungen“ angeordnet werden; eine solche ist in

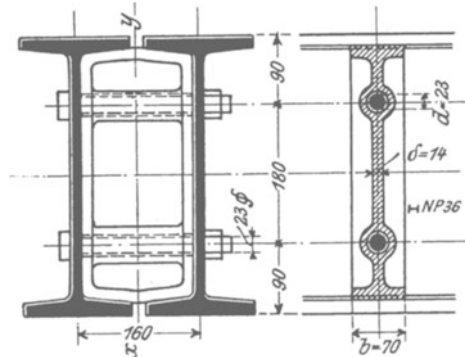


Fig. 87.

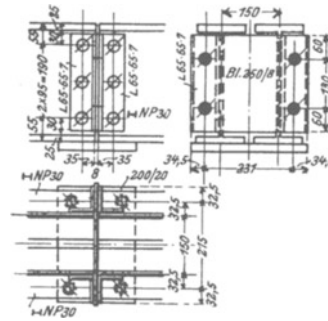


Fig. 88.

Fig. 88 für die über einem Auflagerpunkt liegende Stoßstelle eines Doppelträgers dargestellt: an den Trägerenden sind Winkleisen angenietet, zwischen die ein Querblech eingeschaltet und angeschraubt ist.

**b) Genietete Träger.** Ergibt die Rechnung ein Walzprofil von mehr als etwa 40 cm Höhe, so ist in vielen Fällen die Verwendung zusammengenieteter H-Profile, der „Blechträger“ vorteilhafter, die aus einem senkrechten,

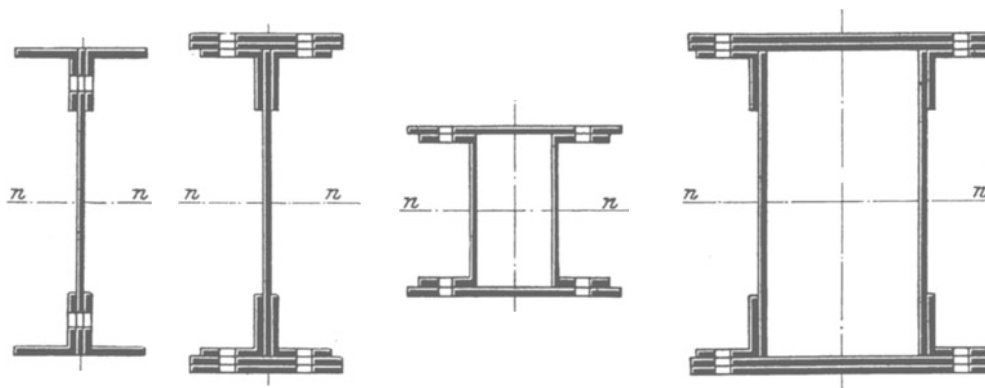


Fig. 89<sup>a</sup>.

Fig. 89<sup>b</sup>.

Fig. 91.

oben und unten durch je 2 gleichschenklige oder ungleichschenklige „Gurtwinkel“ gesäumten „Stehblech“ (Fig. 89<sup>a</sup>) und meist Lamellen (Fig. 89<sup>b</sup>) bestehen. Erfordert dabei die Übertragung der Last eine breite Auflagerfläche (z. B. bei der Überdeckung von Maueröffnungen), so verwendet man die Kastenträger, die aus L-Eisen und Lamellen (Fig. 90) oder aber meist aus Stehblechen, Gurtwinkeln und Lamellen (Fig. 91) bestehen.



Hätte z. B. die Rechnung ein erforderliches Widerstandsmoment  $W = 7200 \text{ cm}^3$  ergeben, so würden 2 H NP. 55 mit  $W = 2 \cdot 3600 = 7200 \text{ cm}^3$  und einem Gewicht  $g = 2 \cdot 166,4 = 332,8 \text{ kg/m}$  genügen; demselben Widerstandsmoment entspricht der Blechträger Fig. 104  $\left(\frac{900}{12} + 4 \cdot \overline{120:11} + 2 \cdot \frac{260}{12}\right)$ , mit einem Gewicht von nur 213 kg/m; er hat aber dafür den Nachteil der größeren Konstruktionshöhe (924 gegen 550 mm) und vor allem den der erheblich kostspieligeren Herstellung in der Werkstatt. Ob der Minderaufwand an Gewicht oder aber der Mehraufwand für die Werkstattarbeit ausschlaggebend ist, kann nur von Fall zu Fall an Hand der Material- und Arbeitslohnkosten entschieden werden.

Ein weiterer Vorteil der genieteten Träger gegenüber den gewalzten liegt darin, daß man den Querschnitt entsprechend der Abnahme der größten Biegemomente verkleinern kann, sei es durch die (nur selten ausgeführte)

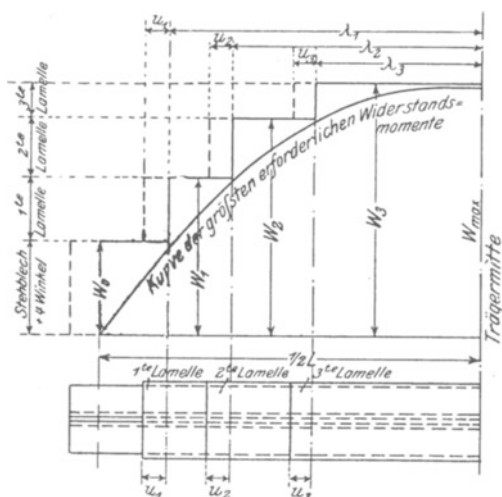


Fig. 92.

Verringerung der Stehblechhöhe, sei es durch Fortlassen der Lamellen. Aus der in Fig. 36 dargestellten Kurve der größten Momente und aus der gegebenen zulässigen Biegebeanspruchung  $k_b$  ergibt sich unmittelbar die in Fig. 92 dargestellte Kurve der größten erforderlichen Widerstandsmomente. Trägt man die wirklich vorhandenen Widerstandsmomente ( $W_0$  ohne,  $W_1$  mit je 1,  $W_2$  mit je 2,  $W_3$  mit je 3 Lamellen oben und unten) auf, so erhält man die in Fig. 92 dargestellte treppenförmige Linie, die die Kurve der größten erforderlichen Widerstandsmomente

umschließen muß und daher un-

mittelbar die für die einzelnen Lamellen erforderliche halbe Länge  $\lambda$  ergibt; in der Ausführung muß  $2\lambda$  noch um ein Maß  $u$  beiderseits verlängert werden, um die für den Anschluß der betreffenden Lamelle erforderliche Nietanzahl unterzubringen.

Das an der Stelle  $x$  (Fig. 36) erforderliche Widerstandsmoment  $W_x$  ergibt sich aus  $W_{max}$  aus der Parabelgleichung

$$\frac{W_{max} - W_x}{W_{max}} = \left(\frac{0,44L - x}{0,44L}\right)^2;$$

setzt man  $0,44L - x = \lambda_x - 0,06L$ , so berechnet sich die theoretisch erforderliche Gesamtlänge  $2\lambda_x$  einer Lamelle zu

$$2\lambda_x = L \left(0,12 + 0,88 \sqrt{1 - \frac{W_x}{W_{max}}}\right).$$

Zur Berechnung von  $2\lambda_x$  dient die folgende Zahlenreihe; für zwischenliegende Werte von  $\frac{W_x}{W_{max}}$  kann unter Benutzung der Werte  $A \frac{2\lambda_x}{L} : A \frac{W_x}{W_{max}}$  geradlinig eingeschaltet werden.

| $\frac{W_x}{W_{max}}$ | $\frac{2\lambda_x}{L}$ | $\frac{\Delta \frac{2\lambda_x}{L}}{\Delta \frac{W_x}{W_{max}}}$ | $\frac{W_x}{W_{max}}$ | $\frac{2\lambda_x}{L}$ | $\frac{\Delta \frac{2\lambda_x}{L}}{\Delta \frac{W_x}{W_{max}}}$ | $\frac{W_x}{W_{max}}$ | $\frac{2\lambda_x}{L}$ | $\frac{\Delta \frac{2\lambda_x}{L}}{\Delta \frac{W_x}{W_{max}}}$ | $\frac{W_x}{W_{max}}$ | $\frac{2\lambda_x}{L}$ | $\frac{\Delta \frac{2\lambda_x}{L}}{\Delta \frac{W_x}{W_{max}}}$ |
|-----------------------|------------------------|--|-----------------------|------------------------|--|-----------------------|------------------------|--|-----------------------|------------------------|--|
| 0,05                  | 0,978                  | 0,458  | 0,30                  | 0,856                  | 0,516  | 0,55                  | 0,710                  | 0,638  | 0,80                  | 0,514                  | 0,930  |
| 0,10                  | 0,955                  | 0,470  | 0,35                  | 0,829                  | 0,536  | 0,60                  | 0,677                  | 0,674  | 0,85                  | 0,461                  | 1,054  |
| 0,15                  | 0,931                  | 0,488  | 0,40                  | 0,802                  | 0,558  | 0,65                  | 0,641                  | 0,720  | 0,90                  | 0,398                  | 1,250  |
| 0,20                  | 0,907                  | 0,500  | 0,45                  | 0,773                  | 0,580  | 0,70                  | 0,602                  | 0,772  | 0,95                  | 0,317                  | 1,630  |
| 0,25                  | 0,882                  | 0,516  | 0,50                  | 0,742                  | 0,608  | 0,75                  | 0,560                  | 0,840  | 1,00                  | 0,120                  | 3,940  |
|                       |                        |  |                       |                        | 0,638  |                       |                        | 0,930  |                       |                        |  |

Die horizontale Scherkraft  $H$  (Fig. 93) für den Nietabstand  $t$  berechnet sich nach Gl. 14 zu  $H = \xi t = V \frac{S}{J} t$ . Da die Niete zwischen Gurtwinkeln und Stehblech doppelschnittig sind, die Blechdicke  $\delta$  aber in der Regel kleiner als  $\frac{1}{4} \pi d$  ist, so muß  $H$  durch den Widerstand des Niets auf Lochleibungsdruck aufgenommen werden; daher  $H = d \delta k_l = 2 d \delta k_s$ . Aus beiden Gleichungen folgt die Nietteilung

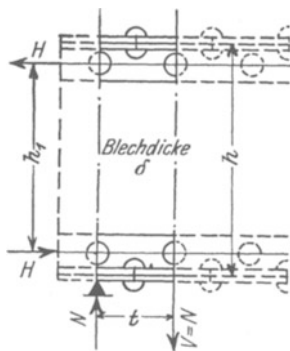


Fig. 93.

$$26) \quad t = \frac{d \delta k_l J}{V S} = \frac{2 d \delta k_s J}{V S},$$

wobei  $J$  das Trägheitsmoment des ganzen Blechträgerquerschnitts,  $S$  aber das statische Moment eines Gurts (2 Winkel + Lamellen) bedeutet, beide Werte ohne Nietabzug berechnet. Die kleinste Nietteilung am Auflager ( $V_{max} = N$ ) kann der Abnahme der Scherkraft  $V$  entsprechend unter Berücksichtigung der Gl. 25 allmählich vergrößert werden. Für Trägerhöhen  $h \geq \frac{L}{10}$  kann  $\frac{J}{S}$  mit hinreichender Genauigkeit gleich der Entfernung  $h_1$  der Wurzeln eingezeichnet werden.

Die Nietteilung  $t_1$  zwischen Gurtwinkeln und Lamellen ist nach Gl. 24 zu berechnen, wird aber meistens  $= t$  gewählt.

**Aufgabe 7.** Bei einem Blechträger auf 2 Stützen beträgt die Scherkraft am Auflager  $V_{max} = 30,0 t$ , in Trägermitte  $V_{min} = 9,3 t$ . Der größte Querschnitt in Mitte ist in Fig. 101, der Querschnitt am Auflager in Fig. 94 dargestellt. Es sind die Nietteilungen an beiden Orten zu berechnen.  $k_s = 750 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

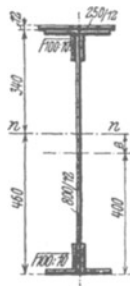


Fig. 94.

**Auflösung.** a) Auflagerstelle. Die Fläche des Querschnitts berechnet sich zu  $80,0 \cdot 1,2 + 4 \cdot 19,1 + 25,0 \cdot 1,2 = 202,8 \text{ qcm}$ ; seine Schwerachse  $n-n$  liegt um  $e = \frac{25,0 \cdot 1,2 \cdot 40,6}{202,8} = 6,0 \text{ cm}$  von Mitte Stehblech entfernt.

Das Trägheitsmoment beträgt ohne Nietabzug für die Mitte der Stehblechhöhe  $J = 206160 \text{ cm}^4$ , daher für die Schwerachse  $J_n = J - 202,8 \cdot 6,0^2 = 198860 \text{ cm}^4$ , das statische Moment des oberen Gurts  $S_0 = 2 \cdot 19,1 (34,0 - 2,8) + 30,0 \cdot 34,6 = 2230 \text{ cm}^3$ , das des unteren  $S_u = 2 \cdot 19,1 (46,0 - 2,8) = 1650 \text{ cm}^3$ ; daher  $\frac{J_n}{S_0} = \frac{198860}{2230} = 84 \text{ cm}$  und

nach Gl. 26:  $t = \frac{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2 \cdot 750}{30000} \cdot 84 = 11,6 \text{ cm}$ .

b) Trägermitte. Für die Schwerachse (Fig. 101) wird  $J = 360460 \text{ cm}^4$  und  $S = 2 \cdot 19,1 (40,0 - 2,8) + 2 \cdot 30,0 \cdot 41,2 = 3890 \text{ cm}^3$ , daher  $\frac{J}{S} = 93 \text{ cm}$  und  $t = \frac{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2 \cdot 750}{9300} \cdot 93 = 41,4 \text{ cm}$ ; da  $t > 8 d$  wird, so ist  $d_{max} = 6 d$  bis  $8 d = 138$  bis  $184 \text{ mm}$  zu wählen.

Für die Nietteilung zwischen Lamellen und Gurtwinkeln wird  $S_1 = 2 \cdot 30,0 \cdot 41,2 = 2470 \text{ cm}^3$ ,  $\frac{J}{S_1} = 145 \text{ cm}$ , daher mit  $\frac{\pi d^2}{4} = 4,2 \text{ qcm}$  nach Gl. 24:  $t_1 = \frac{2 \cdot 4,2 \cdot 750}{9300} \cdot 145 = 87,4 \text{ cm}$ .

Zur vorläufigen Querschnittsermittlung bei gegebener Stehblechhöhe  $h$  setzt man das Trägheitsmoment annähernd gleich  $2 F \left(\frac{h}{2}\right)^2 = \frac{F h^2}{2}$ , wo  $F$  die Querschnittsfläche einer Gurtung (2 Winkel + Lamellen, Fig. 95) bedeutet; daraus ergibt sich das Widerstandsmoment zu  $J: \frac{h}{2} = F h$  und endlich der erforderliche Gurtquerschnitt zu  $F = \frac{W}{h}$ , wenn  $W$  das durch die Rechnung ermittelte erforderliche Widerstandsmoment ist. Nach Ermittlung von  $F$  ist, falls keine Zahlentafeln zur Hand sind, das genaue Widerstandsmoment unter Berücksichtigung der Nietverschwächungen zu berechnen.

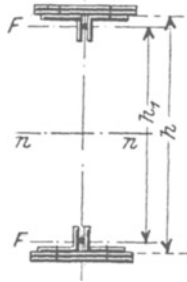


Fig. 95.

Infolge der im Verhältnis zu seiner Höhe nur sehr geringen Stärke des Stehblechs ist der Druckgurt eines Blechträgers in besonderem Maße der Gefahr der seitlichen Ausbiegung nach Fig. 81 ausgesetzt; sie wird noch dadurch erhöht, daß das Stehblech an den Angriffspunkten größerer Einzellasten infolge seines zur senkrechten Schwerachse sehr kleinen Trägheitsmoments durch die Kraft  $\beta$  (Fig. 35<sup>e</sup>) zusammengedrückt wird, also die in Fig. 96 angedeutete gestrichelte Lage anzunehmen bestrebt ist, wobei die

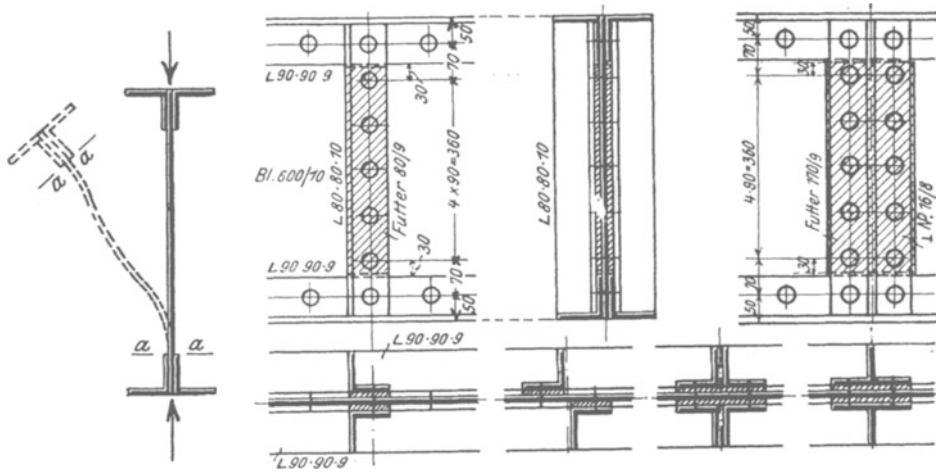


Fig. 96.

Fig. 97<sup>a</sup>.

Fig. 97<sup>b</sup>.

Fig. 97<sup>c</sup>.

Fig. 97<sup>d</sup>.

Stellen  $a - a$ , an denen es die Gurtwinkel verläßt, die für das Abbiegen und Ausknicken gefährlichsten sind. Die für  $\beta = 0$  aus Gl. 15 folgende Bedingung einer gleichförmigen Verteilung der äußeren Kräfte über die ganze Stehblechhöhe ist daher hier von besonderer Wichtigkeit. Sie wird dadurch verwirklicht, daß die Stehbleche in 1,0 bis 1,5 m Entfernung, vor allem aber da, wo größere Einzellasten angreifen (insbesondere also stets an den Auflagerstellen), durch beiderseits aufgenietete Profileisen in  $\perp\perp$ -,  $\perp\perp\perp$ - oder  $\perp\perp\perp\perp$ -Form (Fig. 97<sup>a-d</sup>) ausgesteift werden, die mit Futter-

platten<sup>1)</sup> ununterbrochen über die Gurtwinkel durchgeführt werden müssen.

Die Aufgabe dieser Aussteifungseisen, die äußere Kraft gleichmäßig über die ganze Stehblechhöhe zu verteilen, bedingt auch ihre gleichförmige Ausbildung in ihrer ganzen Länge; das Kröpfen (Abbiegen) dieser Eisen an den Stellen  $a-a$  unter Fortlassung der Futterplatten ist daher zu verwerfen, ganz abgesehen von der Schwierigkeit der sauberen Herstellung und der durch das Kröpfen gerade an den gefährlichsten Stellen  $a-a$  herbeigeführten Materialverschwächung.

## 2. Stoß der Träger.

a) Der Stoß eines Trägers wird, wenn möglich, über einem Auflagerpunkt angeordnet, weil hier bei einem Balken auf 2 Stützen das Biegemoment gleich Null und lediglich die Scherkraft aufzunehmen ist, so daß zur Stoßdeckung zwei seitlich des Stegs bzw. Stehblechs angeordnete Stoßblaschen genügen (Fig. 98).

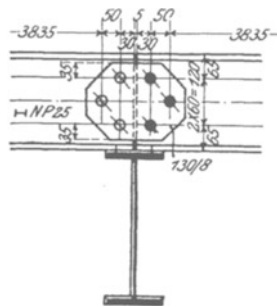


Fig. 98.

Bei Gerberträgern fallen die Stöße mit den Gelenkpunkten ( $A$  und  $B$  in Fig. 28) zusammen und werden abwechselnd fest und beweglich ausgebildet.

Der feste Stoß wird meist durch einen Gelenkbolzen (Fig. 20), nur bei sehr schwer belasteten Trägern großer Spannweite durch Einschaltung eines festen Auflagers ausgebildet.

Liegt die Trägerebene schräg (z. B. bei Dachpfetten), so ersetzt man die Flacheisenlaschen der Fig. 20 zur Herbeiführung einer größeren seitlichen Steifigkeit durch  $\perp$ -Eisen (Fig. 99).

Der bewegliche Stoß wird entweder durch einen Gelenkbolzen mit Langloch (Fig. 100, die das bewegliche Gelenk der Aufg. 4 darstellt) oder

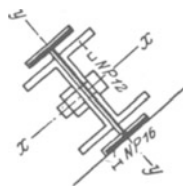


Fig. 99.

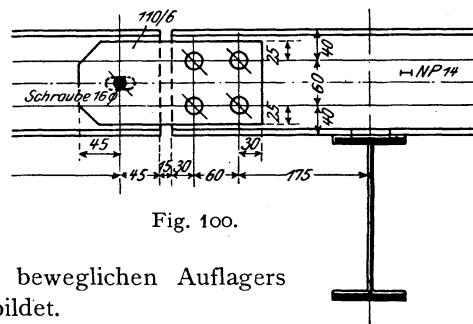


Fig. 100.

aber durch Anordnung eines beweglichen Auflagers (vgl. 11. und 12. Kap.) ausgebildet.

b) Muß der Stoß zwischen zwei Stützpunkten angeordnet werden, so ist für jeden einzelnen Querschnittsteil eine besondere Stoßblase anzuordnen, derart, daß die Summe der Widerstandsmomente aller Stoßblaschen mindestens gleich dem an der Stoßstelle erforderlichen Widerstandsmoment ist. Jede Stoßblase ist dabei beiderseits der Stoßstelle mit so viel Nietenzuschließen, daß die Summe der Nietquerschnittsflächen min-

<sup>1)</sup> Die Futterplatten werden in der Zeichnung stets durch schräge Schraffur kenntlich gemacht.

destens gleich dem  $\nu$ -fachen (Gl. 2) der Fläche des durch die betreffende Lasche gedeckten Querschnittsteils ist.

c) Bei Blechträgern werden bis zu etwa 14 m Spannweite nur senkrechte Stöße der Blechwand erforderlich.

$\alpha$ ) Liegt der Stehblechstoß in Trägermitte, wo das größte Biegemoment auftritt, so ist das volle Stehblech durch Laschen zu decken, deren Trägheitsmoment mindestens gleich dem des Stehblechs selbst sein muß.

**Aufgabe 8.** Das Stehblech des in Fig. 101 dargestellten Blechträgers auf 2 Stützen ist am Ort des Maximalmoments gestoßen; der Stoß ist zu berechnen und aufzuzeichnen.

$k = 800 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 750 \text{ kg/qcm}$  ( $\nu = 800 : 750 = \frac{16}{15}$ );  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 101 dargestellt; zur Stoßdeckung sind unmittelbar auf das Stehblech 2 Laschen  $60 \times 8$ , auf die Winkelschenkel aber 2  $\cdot$  2 Laschen  $90 \times 8$  mit insgesamt  $2 \cdot 0,8 \cdot \frac{78,0^3}{12} = 63270 \text{ cm}^4$  Trägheitsmoment gelegt. Das Trägheitsmoment des

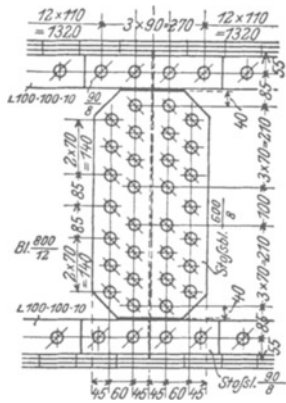


Fig. 101.

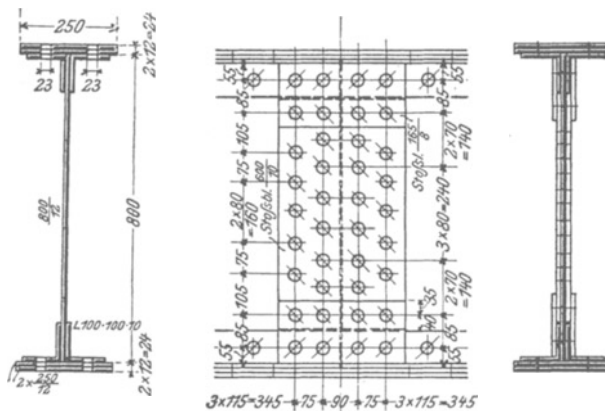


Fig. 102.

Stehblechs beträgt  $J_s = 1,2 \cdot \frac{80,0^3}{12} = 51200 \text{ cm}^4$ , sein Widerstandsmoment  $W_s = \frac{51200}{42,4} = 1210 \text{ cm}^3$ , so daß es das Moment  $M_s = 1210 \cdot 800 = 968000 \text{ cmkg}$  aufzunehmen hat. Mit  $F = 80,0 \cdot 1,2 = 96,0 \text{ qcm}$  wird nach Gl. 2:  $F_s = \frac{16}{15} \cdot 96,0 = 102,4 \text{ qcm}$  und mit  $d = 23 \text{ mm}$  nach Gl. 6:  $z_s = \frac{102,4}{2 \cdot 4,2} = 13$  Stück bzw. nach Gl. 7:  $z_l = \frac{102,4}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 19$  Stück (vorhanden 19 Stück).

Endlich ergibt sich mit  $\Sigma e^2 = 2 \cdot 69^2 + 52^2 + 38^2 + 24^2 + 10^2 + 45^2 + 31^2 + 17^2 = 17621 \text{ qcm}$  und  $e_{max} = 69 \text{ cm}$  nach Gl. 8:  $H_{max} = 968000 \cdot \frac{69}{17621} = 3800 \text{ kg}$ , daher die Beanspruchung auf

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{3800}{2 \cdot 4,2} = 470 \text{ kg/qcm (zulässig } 750 \text{ kg/qcm),}$$

$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{3800}{2,3 \cdot 1,2} = 1380 \text{ kg/qcm (zulässig } 1500 \text{ kg/qcm).}$$

Außer den durch das Biegemoment erzeugten Normalspannungen wirken in der senkrechten Nietfuge auch noch die vertikalen Scherspannungen. Bei einem Träger auf 2 Stützen ist aber die an irgendeiner Balkenstelle gleichzeitig mit dem größten Moment auftretende Vertikalkraft nur gering und darf daher vernachlässigt werden; dem Anwachsen der Normalspannung entsprechend verkleinert man zweckmäßig die Nietteilung von der Stehblechmitte aus nach oben und unten.

Diese Vernachlässigung der vertikalen Scherspannungen ist aber nicht zulässig, wenn am Orte des Maximalmoments gleichzeitig die größte

senkrechte Scherkkraft auftritt. z. B. an der Einspannstelle des Kragträgers Fig. 24 oder über den Mittelstützen des durchlaufenden Trägers Fig. 27; hier ist der Nietberechnung nicht mehr  $H_{max}$ , sondern die Resultierende  $R$  aus  $H_{max}$  und der Vertikalkraft  $V$  nach Gl. 9 zugrunde zu legen.

Eine zweite Lösung der Aufgabe zeigt Fig. 102: die auf die Winkelschenkel gelegten Laschen übergreifen noch die oberste Nietreihe der unmittelbar auf dem Stehblech liegenden Stoßlaschen, deren Stärke gleich der Stärke der Gurtwinkel zu wählen ist. Neben einer besseren statischen Wirkung hat diese Anordnung vor allem den Vorteil, daß die in Fig. 101 an der Zusammenstoßstelle der Laschen unvermeidlichen Fugen, die zu Staubansammlung und Rost Anlaß geben, fortfallen.

β) Liegt der Stehblechstoß an einer Stelle, an der die Tragwirkung des Stehblechs zur Aufnahme des Biegemoments nicht voll ausgenutzt ist, so genügt es, ihn durch 2 nur von Winkel- zu Winkelkante gehende Laschen zu decken; er wird dann zweckmäßig am Ort einer Aussteifung angeordnet.

**Aufgabe 9.** Der in Aufg. 8 behandelte Blechträger hat mit je einer Lamelle oben und unten ein Widerstandsmoment  $W_1 = 5410 \text{ cm}^3$ , folglich ohne Stehblech  $W_1' = W_1 - W_s' = 5510 - 1240 = 4270 \text{ cm}^3$ , wobei  $W_s' = \frac{1,2 \cdot 80,0^3}{12 \cdot 41,2} = 1240 \text{ cm}^3$  ist. Der Stoß der

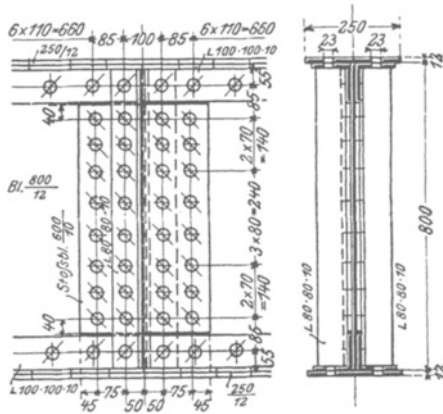


Fig. 103.

Blechwand liegt seitlich der Trägermitte, wo ein Moment  $M = 38,0 \text{ mt}$  zu übertragen ist. Der Stoß ist zu berechnen und aufzuzeichnen.  $k = 800 \text{ kg/qcm}$ ;  $\nu = \frac{16}{15}$ ;  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 103 dargestellt; er ist durch zwei unmittelbar auf das Stehblech gelegte Laschen  $\frac{600}{10}$  mit  $\frac{2 \cdot 1,0 \cdot 60,0^3}{12 \cdot 41,2} = 870 \text{ cm}^3$  Widerstandsmoment gedeckt. Vom ganzen Moment  $M = 38,0 \text{ mt}$  nehmen die Gurte  $M_1 = 4,2 \cdot 0,8 = 3,36 \text{ mt}$  auf, so daß durch das Stehblech  $M_s = 38,0 - 3,36 = 4,4 \text{ mt}$  zu übertragen sind, die  $\frac{440000}{800} = 550 \text{ cm}^3$

Widerstandsmoment erfordern (vorhanden  $870 \text{ cm}^3$ ). Mit  $\Sigma e^2 = 2(5^2 + 38^2 + 24^2 + 8^2) = 9576 \text{ qcm}$  und  $e_{max} = 52 \text{ cm}$  ergibt sich nach Gl. 8:  $H_{max} = 440000 \cdot \frac{52}{9576} = 2400 \text{ kg}$ , daher die Beanspruchung auf

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{2400}{2 \cdot 4,2} = 290 \text{ kg/qcm (zulässig } 750 \text{ kg/qcm),}$$

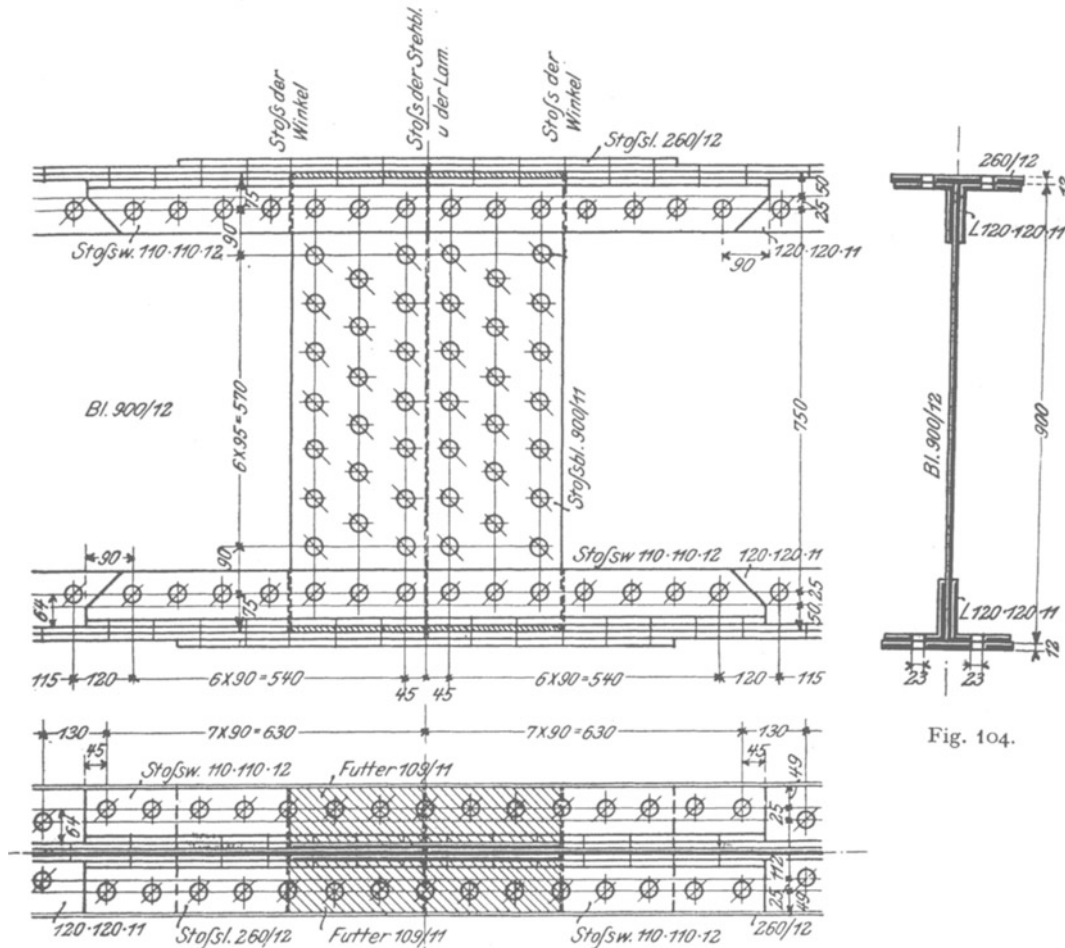
$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{2400}{2,3 \cdot 1,2} = 900 \text{ kg/qcm (zulässig } 1500 \text{ kg/qcm).}$$

γ) Bei mehr als etwa 14 m Spannweite werden außer im Stehblech auch in den Gurtwinkeln und Lamellen Stöße erforderlich, die sämtlich tunlichst an ein und dieselbe Trägerstelle als „konzentrierte Stöße“ gelegt werden, und zwar zweckmäßig an eine zwischen den Aussteifungen der Blechwand liegende Stelle, um in der Anordnung der Niete freie Hand zu haben.

**Aufgabe 10.** Es soll der Stoß des in Fig. 104 dargestellten Blechträgers auf 2 Stützen berechnet und gezeichnet werden.  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 750 \text{ kg/qcm}$  ( $\nu = \frac{4}{3}$ );  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 104<sup>a</sup> dargestellt. Die Gurtwinkel sind zweimal gestoßen, so daß die beiderseitigen Decklaschen des Stehblechs über dessen ganze Höhe durchgehen können; auf die Länge dieser Decklaschen werden dadurch oben und unten je 2 wagerechte Futterplatten von der Dicke der Winkelschenkel erforderlich, die unter

Umständen zur Stoßdeckung der Lamellen mitbenutzt werden können. Der Lamellenstoß fällt mit dem Stehblechstoß zusammen und ist durch eine Lasche  $\frac{260}{12}$ , der Winkel  $120 \cdot 120 \cdot 11$  mit  $25,4 \text{ qcm}$  Fläche aber durch einen Winkel  $110 \cdot 110 \cdot 12$  mit  $25,1 \text{ qcm}$  Fläche gedeckt. Das gesamte Widerstandsmoment aller Stoßlaschen berechnet sich bei Abzug der Nietverschwächungen und ohne Berücksichtigung der wagerechten Futterbleche zu  $8600 \text{ cm}^3$  gegenüber  $7260 \text{ cm}^3$  des Querschnitts Fig. 104.

Fig. 104<sup>a</sup>.

Stehblechstoß.  $F = 90,0 \cdot 1,2 = 108,0 \text{ qcm}$ ;  $F_s = \frac{1}{3} \cdot 108,0 = 144,0 \text{ qcm}$ ; daher mit  $d = 23 \text{ mm}$  nach Gl. 6:  $z_s = \frac{144,0}{2 \cdot 4,2} = 18$  Stück und nach Gl. 7:  $z_l = \frac{144,0}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 26$  Stück (vorhanden 26 Stück). Ferner wird mit  $\Sigma e^2 = 3 \cdot 75^2 + 2(57^2 + 38^2 + 19^2) + 9,5^2 + 28,5^2 + 47,5^2 = 30140 \text{ qcm}$ ,  $e_{max} = 75 \text{ cm}$  und  $M_s = \frac{1,2 \cdot 90,0^3}{12 \cdot 46,2} \cdot 1000 = 1578000 \text{ cmkg}$  nach Gl. 8:  $H_{max} = 1578000 \frac{75}{30140} = 3900 \text{ kg}$ , daher die Beanspruchung auf

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{3900}{2 \cdot 4,2} = 470 \text{ kg/qcm (zulässig } 750 \text{ kg/qcm)},$$

$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{3900}{2,3 \cdot 1,2} = 1420 \text{ kg/qcm (zulässig } 1500 \text{ kg/qcm)}.$$

Winkelstoß.  $F = 25,4 - 2,3 \cdot 1,1 = 22,9 \text{ qcm}$ ;  $F_s = \frac{1}{3} \cdot 22,9 = 30,5 \text{ qcm}$ ; daher mit

$d = 23 \text{ mm}$  nach Gl. 3:  $n_s = \frac{30,5}{4,2} = 8$  Stück und nach Gl. 4:  $n_l = \frac{30,5}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,1} = 6$  Stück (vorhanden in jedem Schenkel je 4 Stück).

Lamellenstoß.  $F = (26,0 - 2 \cdot 2,3) 1,2 = 25,7 \text{ qcm}$ ;  $F_s = \frac{1}{3} \cdot 25,7 = 8,6 \text{ qcm}$ ; daher mit  $d = 23 \text{ mm}$  nach Gl. 3:  $n_s = \frac{34,3}{4,2} = 9$  Stück und nach Gl. 4:  $n_l = \frac{34,3}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 7$  Stück (vorhanden  $2 \times 5 = 10$  Stück).

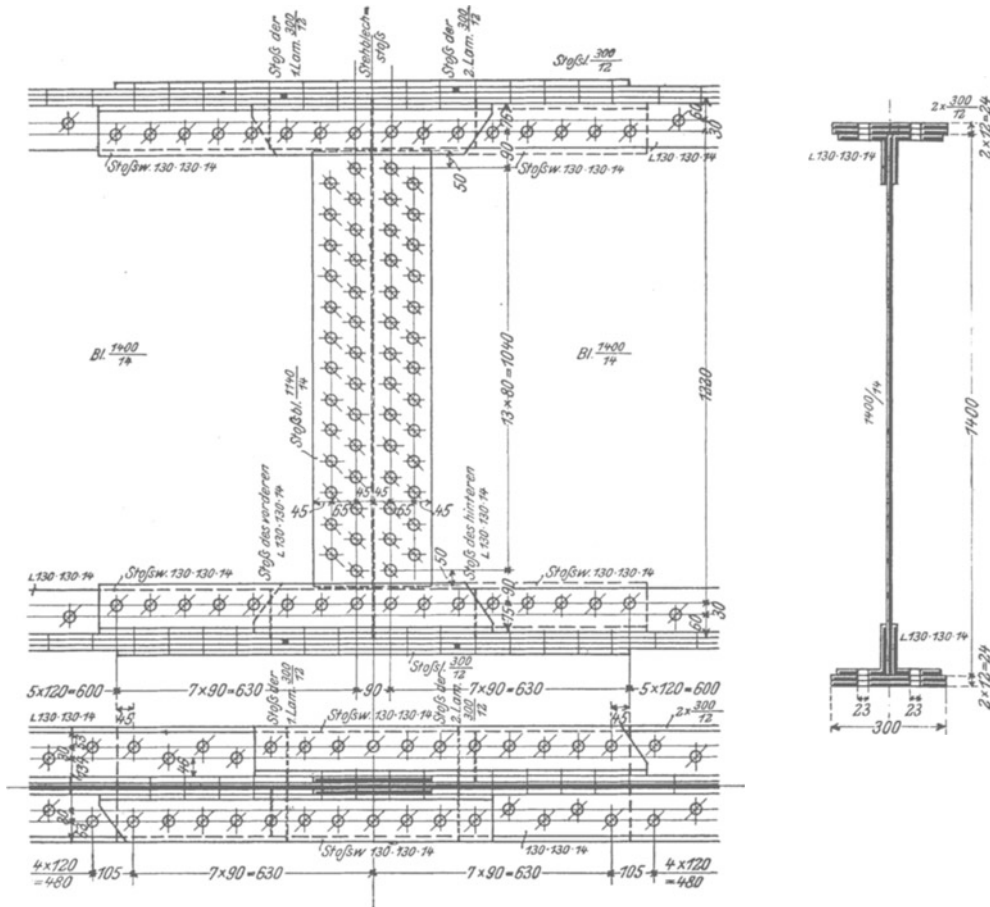


Fig. 105<sup>a</sup>.

**Aufgabe 11.** Es soll der Stoß des in Fig. 105 dargestellten Blechträgers auf 2 Stützen berechnet und gezeichnet werden.  $k = 850 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 0,9 \cdot 850 = 765 \text{ kg/qcm}$  ( $\nu = \frac{10}{9}$ );  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 105<sup>a</sup> dargestellt. Die Stöße der beiden Winkel eines Gurts sind symmetrisch zu beiden Seiten des Stehblechstoßes versetzt angeordnet, so daß die senkrechten Schenkel der Stoßwinkel den zwischen den Gurtwinkeln sitzenden Teil des Stehblechs mitdecken; der übrige Teil der Blechwand ist durch 2 Laschen  $\frac{1140}{14}$  gedeckt. Die Stöße der beiden Lamellen eines Gurts sind ebenfalls symmetrisch zum Stehblechstoß angeordnet und durch eine gemeinsame Stoßlasche  $\frac{300}{12}$  gedeckt.



Stehblechstoß. Der mittlere Teil des Stehblechs nimmt das Moment  $M_s' = \frac{1,4 \cdot 114,0^3}{12 \cdot 72,4} \cdot 850 = 2040000$  cmkg auf; daher mit  $n = 14$  und  $e_{max} = 104$  cm nach Gl. 8<sup>b</sup>

$$H'_{max} = \frac{6 \cdot 13}{14 \cdot 27} \cdot \frac{2040000}{104} = 4100 \text{ kg und die Beanspruchung auf}$$

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{4100}{2 \cdot 4,2} = 490 \text{ kg/qcm (zulässig 750 kg/qcm),}$$

$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{4100}{2,3 \cdot 1,4} = 1280 \text{ kg/qcm (zulässig 1500 kg/qcm).}$$

Die in den Gurtwinkeln sitzenden Teile des Stehblechs nehmen das Moment  $M_s'' = \frac{1,4 (140,0^3 - 114,0^3)}{12 \cdot 72,4} \cdot 850 = 1690000$  cmkg auf; daher wird mit  $\Sigma e^2 = 3 \cdot 122^2$  qcm und

$$e_{max} = 122 \text{ cm nach Gl. 8: } H''_{max} = 1690000 \frac{122}{3 \cdot 122^2} = 4700 \text{ kg und die Beanspruchung auf}$$

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{4700}{2 \cdot 4,2} = 560 \text{ kg/qcm (zulässig 765 kg/qcm),}$$

$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{4700}{2,3 \cdot 1,4} = 1460 \text{ kg/qcm (zulässig 1530 kg/qcm).}$$

Winkelstoß.  $F = 34,7 - 2,3 \cdot 1,4 = 31,5$  qcm;  $F_s = \frac{31,5}{0,9} = 35,0$  qcm; daher mit  $d = 23$  mm nach Gl. 3:  $n_s = \frac{35,0}{4,2} = 9$  Stück und nach Gl. 4:  $n_l = \frac{35,0}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,4} = 6$  Stück (vorhanden  $5 + 4 = 9$  Stück).

Lamellenstoß.  $F = (30,0 - 2 \cdot 2,3) 1,2 = 30,5$  qcm;  $F_s = \frac{30,5}{0,9} = 34,0$  qcm; daher mit  $d = 23$  mm nach Gl. 3:  $n_s = \frac{34,0}{4,2} = 9$  Stück und nach Gl. 4:  $n_l = \frac{34,0}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 7$  Stück (vorhanden  $2 \times 5 = 10$  Stück). Da der Stoß beider Lamellen durch ein und dieselbe Lasche gedeckt ist, so müssen zwischen den beiden Stoßstellen mindestens 9 Niete angeordnet sein (vorhanden sind 10 Niete).

### 3. Anschluß der Träger aneinander.

a) Der Anschluß eines „Nebenträgers“ an einen durchlaufenden „Hauptträger“ erfolgt mit Winkelleisen, von denen stets eins über die ganze Höhe des Hauptträgers durchzuführen ist, einmal zur Aussteifung des Stegs bzw. Stehblechs (Fig. 97), dann aber um die aus Gl. 15 für  $\beta = 0$  folgende Bedingung einer gleichförmigen Verteilung des Auflagerdrucks  $N$  über die ganze Steg- bzw. Stehblechhöhe tunlichst zu verwirklichen. Die Anzahl der zur Übertragung des Stützdrucks  $N$  erforderlichen, im Nebenträger stets doppelschnittigen Niete soll, wenn die Rechnung nicht mehr ergibt, mindestens drei betragen.

**Aufgabe 12.** An einen Hauptträger (Unterzug)  $\text{H-NP. 40}$  schließen sich beiderseits Nebenträger (Deckenbalken)  $\text{H-NP. 25}$  an, von denen jeder einen Stützdruck  $N = 3300$  kg auf den mit ihm bündig (d. h. in gleicher Höhe liegenden) Unterzug überträgt. Es ist die erforderliche Nietanzahl zu berechnen und der Anschluß aufzuzeichnen.  $h = 1000$  kg/qcm;  $h_s = 750$  kg/qcm ( $\nu = \frac{4}{3}$ );  $h_l = 2 h_s$ .

**Auflösung.**  $F = \frac{3300}{1000} = 3,3$  qcm;  $F_s = \frac{4}{3} \cdot 3,3 = 4,4$  qcm; daher ergibt sich mit  $d = 16$  mm für die Anschlußniete im

Deckenbalken mit 9 mm Stegstärke nach Gl. 6:  $z_s = \frac{4,4}{2 \cdot 2,0} = 2$  Stück und nach

$$\text{Gl. 7: } z_l = \frac{4,4}{2 \cdot 1,6 \cdot 0,9} = 2 \text{ Stück, so daß die Mindestzahl 3 zu wählen ist;}$$

Unterzug mit 14,4 mm Stegstärke nach Gl. 6:  $z_g = \frac{2 \cdot 4,4}{2 \cdot 2,0} = 3$  Stück und nach

Gl. 7:  $z_l = \frac{2 \cdot 4,4}{2 \cdot 1,6 \cdot 1,44} = 2$  Stück, so daß in jedem Schenkel die Mindestzahl 3 zu wählen ist.

Der Anschluß ist in Fig. 106 dargestellt; die durchlaufenden Winkeleisen sind über Kreuz angeordnet, so daß der Anschluß symmetrisch zu beiden Trägermittellinien wird. In den Deckenbalken sind oben beide, unten je ein Flansch abzarbeiten.

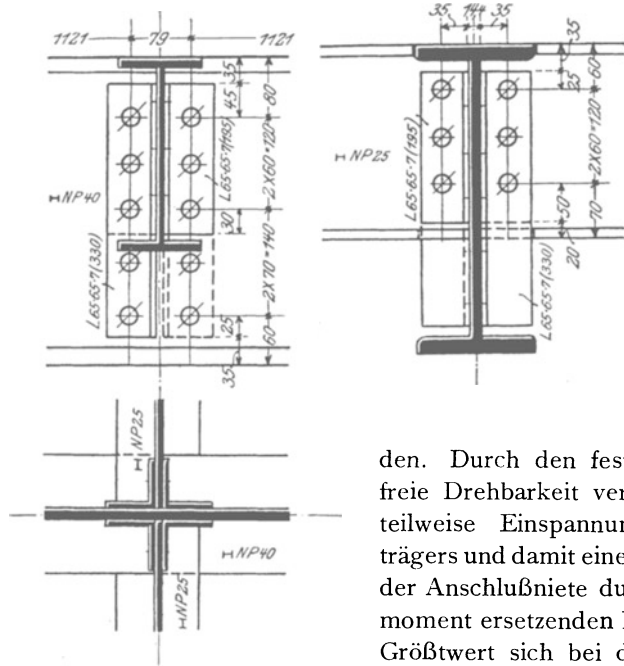


Fig. 106.

der Anschlußwinkel, die mit 55 mm genügt hätte, ist zu 65 mm gewählt, um bei der geringen Versetzung der Niete in beiden Schenkeln von nur 20 mm die Ausbildung der Nietköpfe zu erleichtern.

b) Soll der anschließende Nebenträger freidrehbar gelagert sein (Fig. 25), so muß sein Anschluß durch einen reibungslosen Gelenkbolzen (entsprechend Fig. 20) vermittelt werden.

Durch den festen Nietanschluß wird die freie Drehbarkeit verhindert, und es tritt eine teilweise Einspannung (Fig. 26) des Nebenträgers und damit eine zusätzliche Beanspruchung der Anschlußniete durch die das Einspannungsmoment ersetzenden Kräfte  $H$  (Fig. 7) ein, deren Größtwert sich bei der hier durchweg verwendeten einreihigen Vernietung (Fig. 8) aus Gl. 8<sup>a</sup> ergibt. Noch ungünstiger wirkt das Einspannungsmoment auf die Anschlußniete im Hauptträger, die im oberen Teil durch die Kräfte  $H$  eine zusätzliche Beanspruchung auf Zug erleiden; je größer

aber der Abstand  $e_{max}$  (Fig. 7) der äußersten Anschlußniete ist, um so kleiner wird nach Gl. 8<sup>a</sup> die Zugkraft  $H_{max}$ , so daß auch unter diesem Gesichtspunkt die Durchführung wenigstens eines der Anschlußwinkel über die ganze Hauptträgerhöhe von Wichtigkeit ist.

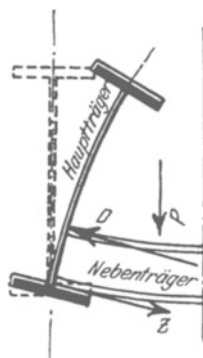


Fig. 107.

Die Größe des durch den festen Nietanschluß des Nebenträgers entstehenden Einspannungsmoments läßt sich nur schwer ermitteln; sein Einfluß auf die Nietbeanspruchung wird bei Hochbaukonstruktionen mit ihren verhältnismäßig geringen Belastungen meist nur durch eine entsprechend niedrig bemessene zulässige Beanspruchung auf Abscheren und Lochleibungsdruck, bei Brückenbauten aber durch besondere konstruktive Maßregeln berücksichtigt, die in Kap. 11 und 12 erläutert sind.

c) Sind bei einem doppelseitigen Anschluß die von den beiden Nebenträgern übertragenen Stützdrücke nicht gleich groß oder ist der Anschluß nur einseitig, so tritt eine Beanspruchung des Hauptträgers auf Verdrehen

ein. Die Aufgabe, die durch diese Beanspruchung angestrebte Schiefstellung der Hauptträger zu verhindern, fällt wiederum den über deren ganze Höhe durchgeführten Anschlußwinkeln zu. Sie genügen für sich allein aber dieser

Fig. 109<sup>a</sup>.

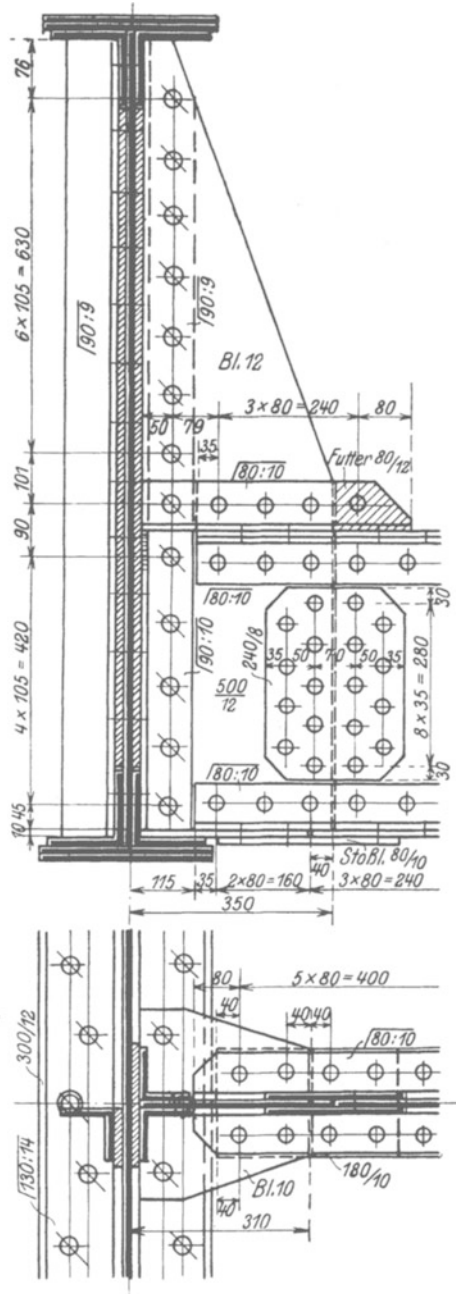


Fig. 109<sup>b</sup>.

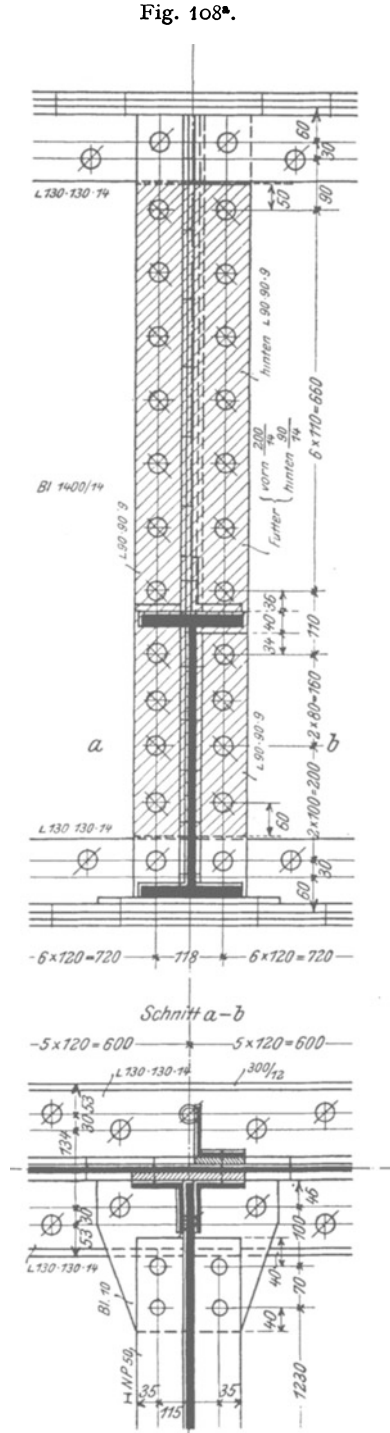


Fig. 108<sup>b</sup>.

Fig. 108<sup>a</sup>.

Aufgabe nicht mehr, wenn sich der Nebenträger nahe dem Zuggurt des Hauptträgers anschließt; Verdrehungsbeanspruchung und Knickgefahr des Druckgurts (Fig. 96) treten dann gleichzeitig auf und führen den durch Fig. 107 erläuterten Zustand herbei: der Hauptträger stützt sich gegen die Oberkante des Nebenträgers, sucht sich aber von dessen Unterkante loszulösen. In diesem Falle muß der Druckgurt des Hauptträgers durch senkrechte Aussteifungsbleche gegen den Oberflansch des Nebenträgers abgestützt werden; und da diese Bleche nach Fig. 107 auf Druck beansprucht werden, sind sie bei größerer Höhe und Breite zur Sicherung gegen Ausknicken durch Winkeleisen zu säumen.

Fig. 108<sup>c</sup>.

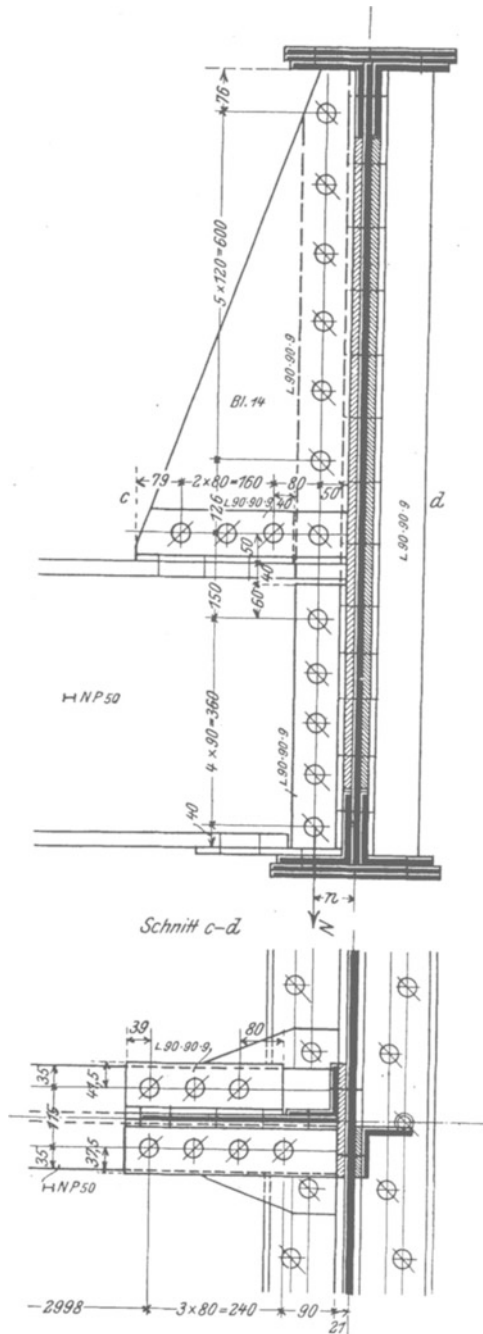


Fig. 108<sup>d</sup>.

winkeln an der Schrägkante erschien hier bei der geringen Blechbreite und der gewählten Stärke von 14 mm entbehrlich. Zur Aufnahme der Kraft  $Z$  (Fig. 107) ist der

**Aufgabe 13.** Ein  $\text{H NP. 50}$  überträgt auf den in Fig. 105 dargestellten Blechträger den Auflagerdruck  $N = 21\,300\text{ kg}$ ; seine Unterkante liegt 24 mm über Unterkante Stehblech. Es ist die erforderliche Nietanzahl zu berechnen und der Anschluß aufzuzeichnen.  $k = 750\text{ kg/qcm}$ ;

$$k_s = 700\text{ kg/qcm } (\nu = 15/14); k_l = 2 k_s.$$

**Auflösung.**  $F = \frac{21\,300}{750} = 28,4\text{ qcm}$ ;

$F = \frac{15}{14} \cdot 28,4 = 30,4\text{ qcm}$ ; daher ergibt sich mit  $d = 23\text{ mm}$  für die Anschlußniete im Nebenträger mit 18 mm Stegstärke

nach Gl. 6:  $z_s = \frac{30,4}{2 \cdot 4,2} = 4\text{ Stück}$  und nach

Gl. 7:  $z_l = \frac{30,4}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,8} = 4\text{ Stück}$ ;

Hauptträger mit  $\delta > \frac{\pi}{8} d$  (Gl. 5)

nach Gl. 3:  $z_s = \frac{30,4}{4,2} = 8\text{ Stück}$ .

Der Anschluß ist in Fig. 108 dargestellt. Im Nebenträger sind, um das auftretende Einspannungsmoment zu berücksichtigen und gleichzeitig eine allzu große Teilung zu vermeiden, 5 doppelschnittige, im Hauptträger  $2 \times 5 = 10$  einschnittige Niete angeordnet. Über Kreuz ist zum durchlaufenden Anschlußwinkel außen ein Aussteifungswinkel angebracht. Das dreieckförmige Stützblech ist einerseits an den durchlaufenden Anschlußwinkel, andererseits mit wagerechten Hilfswinkeln  $90 \cdot 90 \cdot 9$  an den oberen Flansch des  $\text{H NP. 50}$  angeschlossen. Die Anordnung von Saum-

untere Flansch des  $\text{H NP. 50}$  durch ein wagerechtes Blech von 10 mm Stärke (Fig. 108<sup>b</sup>) an die unteren Gurtwinkel des Blechträgers angeschlossen.

Die senkrechten Anschlußwinkel bedingen ein Futterblech von der Stärke der Gurtwinkel. Dieses Blech ist in der an der Anschlußstelle erforderlichen Breite von 200 mm über die ganze Höhe zwischen den Gurtwinkeln durchzuführen, darf also nicht in zwei einzelne Platten von je 100 mm Breite aufgelöst werden, von denen die

eine nur über die Höhe des kleineren Anschlußwinkels reicht. Denn um die Anschlußniete im Hauptträger vor übermäßigen Biegungsspannungen zu schützen, müssen Futterplatte und Stehblech ein einheitliches Ganze bilden, und das wird durch die überschießenden Niete im oberen Teil des Futters soweit, wie es praktisch möglich ist, erreicht.

Ist auch der Nebenträger ein Blechträger, so erfolgt die Ausbildung des Anschlusses nach Fig. 109: das Stehblech des Nebenträgers wird gestoßen und dann von der Stoßstelle ab mit dem Abstützblech des Druckgurts zu einem Ganzen vereinigt.

Das Verdrehungsmoment des Hauptträgers kann annähernd gleich  $Nn$  (Fig. 108<sup>c</sup>) gesetzt werden; es ist daher zweckmäßig, das Wurzelmaß der Anschlußwinkel klein zu halten, also deren Schenkelbreite nur gerade so groß zu wählen wie der Nietdurchmesser verlangt.

Zu vermeiden ist der in Fig. 110 dargestellte Anschluß, bei dem der größere durchlaufende Winkel gleichschenkelig, der kleinere aber ungleichschenkelig gewählt und von den beiden Anschlußnietreihen des Nebenträgers die erste (I) einschnittig, die zweite (II) aber zweischnittig

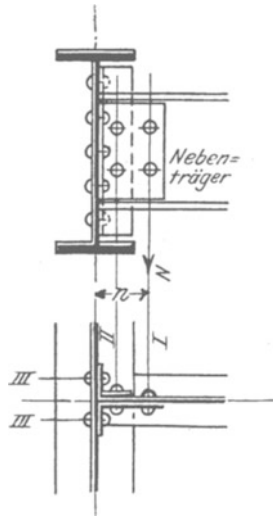


Fig. 110.

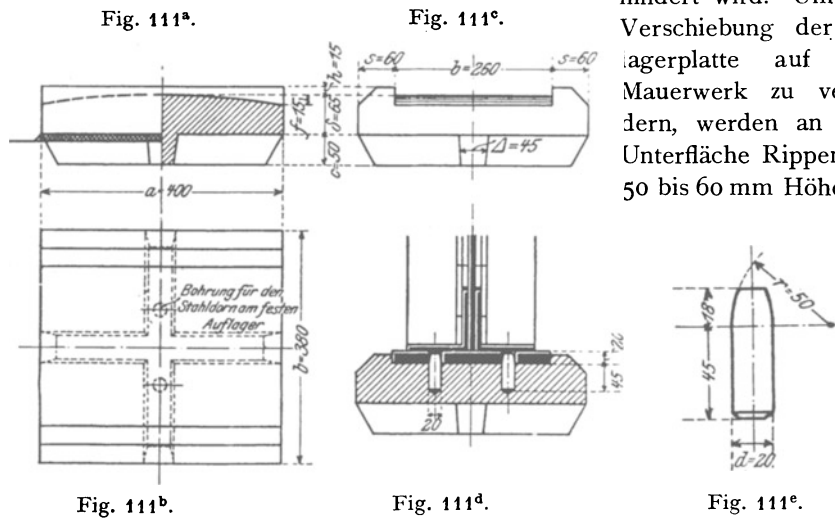
angeordnet ist. Bei der Durchbiegung des Nebenträgers wird der Auflagerdruck  $N$  zunächst die einschnittige Reihe I und wegen des vergrößerten Verdrehungsmoments  $Nn$  auch die Nietreihen III im Hauptträger zugunsten der Reihe II überanstrengen.

#### 4. Auflagerung der Träger im Mauerwerk.

a) Bei Hochbaukonstruktionen werden die eisernen Träger an ihren Auflagerstellen meist dann vollständig eingemauert, wenn mit nennenswerten Temperaturschwankungen nicht zu rechnen ist; da durch die Einmauerung die freie Drehbarkeit sowieso verloren geht, dürfen zur Auflagerung flußeiserne, mit dem Trägerunterflansch vernietete Unterlagplatten von 15 bis 30 mm Stärke verwendet werden (Fig. 115).

b) Soll die freie Drehbarkeit gewahrt bleiben, so wird eine Auflagerplatte aus Gußeisen oder Stahlformguß angeordnet, deren Oberfläche mit einer Pfeilhöhe von  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{25}$  der Plattenlänge gewölbt wird, um bei der Drehung des Trägerendes den Druck von der Plattenkante fernzuhalten. Bei einer Wärmeänderung kann der Träger am beweglichen Auflager auf dieser gewölbten Oberfläche gleiten (daher auch die Bezeichnung „Gleitlager“); beim festen Auflager muß zur Verhinderung dieses Gleitens eine Verbindung des Trägers mit der Auflagerplatte so hergestellt werden, daß seine freie Drehbarkeit gewahrt bleibt. Man erreicht dies durch oben konisch abgedrehte Stahldorne von 20 bis 30 mm Durchmesser (Fig. 111<sup>d u. e</sup>) oder aber durch in die Gleitfläche vorspringende Nasen ( $n$  in Fig. 112) oder endlich durch konisch zulaufende Zähne ( $z$  in Fig. 113 und 114), die in eine unter den Träger genietete, mit entsprechenden Aussparungen versehene flußeiserne Platte von 15 bis 20 mm Stärke (Fig. 111 und 112) oder aber in einen besonderen Lagerkörper (Fig. 113<sup>b</sup>) eingreifen. Alle Berührungs- und Gleitflächen

müssen mit Maschinen genau nach Zeichnung bearbeitet werden. In der Regel wird das feste Auflager als Punkt-, das bewegliche als Linienauflager ausgebildet, insofern eine Verschiebung des Trägers senkrecht zu seiner Ebene entweder durch Anschlagleisten von 10 bis 25 mm Höhe und 25 bis 60 mm Breite (Fig. 111 bis 112) oder aber durch die Zähne  $z$  selbst (Fig. 113) verhindert wird. Um eine Verschiebung der Auflagerplatte auf dem Mauerwerk zu verhindern, werden an ihrer Unterfläche Rippen von 50 bis 60 mm Höhe und



30 bis 50 mm Stärke entweder nur in der Querrichtung (Fig. 114) oder aber kreuzförmig (Fig. 111 bis 113) angegossen; weniger gut sind einzelne angegossene Runddorne. Zwischen Platte und Auflagerstein wird zur Herbeiführung einer gleichmäßigen Druckverteilung eine Zementschicht (1 Zement + 1 Sand) von 10 bis 20 mm oder seltener eine Bleiplatte von 5 bis 6 mm Stärke angeordnet.

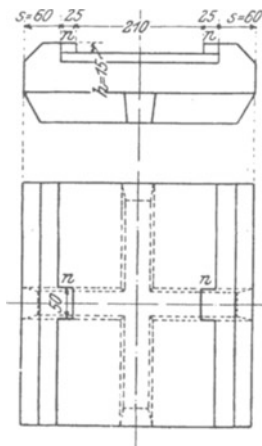


Fig. 112.

festen Auflager (Fig. 111d u. e) überragen die gewölbte Oberfläche um 18 mm; dieses Maß muß um 2 bis 3 mm kleiner als die Stärke der flußeisernen Unterlagplatte sein, damit sich die Gurtwinkel nicht auf die Stahldorne auflegen. Statt dieser Stahldorne sind in Fig. 112 in der Mitte der Wölbfläche vorspringende Nasen  $n$  angeordnet, die in der flußeisernen Unterlagplatte seitliche Aussparungen von  $26 \times 51$  mm bedingen. Der Druck auf den Auflagerquader berechnet sich zu  $\sigma_n = \frac{30100}{40 \cdot 38} = 19,8 \text{ kg/qcm}$  (zul. 20 kg/qcm).

**Aufgabe 14.** Der Stützdruck des in Fig. 101 dargestellten Blechträgers beträgt  $N = 30100 \text{ kg}$ ; es ist die Auflagerplatte aus Stahlformguß zu berechnen und aufzuzeichnen. Zulässige Beanspruchung für den Stahlformguß  $k_b = 1000 \text{ kg/qcm}$ , für den Auflagerquader  $k_n = 20 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Die Auflagerplatte ist in Fig. 111 dargestellt. Mit  $a = 40 \text{ cm}$  und  $b = 38 \text{ cm}$  ergibt sich die erforderliche Plattenstärke nach Gl. 16 zu

$$\delta = \sqrt{\frac{3}{4} \frac{30100 \cdot 40}{1000 \cdot 38}} = 5,0 \text{ cm};$$

gewählt ist  $\delta = 65 \text{ mm}$ , da die Voraussetzungen der Gl. 16 praktisch nie vollständig erfüllt sind und daher die Stärke der Platte nicht unter  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{7}$  ihrer Länge betragen soll. Unter dem Blechträger ist eine flußeiserne Platte von 260 mm Breite und 20 mm Stärke angeordnet, so daß die seitlichen Anschlagleisten eine Breite von je  $\frac{1}{2} (380 - 260) = 60 \text{ mm}$  erhalten. Die Stahldorne am

Eine zweite Lösung der Aufgabe ist in Fig. 113<sup>a</sup> für das bewegliche und in Fig. 113<sup>b</sup> für das feste Auflager dargestellt. Das hier zweiteilige Lager besteht aus der unteren Lagerplatte und einem oberen Gußstück, das mit dem Träger durch Schrauben und durch eine runde oder quadratische, in eine Aussparung der flußeisernen Unterlagplatte

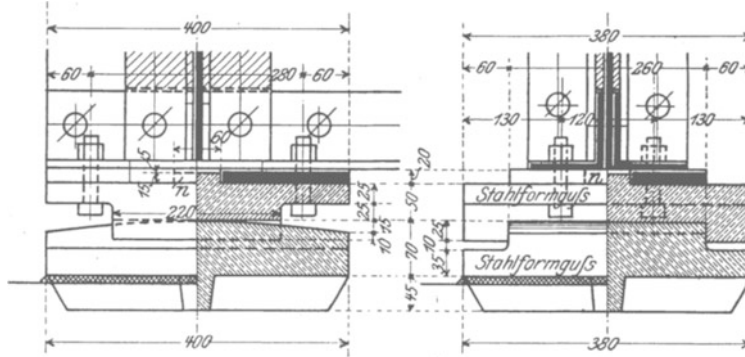


Fig. 113<sup>a</sup>. Bewegliches Auflager.

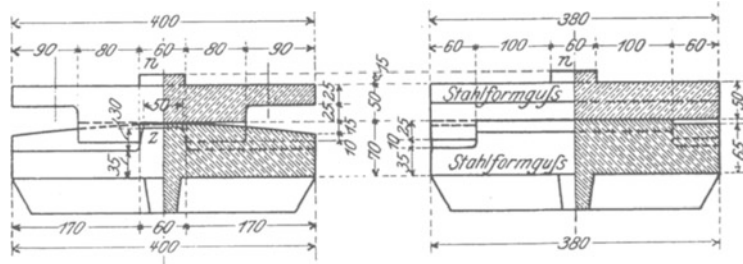


Fig. 113<sup>b</sup>. Festes Auflager.

passende Nase *n* befestigt ist; es hat seitliche, nach unten vorstehende Anschlagleisten, welche die untere Lagerplatte umfassen. Am festen Auflager erhält jede dieser Anschlagleisten in der Mitte eine Aussparung, in die ein am Unterteil angezogener, oben konisch zulaufender Zahn *z* eingreift. Diese verwickeltere Anordnung ist für im Freien

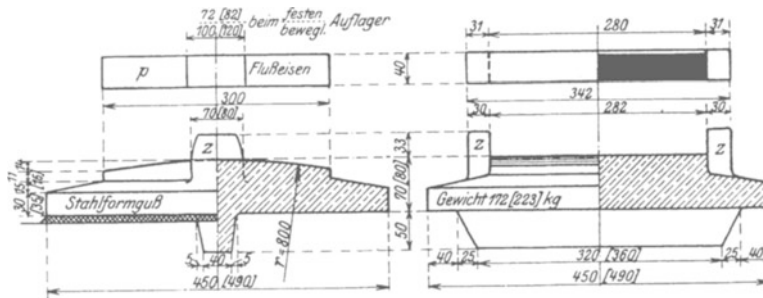


Fig. 114.

liegende Träger zweckmäßig, da die Gleitflächen besser als in Fig. 111 vor Staub- und Schmutzansammlung geschützt liegen.

Eine dieser Lösung ähnliche, aber wegen Fortfall des oberen Lagerkörpers einfachere Anordnung der Gleitlager zeigt endlich Fig. 114<sup>1)</sup>. Hier zeigt der Lagerkörper für das feste und bewegliche Auflager gleiche Ausbildung; er besitzt zu beiden Seiten

<sup>1)</sup> Aus den „Musterentwürfen für eingleisige eiserne Brückenüberbauten von 10 bis 20 m Stützweite der Preußisch-Hessischen Staatseisenbahnen“.

der Gleitfläche vorspringende Zähne  $z$ , die in entsprechende Aussparungen der flüßeisernen Unterlagplatte  $p$  eingreifen; die Breite dieser Aussparung ist beim festen Auflager nur 2, beim beweglichen aber zur Ermöglichung des Gleitens 30 bzw. 40 mm größer als die Zahnbreite. Die in Fig. 114 eingeklammerten Maße beziehen sich auf Brückenträger von 14 bis 17 m entsprechend einem größten Auflagerdruck von 54,0 t, die übrigen auf solche von 10 bis 13 m Spannweite entsprechend einem größten Auflagerdruck von 43,0 t.

### 5. Verankerung der Träger mit dem Mauerwerk.

a) Die **wagerechte** Verankerung des Trägers mit dem Mauerwerk wird beim Auftreten von Kräften in der Trägerlängsachse (z. B. durch Stöße und Erschütterungen der Maschinen bei Fabrikdecken, Brems- und Anfahrkräfte der Fahrzeuge bei Brücken) sowie bei geringer Mauerstärke (zur Abstützung der Mauern gegeneinander und gegen die Deckenkonstruktion bei Hochbauten) erforderlich. Sie erfolgt je nach der Größe der auftretenden Kräfte durch:

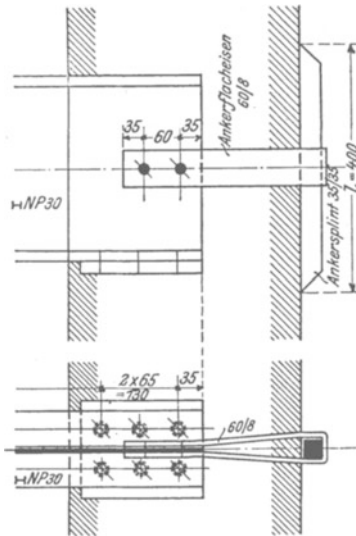


Fig. 115.

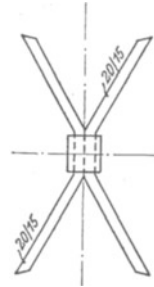
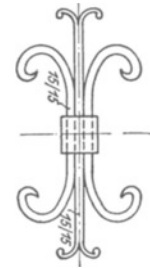
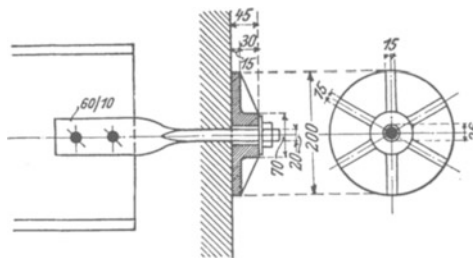
Fig. 115<sup>a</sup>.Fig. 115<sup>b</sup>.

Fig. 116.

a) Ankerflacheisen ( $50/8$  bis  $100/12$ ) und Ankersplinte ( $20/20$  bis  $50/50$  bei 400 bis 600 mm Länge) nach Fig. 115; der Splint ist entweder einteilig (Fig. 115) oder mehrteilig (Fig. 115<sup>a</sup> u. <sup>b</sup>) und kann sowohl außerhalb als auch innerhalb der Mauer liegen; oft wird er auch durch runde oder rechteckige gußeiserne Ankerplatten (Fig. 116) ersetzt, wobei dann das Ankerflacheisen am Ende rund ausgeschmiedet und mit Gewinde versehen wird.

β) Auf- oder untergelegte (Fig. 117<sup>a</sup> u. <sup>b</sup>) oder auch seitlich angelegte (Fig. 117<sup>c</sup>) Winkeleisen von 100 bis 400 mm Länge oder noch einfacher durch einen durch den Steg gesteckten Rundeisensplint (Fig. 117<sup>d</sup>) von 20 bis 30 mm  $\phi$  und 100 bis 300 mm Länge.

γ) Eine Mauerlatte (Fig. 118), d. i. ein über die ganze Mauer durchlaufender Balken, der bei geringer Mauerstärke gleichzeitig die Auflagerdrücke der einzelnen Träger durch seinen Biegungswiderstand möglichst



gleichmäßig auf die ganze Länge der Mauer verteilen soll und daher zweckmäßig H-Form erhält.

b) Die **senkrechte** Verankerung des Trägers mit dem Mauerwerk wird beim Auftreten negativer Stützdrücke erforderlich. Bei Balken auf zwei oder mehreren Stützen muß sie konstruktiv so durchgebildet werden, daß sie die

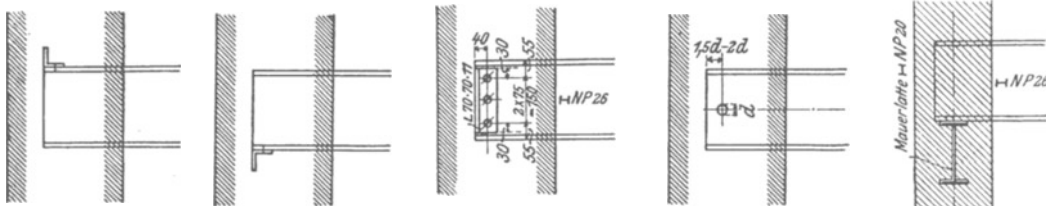
Fig. 117<sup>a</sup>.Fig. 117<sup>b</sup>.Fig. 117<sup>c</sup>.Fig. 117<sup>d</sup>.

Fig. 118.

freie Drehbarkeit und Längsverschieblichkeit des Trägers möglichst wenig hindert; man erreicht das durch Klemmplatten (Fig. 335, vgl. auch Fig. 199), die sich auf den Trägerunterflansch legen und ihn durch ihre Verankerung mit dem Mauerwerk gegen Abheben von der Auflagerplatte sichern. Bei eingemauerten Trägerenden genügt zur Aufnahme kleiner Zugkräfte meist schon die mit dem Trägerunterflansch verschraubte Mauerlatte (Fig. 118), sonst erfolgt die Ausbildung der Verankerung entsprechend Fig. 40<sup>b</sup>.

## II. Fachwerkträger.

### 1. Querschnittsform der Stäbe.

Wirken bei einem Fachwerk nur in den Knotenpunkten Lasten, so wird jeder Stab entweder nur auf Zug oder nur auf Druck beansprucht; greifen dagegen auch zwischen den Knotenpunkten Lasten an oder werden einzelne Stäbe gekrümmt oder endlich einzelne oder auch alle Knotenpunkte biegungsfest ausgeführt, so tritt noch eine Biegungsbeanspruchung hinzu. Man hat daher 3 Fälle zu unterscheiden, je nachdem der Stab auf Zug oder auf Druck oder endlich auf Druck (Zug) und Biegung beansprucht ist.

Die Berechnung der Stabkräfte erfolgt unter der Voraussetzung, daß alle Stäbe in den Knotenpunkten durch reibungslose Gelenke, also frei drehbar miteinander verbunden sind. Die durch diese Stabkräfte in den einzelnen Stäben erzeugten Spannungen nennt man die Grund- oder Hauptspannungen. Da die Verbindung in Wirklichkeit durch feste Vernietung erfolgt, so ist die freie Drehbarkeit der Stabenden aufgehoben; es tritt eine Einspannung der Stäbe in den Knotenpunkten ein. Die Einspannungsmomente rufen in den Stäben zusätzliche Biegunsspannungen hervor, die man die Nebenspannungen nennt. Die Größe dieser Nebenspannungen wächst in erster Linie mit der Größe der Stabbreite. Es gilt daher als Regel, die Breite der Stäbe in der Ebene des Fachwerks nur eben so groß zu wählen, wie die Rücksicht auf die ordnungsmäßige Vernietung und die erforderliche Knicksicherheit verlangt. Bei den Gurtungen genügt hierzu insbesondere je nach der Größe der Spannweite  $L$  eine Stabbreite von  $0,01 L$  bis  $0,0075 L$ .

Bei den Füllungsstäben ist die Querschnittsform des einen Stabes von der des anderen unabhängig. Die Gurtstäbe gehen aber aus konstruktiven Gründen zur Verminderung der Stoßstellen stets über mehrere Felder durch und zwar des Aussehens wegen in tunlichst gleicher Breite; sie müssen deshalb dem Anwachsen der Stabkraft entsprechend allmählich verstärkt werden.

Man wählt daher für die kleinste auftretende Stabkraft einen Grundquerschnitt und führt seine Verstärkung so durch, daß sich die Lage der Schwerachse in den verschiedenen großen Querschnittsflächen möglichst wenig ändert.

Bleibt die Änderung der Gurtstabkraft in engen Grenzen, wie z. B. bei Binderträgern, so führt man den für die größte Stabkraft ermittelten Querschnitt unverändert über alle Felder durch.

#### a) Der Stab wird auf Zug beansprucht.

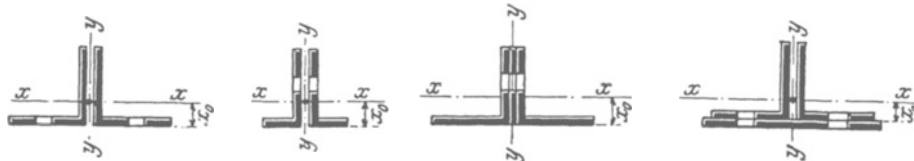
Da man die im Schwerpunkt des Stabquerschnitts angreifende Zugkraft bei der Berechnung der erforderlichen Fläche nach Gl. 1 als über die ganze Fläche gleichmäßig verteilt einführt, so ist diejenige Querschnittsform am günstigsten, bei der die Flächenteile möglichst gleichmäßig und dicht um den Schwerpunkt gelagert sind, eine Forderung, die der runde Querschnitt am vollkommensten erfüllt; daher auch seine Verwendung als Zuganker. Wegen des schwierigen und teuren Anschlusses in den Knotenpunkten findet er aber bei zusammengesetzten Konstruktionen nur ausnahmsweise Verwendung. Dasselbe gilt von dem ihm am nächsten stehenden quadratischen Querschnitt. Beim rechteckigen Querschnitt fällt zwar die Schwierigkeit des Anschlusses fort; trotzdem ist die Verwendung von Flacheisen wegen ihrer geringen seitlichen Steifigkeit für stark beanspruchte Konstruktionsteile grundsätzlich auszuschließen.

Denn bei der geringen Stärke eines Flacheisens kann die genaue Stablänge zwischen zwei Knotenpunkten wegen der seitlichen Ausbiegung des Eisens nur künstlich durch Anspannung erzielt werden. Aber selbst bei künstlich angespannten Flacheisen treten bei Einwirkung der Verkehrslast deutlich sichtbare Schwingungen senkrecht zur Fachwerkebene auf, die sich der ganzen Konstruktion mitteilen und für deren Bestand nichts weniger als zuträglich sind. Der Übelstand wächst, wenn der Querschnitt aus zwei lose nebeneinander liegenden Flacheisen gebildet ist; eine genau gleiche Ablängung beider Eisen zwischen zwei Knotenpunkten ist praktisch undurchführbar, so daß stets das stärker gespannte Flacheisen überanstrengt wird.

Es gilt als Regel, auch die auf Zug beanspruchten Stäbe in rechtwinklig zur Fachwerkebene steifen Profilen auszubilden, wobei die Querschnittsform im allgemeinen symmetrisch zu dieser Ebene ausgebildet wird. Bei der Berechnung der wirklich vorhandenen nutzbaren Fläche sind sämtliche in ein und denselben Querschnitt fallende Nietlöcher abzuziehen; die Zahl dieser Nietlöcher ist aber durch entsprechende zweckmäßige Anordnung möglichst klein zu halten.

Die wichtigsten Querschnittsformen sind:

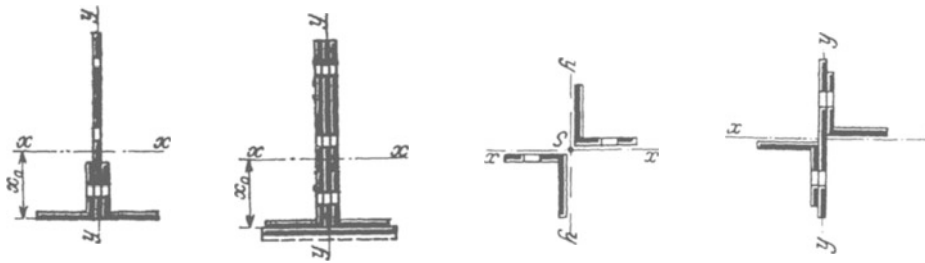
α) Der  $\perp$ -förmige Querschnitt, selten aus einem gewalzten  $\perp$ -Eisen, meist aus zwei gleichschenkligen oder ungleichschenkligen Winkeleisen

Fig. 119<sup>a</sup>.Fig. 119<sup>b</sup>.Fig. 119<sup>c</sup>.Fig. 119<sup>d</sup>.

(Fig. 119<sup>a u. b</sup>) oder aber aus Stehblech und Winkeleisen (Fig. 120<sup>a</sup>) gebildet. Die Verstärkung des Grundquerschnitts erfolgt durch senkrechte Flacheisen (Fig. 119<sup>c</sup> und 120<sup>b</sup>) und Lamellen (Fig. 119<sup>d</sup> und 120<sup>b</sup>).

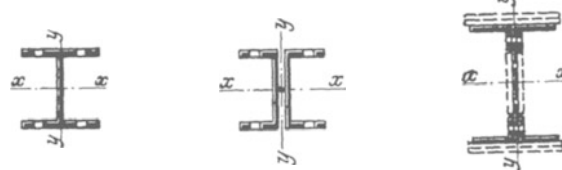
Der Lichtabstand der nebeneinanderliegenden Winkelisen (Fig. 119<sup>a</sup> u. <sup>b</sup>) beträgt meist nur 8 bis 16 mm; die Instandhaltung des Anstrichs ist daher schwierig. Bei im Freien oder in Räumen mit stark säurehaltiger Luft liegenden Konstruktionen ist der Zwischenraum zwischen beiden Winkeln stets nach Fig. 119<sup>c</sup> durch ein Flacheisen zu schließen.

$\beta$ ) Der  $\perp$ -förmige Querschnitt, aus zwei gleichschenkligen oder ungleichschenkligen Winkelisen (Fig. 121<sup>a</sup>) gebildet; die Verstärkung erfolgt

Fig. 120<sup>a</sup>.Fig. 120<sup>b</sup>.Fig. 121<sup>a</sup>.Fig. 121<sup>b</sup>.

durch senkrechte oder wagerechte Flacheisen (Fig. 121<sup>b</sup>) bzw. durch Hinzufügung von zwei weiteren Winkelisen.

$\gamma$ ) Der  $\text{H}$ -förmige Querschnitt, gebildet aus gewalzten  $\text{H}$ -Eisen (Normalprofilen oder breitflanschtigen Trägern, Fig. 122<sup>a</sup>) oder aus zwei nebeneinanderliegenden  $\text{L}$ -Eisen (Fig. 122<sup>b</sup>) oder endlich aus Stehblech und Winkelisen (Fig. 122<sup>c</sup>). Die Verstärkung der Grundquerschnitte erfolgt durch Flacheisen und Lamellen, wie in Fig. 122<sup>c</sup> gestrichelt angedeutet.

Fig. 122<sup>a</sup>.Fig. 122<sup>b</sup>.Fig. 122<sup>c</sup>.

$\delta$ ) Der kastenförmige (zweiwandige) Querschnitt, gebildet durch Verdoppelung oder Auseinanderrücken der vorhergenannten Querschnitte (Fig. 123 bis 126); die Verstärkung der Grundquerschnitte ist gestrichelt angedeutet. Bei im Freien liegenden Trägern dürfen diese Kästen unten nicht durch

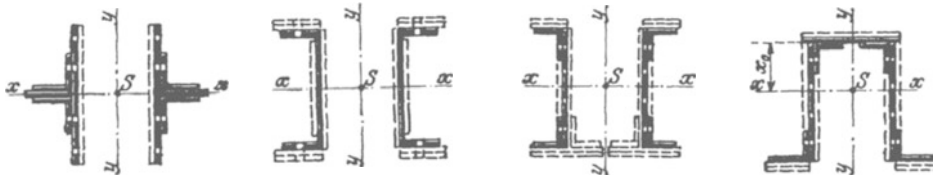


Fig. 123.

Fig. 124.

Fig. 125.

Fig. 126.

eine durchlaufende Lamelle so geschlossen werden, daß sie eine Rinne für das Regenwasser bilden.

Für die Größe des Lichtabstandes der beiden Wandungen ist bei den Gurtungen neben der Knicksicherheit und der Möglichkeit einer ordnungsmäßigen Vernietung vor allem die Abmessung der Füllungsstäbe senkrecht zur Fachwerkebene maßgebend, die

daher bei der Querschnittsermittlung an erster Stelle aus der erforderlichen Fläche und Knicksicherheit festzulegen ist. Je nach der Größe der Spannweite  $L$  wählt man den Lichtabstand zweckmäßig gleich dem 0,9- bis 0,8fachen der Gurtbreite in der Fachwerkebene.

### b) Der Stab wird auf Druck beansprucht.

Die durch die Nietlöcher herbeigeführte Querschnittsverchwächung wird bei der Berechnung der nutzbaren Fläche in der Regel nicht berücksichtigt, weil sich die Druckkraft durch den Nietschaft hindurch übertragen kann.

Da mit der Druckbeanspruchung stets die Gefahr des Ausknickens verbunden ist, so sind (vgl. 4. Kap., B) die Stabquerschnitte so zu wählen, daß einmal die Trägheitsmomente  $J_x$  und  $J_y$  für die beiden Querschnittshauptachsen annähernd gleich groß sind, dann aber die Flächenteile möglichst weit vom Schwerpunkt entfernt liegen, damit der Zahlenwert des Trägheitsmoments möglichst groß wird.

Ist  $S$  die Stabkraft in Tonnen,

$s$  die freie Knicklänge in Meter,

$\mathcal{S}$  der verlangte Sicherheitsgrad gegen Ausknicken, so berechnet sich das für den Stab erforderliche kleinste Trägheitsmoment (in  $\text{cm}^4$ ) unter der Voraussetzung, daß die als reibungslose Gelenke gedachten Endpunkte des Stabes in seiner Achse geführt sind, zu

$$27) \quad J_{\min} = \alpha S s^2,$$

und zwar ist bei Verwendung von Flußeisen für

Hochbaukonstruktionen mit  $\mathcal{S} = 4 : \alpha = 1,82,$

Brücken- und Krankonstruktionen mit  $\mathcal{S} = 5 : \alpha = 2,33.$

Hat umgekehrt der Stab das kleinste Trägheitsmoment  $J_{\min}$  (in  $\text{cm}^4$ ), so berechnet sich seine Sicherheit gegen Ausknicken zu

$$27^*) \quad \mathcal{S} = 2,15 \frac{J_{\min}}{S s^2}.$$

Als freie Knicklänge  $s$  ist die theoretische Stablänge, d. h. die Entfernung der beiden Endknotenpunkte des Stabes einzuführen unter der Voraussetzung, daß diese Punkte nicht nur in, sondern auch rechtwinklig zur Fachwerkebene

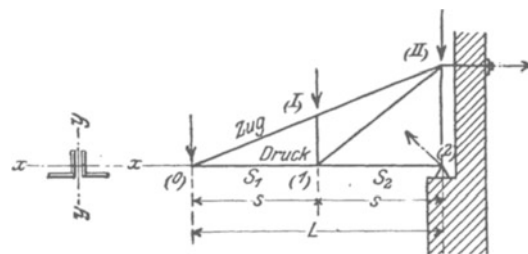


Fig. 127.

hinreichend gegen Ausweichen geschützt sind. Letztere Voraussetzung ist nur dann erfüllt, wenn entweder jeder einzelne Knotenpunkt durch einen nicht in der Trägerebene liegenden Stab an ein in sich und äußerlich unverschiebliches Raumbachwerk (an dessen Stelle auch die feste Erde treten kann) angeschlossen ist, oder aber

wenn der ebene Träger mit einem nicht in seiner Ebene liegenden zweiten Träger durch Wind- und Querverbände zu einem in sich unverschieblichen räumlichen Fachwerkträger verbunden ist.

Ein Beispiel der ungenügenden Sicherung gegen Ausknicken senkrecht zur Träger-ebene bietet der Knotenpunkt (1), der unteren Gurtung des Binders Fig. 127, der in der Obergurtebene (0) — (II) durch einen Windverband und in der senkrechten Ebene (2) — (I),

durch einen Querverband mit seinem Nachbarbinder verbunden ist. Hier ist zwar in der Binderebene zur Berechnung von  $J_{x\ min}$  die freie Knicklänge gleich der Stablänge  $s$ , senkrecht zur Binderebene aber zur Berechnung von  $J_{y\ min}$  die freie Knicklänge gleich  $2s = L$  mit der Stabkraft  $S = \frac{1}{2}(S_1 + S_2)$  einzuführen.

Die wichtigsten Querschnittsformen sind:

$\alpha$ ) Der  $\perp$ -förmige Querschnitt, entweder aus zwei ungleichschenkligen Winkelisen (Fig. 128<sup>a</sup>), für die sich die Bedingung  $J_x = J_y$  annähernd erfüllen läßt, oder aus zwei gleichschenkligen Winkelisen (Fig. 128<sup>b</sup>) oder endlich aus Stehblech und Winkelisen (Fig. 129) gebildet. Über die Schließung

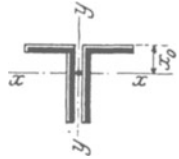
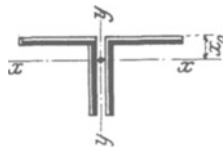
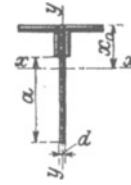
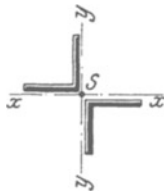
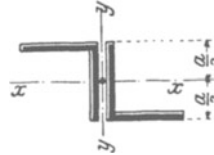
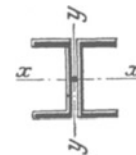
Fig. 128<sup>a</sup>.Fig. 128<sup>b</sup>.

Fig. 129.

des Zwischenraums zwischen den Winkelisen sowie über die Verstärkung dieser Grundquerschnitte gilt das bei den Zugstäben Gesagte.

$\beta$ ) Der  $\perp$ -förmige Querschnitt, gebildet aus zwei gleichschenkligen Winkelisen (Fig. 130<sup>a</sup>), für die sich die Bedingung  $J_x = J_y$  erfüllen läßt, oder aus Stehblech und zwei gleich- oder ungleichschenkligen Winkelisen (Fig. 130<sup>b</sup>). Verstärkung des Grundquerschnitts wie bei den Zugstäben.

Fig. 130<sup>a</sup>.Fig. 130<sup>b</sup>.Fig. 131<sup>a</sup>.Fig. 131<sup>b</sup>.

$\gamma$ ) Der  $\perp$ -förmige Querschnitt, gebildet aus zwei mit abgewendeten Schenkeln angeordneten gleichschenkligen Winkelisen (Fig. 131<sup>a</sup>, zur Vergrößerung von  $J_x$  gegenüber Fig. 128<sup>b</sup>) oder aus gewalztem  $\perp$ -Eisen (Normalprofilen oder breitflanschigen Trägern) oder aus zwei nebeneinanderliegen-

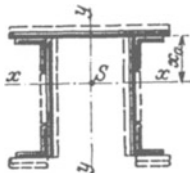


Fig. 132.

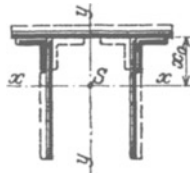


Fig. 133.

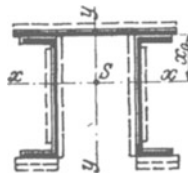


Fig. 134.

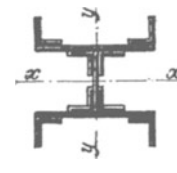


Fig. 135.

den  $\perp$ -Eisen (Fig. 131<sup>b</sup>) oder endlich aus Stehblech und Winkelisen entsprechend Fig. 122<sup>c</sup>.

$\delta$ ) Der kastenförmige (doppelwandige) Querschnitt, gebildet durch Verdoppelung oder Auseinanderrücken der vorher genannten Querschnitte (Fig. 132 bis 135); die Verstärkung der Grundquerschnitte ist gestrichelt ange-

deutet. Für die Größe des Lichtabstandes gilt das bei den Zugstäben Gesagte. Bei den Obergurtstäben ist der Kasten oben stets durch eine Lamelle zu schließen.

**c) Der Stab wird auf Druck (oder Zug) und Biegung beansprucht.**

Erleidet der Stab die Druckkraft  $S$  und das Biegemoment  $M$  (Fig. 136), so ergeben sich die auftretenden Spannungen zu

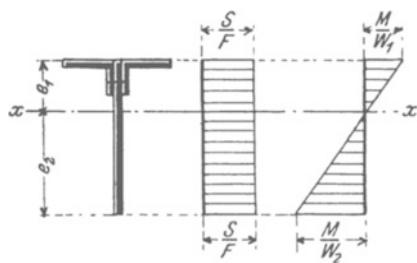


Fig. 136.

$$\sigma_{max} = \frac{S}{F} + \frac{M}{W_1} \quad \text{und}$$

$$\sigma_{min} = \frac{S}{F} - \frac{M}{W_2},$$

wobei  $W_1 = \frac{J_x}{e_1}$  bzw.  $W_2 = \frac{J_x}{e_2}$  das für die oberste bzw. unterste Faser maßgebende Widerstandsmoment ist und die Druckspannungen mit dem Pluszeichen eingeführt sind. Um  $\sigma_{max}$  möglichst klein zu erhalten, muß  $W_1$  möglichst groß,

also  $e_1$  möglichst klein werden, d. h. die Schwerachse  $xx'$  ist nach derjenigen Seite hin zu verschieben, an der die Spannungen aus Stabkraft und Biegemoment das gleiche Vorzeichen haben.

Für solche Stäbe sind daher bezüglich der wagerechten Schwerachse unsymmetrische Querschnitte nach Fig. 128<sup>a</sup>, 129, 132, 133 und 134 vorteilhaft.

Wenn aber nur verhältnismäßig kleine Momente auftreten (z. B. bei Dachbindern, bei Kranträgern mit geringer Nutzlast), verwendet man meist den  $\square$ - bzw.  $\square$ -Querschnitt; der dadurch bedingte Mehraufwand an Gewicht wird durch die Ersparnis der bei den unsymmetrischen Querschnitten erforderlichen Nietarbeit meist reichlich ausgeglichen.





**Aufgabe 15.** Für den in Fig. 61<sup>k</sup> dargestellten, nur in den Knotenpunkten belasteten Binderträger sind die größten Stabkräfte in der nachfolgenden Zahlentafel 1 zusammengestellt; es sollen die Querschnitte sämtlicher Stäbe bestimmt werden.

$$k = 1000 \text{ kg/qcm}; \quad k_s = 750 \text{ kg/qcm} (\nu = 4/3); \quad k_l = 2 k_s; \quad \mathcal{E} = 4 \text{ fach.}$$

**Auflösung.** Die Lösung der Aufgabe erfolgt am übersichtlichsten in einer Zahlentafel, in der die gewählten Querschnitte samt den wirklich vorhandenen Flächen und Trägheitsmomenten und die aus ihnen berechneten tatsächlichen Beanspruchungen und Knicksicherheiten, endlich Durchmesser, Anzahl und Beanspruchung der Niete auf Abscheren und Lochleibungsdruck aufgeführt sind. Zu der in Zahlentafel 1 enthaltenen Lösung der gestellten Aufgabe dienen folgende Erläuterungen.

a) Der Obergurt ist bei dem geringen Unterschied in den Stabkräften einheitlich von I bis IV durchgeföhrt; für seine Querschnittsbestimmung ist daher die größte Stabkraft  $S = 24,4 \text{ t}$  maßgebend. Nach Gl. 1 wird  $F = \frac{24400}{1000} = 24,4 \text{ qcm}$ , nach Gl. 27 mit  $s = \sim 2,8 \text{ m}$ :  $J_{min} = 1,82 \cdot 24,4 \cdot 2,8^2 = 348 \text{ cm}^4$ . Da der gewählte Querschnitt ( $2 \times 100 \cdot 100 \cdot 10$ ) eine Fläche von  $38,4 \text{ qcm}$  und ein kleinstes Trägheitsmoment von  $354 \text{ cm}^4$  hat, so wird die tatsächliche Beanspruchung  $\sigma = \frac{24400}{38,4} = 635 \text{ kg/qcm}$  und die Knicksicherheit  $\mathcal{E} = 4 \cdot \frac{354}{348} = \sim 4 \text{ fach}$ . Nach Gl. 2 wird ferner  $F_s = \frac{4}{3} \cdot 24,4 = 32,5 \text{ qcm}$ , daher mit  $d = 23 \text{ mm}$  und  $\delta = 14 \text{ mm}$  (Zwischenraum zwischen den beiden Winkeleisen) nach Gl. 6:  $z_s = \frac{32,5}{2 \cdot 4,2} = 4 \text{ Stück}$  und nach Gl. 7:  $z_l = \frac{32,5}{2 \cdot 2,3 \cdot 1,4} = 6 \text{ Stück}$ . Bei Wahl von 6 Anschlußnieten ergibt sich daher die tatsächliche Beanspruchung auf Ab-

Zahlentafel I.

|            | Stab   | Größte Stabkraft in t | Gewählter Querschnitt   | Vorhanden an |                               | Tatsächliche         |                 | Knotenblechdicke mm | Der doppelschnittigen Niete |        |                                    | Bemerkungen |   |
|------------|--------|-----------------------|---|--------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------|--------|------------------------------------|-------------|---|
|            |        |                       |   | Fläche qcm   | Trägheitsmom. cm <sup>4</sup> | Beanspruchung kg/qcm | Knicksicherheit |                     | Durchmesser mm              | Anzahl | Beanspruchung auf Abscheren kg/qcm |             | Lochleibungsdruck kg/qcm  |
| Obergurt   | 0—I    | -24,4                 | <br>2 ∠ 100·100·10 | 38,4         | 354                           | 635                  | 4               | 14                  | 23                          | 6      | 480                                | 1260        |   |
|            | I—II   | -23,3                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | II—III | -22,2                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | III—IV | -21,1                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
| Untergurt  | 0—1    | +22,0                 | <br>2 ∠ 70·70·11   | 24,2         |                               | 910                  |                 |                     | 20                          | 6      | 580                                | 1310        |   |
|            | 1—2    | +18,7                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | 2—2'   | +11,3                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
| Diagonalen | 1—II   | +3,3                  | <br>2 ∠ 55·55·6   | 4,7*)        |                               | 700                  |                 |                     | 16                          | 2      | 410                                | 860         | *) Bei alleiniger Berücksichtigung der in der Trägerebene liegenden Schenkel. |
|            | II—3   | +3,3                  |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | 2—3    | +7,9                  |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | 3—IV   | +11,1                 |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
| Vertikale  | 1—I    | -2,4                  | <br>2 ∠ 55·55·6  | 6,6*)        | 35                            | 360                  | 28              |                     | 16                          | 2      | 300                                | 630         |   |
|            | 2—II   | -4,6                  |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |
|            | 3—III  | -2,4                  |   |              |                               |                      |                 |                     |                             |        |                                    |             |   |

scheren zu  $\sigma_s = \frac{24400}{2 \cdot 6 \cdot 4,2} = \sim 480 \text{ kg/qcm}$  und auf Lochleibungsdruck  $\sigma_l = \frac{24400}{6 \cdot 2,3 \cdot 1,4} = \sim 1260 \text{ kg/qcm}$ . Diese Zahl ist bei dem geringen Unterschied in den Stabkräften für alle Stäbe bis auf Stab III, bis IV, beibehalten.

b) Der Untergurt wird wegen des in Knotenpunkt  $(2)$ , vorhandenen Knicks von  $(0)$  bis  $(2)$  und von  $(2)$  bis  $(2')$  in gleichem Profil durchgeführt. Es wird daher z. B. für Stab  $(0)$  bis  $(2)$  mit  $S_{max} = 22,0 \text{ t}$  nach Gl. 1:  $F = \frac{22000}{1000} = 22,0 \text{ qcm}$ . Der gewählte Querschnitt ( $2 \angle 70 \cdot 70 \cdot 11$ ) hat bei Berücksichtigung der Verschwächung durch 2 Nietlöcher von  $20 \text{ mm } \phi$  die Fläche  $2(14,3 - 2,0 \cdot 1,1) = 24,2 \text{ qcm}$ , daher die tatsächliche Beanspruchung  $\sigma = \frac{22000}{24,2} = \sim 910 \text{ kg/qcm}$ . Die Berechnung der Niete erfolgt genau wie beim Obergurt. Der Stab  $(2)$  bis  $(2')$  ist des Aussehens wegen in gleicher Breite mit geringerer Schenkeldicke ausgeführt; daher seine geringe Beanspruchung.

c) Für die Füllungsstäbe ist hiernach nur noch hinzuzufügen, daß man mit Rücksicht auf eine ordnungsmäßige Vernietung (vgl. 7. Kap.) kleinere Winkel als  $55 \cdot 55 \cdot 6$  vermeidet, daß man ferner bei der Berechnung der tatsächlichen Beanspruchung auf Lochleibungsdruck für  $\delta$  den Wert  $2 \times 6 = 12 \text{ mm}$  (d. i. die Summe der beiden Schenkeldicken) einzuführen, und daß man mindestens 2 Anschlußniete zu wählen hat, auch

Zählentafel 2.

| Stab   | Größte Stabkraft in t | Gewählter Querschnitt | Vorhanden an |                                 | Tatsächliche         |                  | Der einschnittigen Niete |        |                                    | Bemerkungen |     |   |
|--------|-----------------------|-----------------------|--------------|---------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|--------|------------------------------------|-------------|-----|---|
|        |                       |                       | Fläche qcm   | Trägheitsmoment cm <sup>4</sup> | Beanspruchung kg/qcm | Knick-sicherheit | Durchmesser mm           | Anzahl | Beanspruchung auf Abscheren kg/qcm |             |     |   |
| I—II   | - 112,2               |                       | 2            | NP. 24                          | 132,6                | $J_x = 12020$    | 850                      | 19     | 36                                 | 750         |     |   |
| II—III | - 112,2               |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     | + 400                                     |
| III—IV | - 141,0               |                       | 2            | NP. 24                          | 172,6                | $J_x = 14580$    | 820                      | 18     | 44                                 | 770         |     |   |
| 0—1    | + 66,8                |                       | 2            | 200 · 100 · 16                  | 84,0                 |                  | 800                      |        | 22                                 | 730         |     |   |
| 1—2    | + 66,8                |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     |   |
| 2—3    | + 136,2               |                       | 2            | 200 · 100 · 16                  | 158,8                |                  | 860                      |        | 44                                 | 750         |     |   |
| 3—4    | + 136,2               |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     | + 2 $\frac{300}{10}$ + 2 $\frac{120}{10}$ |
| 0—I    | - 88,5                |                       | 2            | NP. 24                          | 106,2                | $J_x = 9910$     | 830                      | 9,8    | 23                                 | 28          | 760 |   |
| I—2    | + 65,6                |                       | 2            | NP. 24                          | 75,9                 |                  | 860                      |        | 23                                 | 22          | 720 |   |
| 2—III  | - 46,5                |                       | 2            | NP. 18                          | 56,0                 | $J_x = 2710$     | 830                      | 5,1    | 20                                 | 20          | 740 |   |
| III—4  | + 29,7<br>- 12,9      |                       | 2            | NP. 14                          | 34,4                 | $J_x = 1210$     | 860                      | 8,2    | 16                                 | 20          | 740 |   |
| 1—I    | + 25,3                |                       | 1            | Diff. 20 B                      | 58,4                 | $J_y = 5170$     | 430                      |        | 23                                 | 8           | 760 |   |
| 2—II   | 0                     |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     |   |
| 3—III  | + 25,3                |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     |   |
| 4—IV   | 0                     |                       |              |                                 |                      |                  |                          |        |                                    |             |     |   |

wenn die Rechnung weniger ergibt. Wo nur die in der Trägerebene liegenden Winkelschenkel durch Niete angeschlossen sind, sind bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Fläche auch nur diese Schenkel berücksichtigt.

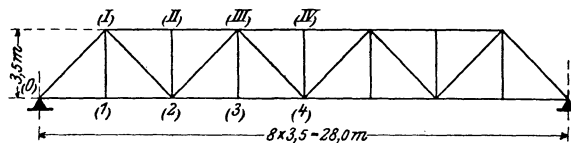
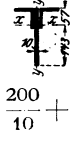
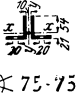






Fig. 137.

Aufgabe 16. Für den in Fig. 137 dargestellten, nur in den Knotenpunkten belasteten Trapezträger (Brückenträger) sind die größten Stabkräfte in Zählentafel 2 zusammen-






Zahlentafel 3.

|                 | Stab    | Größte Stabkraft in t | Größtes Biegemoment cmt | Gewählter Querschnitt   | Vorhanden an |                               |                                 | Tatsächliche         |                  | Knotenblechdicke mm | Der doppel schnittigen Niete |             |                                    | Bemerkungen   |                           |  |  |
|-----------------|---------|-----------------------|-------------------------|---|--------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------|------------------------------------|---|---------------------------|--|--|
|                 |         |                       |                         |   | Fläche qcm   | Trägheitsmom. cm <sup>4</sup> | Widerstandsmom. cm <sup>3</sup> | Beanspruchung kg/qcm | Knick-sicherheit |                     | Durchmesser mm               | Anzahl      | Beanspruchung auf Abscheren kg/qcm |   | Loch-leibungsdruck kg/qcm |  |  |
| Obergurt        | ⊗—II    | — 8,7                 | 84,4                    |    | 43,8         | $J_x = W_u = 1446$            | $W_u = 101$                     | 640                  | 10               | 16                  | 5                            | 400         | 1090                               | $\sigma = \frac{15800}{43,8} - \frac{8440c}{253}$<br>$= -361 - 334$<br>$= \sim -700 \text{ kg/qcm}$<br>$\sigma = \frac{8700}{43,8} + \frac{84400}{101}$<br>$= -200 + 840$<br>$= +640 \text{ kg/qcm.}$ |                           |  |  |
|                 | II—IV   | — 12,6                |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 6                            | 530         | 1320                               |   |                           |  |  |
|                 | IV—VI   | — 14,8                |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 7                            | 530         | 1320                               |   |                           |  |  |
|                 | VI—VIII | — 15,8                |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 8                            | 490         | 1240                               |   |                           |  |  |
| Untergurt       | 0—2     | 0                     | 19,8                    |    | 19,8         |                               |                                 |                      |                  | 16                  | 4                            | 520         | 1300                               |   |                           |  |  |
|                 | 2—4     | + 8,3                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 6                            | 500         | 1250                               |   |                           |  |  |
|                 | 4—6     | + 12,0                |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 7                            | 490         | 1230                               |   |                           |  |  |
|                 | 6—8     | + 13,8                |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
| Hauptdiagonalen | ⊗—2     | + 10,2                |                         |   | 15,2         | $J_x = 67$                    | 670                             |                      |                  | 16                  | 5                            | 510         | 1280                               | *) Bei alleiniger Berücksichtigung der Trägerebene liegen den Schenkel.   |                           |  |  |
|                 | II—4    | + 6,0                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              | 500         | 1250                               |   |                           |  |  |
|                 | IV—6    | + 4,4<br>— 0,3        |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 6,9*)                        | $J_y = 165$ |                                    |   | 3                         |  |  |
|                 | VI—8    | + 3,3<br>— 1,5        |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             | 15                                 |   |                           |  |  |
| Nebendiagon.    | 1—II    | + 3,3                 |                         |  | 4,7*)        |                               | 700                             |                      |                  | 16                  | 3                            | 280         | 690                                |   |                           |  |  |
|                 | 3—IV    | + 2,9                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 5—VI    | + 2,8                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 7—VIII  | + 2,7                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
| Hauptvertikale  | 0—⊗     | — 5,8                 |                         |  | 9,1*)        | 67                            | 660                             |                      |                  | 16                  | 3                            | 480         | 1210                               |   |                           |  |  |
|                 | 2—II    | — 4,4                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 4—IV    | — 3,4                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 6—VI    | — 2,6                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 8—VIII  | — 3,7                 |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             | 6,8                                |   |                           |  |  |
| Nebenvertikale  | 1—I     | — 3,4                 |                         |  | 4,7*)        | 35                            | 720                             | 15                   |                  | 16                  | 3                            | 280         | 710                                |   |                           |  |  |
|                 | 3—III   |                       |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 5—V     |                       |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |
|                 | 7—VII   |                       |                         |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                              |             |                                    |   |                           |  |  |

gestellt; es sollen die Querschnitte sämtlicher Stäbe bestimmt werden.  $k = 870 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 0,9 k$  ( $\nu = 10/9$ );  $k_l = 2 k_s$ ;  $\zeta = 5$  fach.

**Auflösung.** Zwei Brückenträger sind durch Anordnung eines Windverbandes in der Untergurtebene zu einem räumlichen Fachwerkträger vereinigt; mit Rücksicht auf die freie Durchfahrt sind die Querverbände als offene Halbrahmen (Fig. 73) ausgebildet. Die Vertikalen erleiden daher als Glieder dieser Halbrahmen Biegunsspannungen; ihre

Zahlentafel 4.

| Stab  | Größte Stabkraft in t | Größtes Biegemoment in cmt | Gewählter Querschnitt   | Vorhanden an |                               |                                 | Tatsächliche         |                  | Knotenblechdicke mm | Der einschnittigen Niete |        |   | Bemerkungen   |
|-------|-----------------------|----------------------------|---|--------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|--------------------------|--------|---|---|
|       |                       |                            |   | Fläche qcm   | Trägheitsmom. cm <sup>4</sup> | Widerstandsmom. cm <sup>3</sup> | Beanspruchung kg/qcm | Knick-sicherheit |                     | Durchmesser mm           | Anzahl | Beanspruchung auf Abscheren kg/qcm  |   |
| 0—I   | - 10,3                | - 14,0                     | <br>1 □ NP. 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 17,3         | $J_x = 287$                   | $W_x = 55$                      | 860                  | 12 bzw. 10       | 7                   | 7                        | 7      | 740   | $\sigma_{max} = \frac{10\,300}{17,3} + \frac{14\,000}{55} = 600 + 255 = \sim 860 \text{ kg/qcm.}$ |
| I—II  | - 9,7                 | - 2,7                      |   |              | $J_y = 61$                    |                                 |                      |                  |                     | 16                       | 7      | 700   |   |
| I—III | - 9,2                 | - 1,3                      |   |              | 61                            |                                 |                      |                  |                     | 7                        | 7      | 670   |   |
| 0—1   | + 9,0                 |                            | <br>1 □ NP. 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> | 14,1         |                               |                                 | 640                  |                  |                     |                          | 6      |   |   |
| 1—2   | + 9,0                 |                            |   |              |                               |                                 |                      |                  | 16                  | 6                        | 750    |   |   |
| 2—2'  | + 8,7                 |                            |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     | 6                        |        |   |   |
| I—2   | + 0,3                 | - 0,2                      | <br>1 < 65 · 65 · 7 3,4*)                 | 3,4*)        | 14                            | 90                              | 20                   | 16               | 16                  | 75                       | 2      | *) Bei alleiniger Berücksichtigung des in der Träger-ebene liegenden Schenkels. |   |
| 2—II  | - 0,3                 |                            |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                          | 2      |   |   |
| II—3  | + 0,2                 | - 0,3                      |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                          | 2      |   |   |
| 3—III | + 0,3                 | - 0,2                      |   |              |                               |                                 |                      |                  |                     |                          | 2      |   |   |

Berechnung ist in Aufg. 79 des 11. Kap. durchgeführt. Aus ihrer Querschnittshöhe von 200 mm ergab sich der Lichtabstand des doppelwandigen Gurtquerschnitts zu 220 mm (200 + 2 Bleche von je 10 mm Stärke). Die weitere Lösung ist in Zahlentafel 2 durchgeführt. Da die Anschlußniete hier einschnittig sind, überall aber  $\delta > \frac{\pi}{8} d$  (Gl. 5) ist, so erübrigt sich die Berechnung des Lochleibungsdrucks.

**Aufgabe 17.** Für den in Fig. 138 dargestellten, auch zwischen den Knotenpunkten durch die Krannutzlast belasteten Kranträger (Halbparabelträger) sind die größten Stabkräfte und Biegemomente in Zahlentafel 3 zusammengestellt; es sollen die Quer-

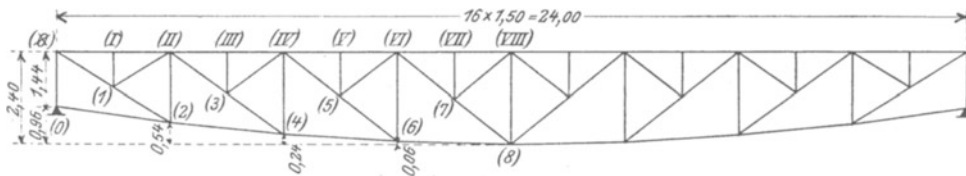


Fig. 138.

schnitte sämtlicher Stäbe bestimmt werden.  $k = 750 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 0,9 k$  ( $\nu = 10/9$ );  $k_t = 2 k_s$ ;  $\mathcal{E} = 5$  fach.

**Auflösung.** Die Lösung ist in Zahlentafel 3 durchgeführt. Der Obergurt ist mit Rücksicht auf die zusätzliche Biegebbeanspruchung durch die Krannutzlast T-förmig ausgebildet; bei der in der letzten Spalte durchgeführten Berechnung der größten auftretenden Spannungen bedeutet das Pluszeichen eine Zug-, das Minuszeichen eine Druckspannung. Kleinere Winkelprofile als 55 · 55 · 6 sind mit Rücksicht auf die ordnungsmäßige Vernietung auszuschließen. Die Zahl der Anschlußniete muß mindestens 3 sein,

auch wenn die Rechnung weniger ergibt. Bei den Füllungsstäben sind dort, wo nur die in der Trägerebene liegenden Winkelschenkel durch Niete angeschlossen sind, bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Fläche auch nur diese Schenkel berücksichtigt.

**Aufgabe 18.** Für den in Fig. 139 dargestellten Tonnendachbinder, dessen Obergurt stetig nach einem Kreisbogen gekrümmt ausgeführt und auch mitten zwischen den Knotenpunkten belastet ist, sind die größten Stabkräfte und Biegemomente (zusammengesetzt aus dem Einfluß der Stabkrümmung und der Zwischenbelastung) in Zahlentafel 4 zusammengestellt; es sollen die Querschnitte sämtlicher Stäbe bestimmt werden.  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 750 \text{ kg/qcm}$  ( $\nu = 1/3$ );  $k_t = 2 k_s$ ;  $\odot = 4$  fach.

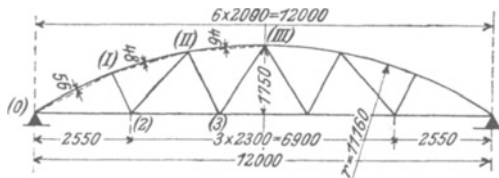


Fig. 139.

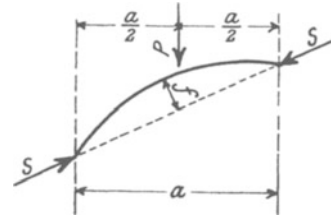


Fig. 140.

**Auflösung.** Die Lösung ist in Zahlentafel 4 durchgeführt. Der Obergurt ist auch in der Mitte der Fachweite  $a = 2,0 \text{ m}$  belastet und erhält daher nach Fig. 140 das Moment  $M = \frac{Pa}{4} - S_f$ ; im vorliegenden Falle überwiegt für alle Gurtstäbe der Einfluß der Stabkrümmung. In der Binderebene ist zur Berechnung von  $J_x \min$  die ganze Stablänge  $s$ , senkrecht zur Binderebene aber zur Berechnung von  $J_y \min$  nur die halbe Stablänge  $s/2$  als freie Knicklänge einzuführen, da die die Last  $P$  in Stabmitte übertragende Pfette ein Ausweichen senkrecht zu Binderebene verhindert.

Wegen der geringen Größe der Diagonalspannkkräfte sind die Querschnitte ausnahmsweise einteilig ausgeführt. Da nun aber zwei benachbarte Binder nur in der Ebene ihrer Obergurte durch einen Windverband miteinander verbunden sind, so müßten zur Herbeiführung der inneren Unverschieblichkeit des aus beiden Bindern gebildeten Raumbauwerks zwischen den benachbarten Knotenpunkten der Untergurte Querverbände (Fig. 72) bzw. biegungsfeste Querrahmen (Fig. 73) angeordnet werden. Diese Querverbände läßt man aber bei Dachkonstruktionen immer dann fehlen, wenn in den Knotenpunkten des Untergurtes nennenswerte äußere Kräfte nicht angreifen. Es ist dann aber besonders bei einteiligem Untergurtquerschnitt (also bei kleinem  $J_y$ ) zweckmäßig, die Füllungsstäbe kräftiger auszubilden als die Rechnung verlangt, damit sie durch ihren senkrecht zur Binderebene vergrößerten Biegezugwiderstand die fehlenden Querverbände wenigstens teilweise ersetzen.

Da für die angeordnete einschnittige Vernietung überall  $\delta < \frac{\pi}{8} d$  (Gl. 5) ist, so erübrigt sich die Berechnung des Lochleibungsdrucks.

## 2. Ausbildung der Knotenpunkte.

a) Die Achsen sämtlicher an einem Knotenpunkt zusammenstreichenden Stäbe müssen sich in ein und demselben Punkt, nämlich dem Knotenpunkt selbst schneiden.

Denn die in den Stabachsen wirkenden Kräfte, z. B.  $S_1$  bis  $S_5$  in Fig. 141, sind an dem betrachteten Knotenpunkt im Gleichgewicht; sie müssen daher nicht nur ein geschlossenes Kräfteviereck (Fig. 141<sup>a</sup>) bilden, sondern auch jede für sich in bezug auf den als reibungsloses Gelenk vorausgesetzten Knotenpunkt als Drehpunkt das Moment Null haben, d. h. durch diesen Drehpunkt gehen.

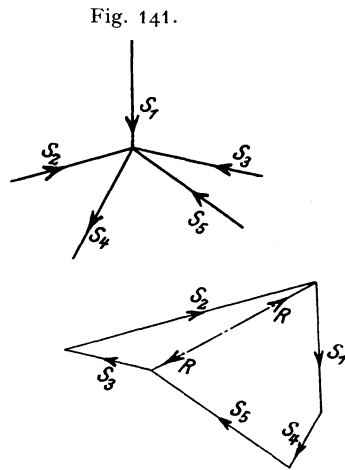
b) Die Richtungslinie der Stabkraft muß durch den Schwerpunkt des der Ausführung zugrunde gelegten Querschnitts gehen.

Denn die bei der Querschnittsberechnung gemachte Voraussetzung einer gleichförmigen Verteilung der Stabkraft über die ganze Querschnittsfläche bedingt, daß die Kraft im Schwerpunkt dieser Fläche angreift.

Nur bei wenig beanspruchten, aus zwei nebeneinanderliegenden Winkeleisen gebildeten Querschnitten läßt man wohl die Richtungslinie der Stabkraft mit der Wurzelinie zusammenfallen, wenn zur Übertragung der Kraft schon die in der Trägerebene liegenden Winkelschenkel allein ausreichen, die senkrecht zu dieser Ebene stehenden Schenkel also nur die seitliche Steifigkeit des Stabes herbeiführen sollen.

In der Regel müssen auch die Schwerpunkte der Querschnitte sämtlicher Stäbe in ein und derselben Ebene, nämlich in der Ebene des Fachwerks selbst liegen; aus dieser Bedingung folgt die Notwendigkeit, alle Stabquerschnitte symmetrisch zu dieser Ebene auszubilden. Nur bei gering beanspruchten ebenen Trägern (vgl. Aufg. 18) sowie bei räumlichen Fachwerkkonstruktionen (Turm- und Kuppelbauten, Wind- und Querverbänden) weicht man von dieser Regel ab.

Ändert sich die Lage des Schwerpunkts bei einem über mehrere Fachweiten durchlaufenden Stab (z. B. beim Obergurt der Aufgabe 16), so läßt man die Richtungslinie der Stabkraft mit einer gemittelten Schwerpunktslage zusammenfallen (vgl. Aufg. 20).



c) In den Knotenpunkten läßt man die Gurtstäbe als die am stärksten beanspruchten Konstruktionsteile möglichst ununterbrochen durchgehen; die Füllungsstäbe werden dagegen in den Knotenpunkten senkrecht zu ihrer Achse abgeschnitten und entweder an das durchlaufende Gurtstehblech oder an ein besonderes Knotenblech angeschlossen, das 7 bis 24 mm Stärke erhält und einteilig bzw. bei kastenförmigen Querschnitten zwei- oder mehrteilig ausgebildet ist. Jeder einzelne Teil eines Füllungsstabes muß dabei mit so viel Nieten angeschlossen werden, wie dem auf ihn entfallenden Teil der ganzen Stabkraft entspricht, vorausgesetzt, daß die ganze Querschnittsfläche zur Aufnahme der Stabkraft erforderlich ist; die senkrecht zum Knotenblech liegenden Querschnittsteile erfordern dabei besondere Anschlußwinkel (Fig. 17), in deren einem Schenkel zweckmäßig ein oder zwei Niete mehr als erforderlich angeordnet werden. Genügt dagegen zur Aufnahme der ganzen Stabkraft schon der in der Trägerebene liegende Querschnittsteil, so genügt es, auch nur diesen anzuschließen. Die Berechnung der erforderlichen Nietanzahl ist bereits bei der Querschnittsbestimmung der Stäbe durchgeführt. Zum Anschluß sind bei Hochbaukonstruktionen mindestens zwei, bei Brücken- und Kranbauten mindestens drei Niete zu wählen, auch wenn die Rechnung weniger ergibt. Die Anschlußniete müssen stets symmetrisch zur Stabachse angeordnet sein.

Die Größe und Stärke des Knotenblechs ist so zu wählen, daß die erforderliche Querschnittsfläche eines jeden angeschlossenen Stabes auch wirklich durch den anteiligen Querschnitt des Knotenblechs ersetzt wird. Sämtliche Ecken des Blechs, das im übrigen eine möglichst einfache Umrißform erhalten soll, müssen durch die Fachwerkstäbe verdeckt liegen oder aber mit den Kanten dieser Stäbe zusammenfallen.

Die Mittelkraft  $R$  der an das Knotenblech angeschlossenen Füllungsstäbe ( $S_1$ ,  $S_4$  und  $S_5$  in Fig. 141) muß mit der gleich großen Mittelkraft der beiden

in dem betrachteten Knotenpunkt angreifenden Gurtkräfte ( $S_2$  und  $S_3$ ) im Gleichgewicht sein; daher muß das Knotenblech mit so viel Nieten an die durchlaufende Gurtung angeschlossen werden, wie der größten Mittelkraft  $R_{max}$  entspricht, und zwar tunlichst gleichmäßig an alle Teile des Gurtungsquerschnitts. Die aus  $R_{max}$  errechnete Nietanzahl muß aber, um das Knotenblech zwischen den Nieten zur dichten Anlage an die Gurtstäbe zu bringen, immer dann vermehrt werden, wenn sich der Nietabstand für Druckstäbe größer als das 6fache, für Zugstäbe größer als das 8fache des Nietdurchmessers ergibt.

**Aufgabe 19.** Es ist der Knotenpunkt (II), der oberen Gurtung des Binderträgers Fig. 61<sup>k</sup> zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 1).

**Auflösung.** Die Darstellung des Knotenpunkts zeigt Fig. 142. Nachdem die fünf am Punkt (II), zusammentreffenden Stabachsen strichpunktiert aufgetragen sind, entnimmt man den Normalprofiltabellen den Abstand der Schwerpunkte der gewählten Querschnitte von der Winkelkante, und zwar 28 mm für die Gurtstäbe  $100:10$ , 17 mm für den Vertikalstab  $60:6$  und 16 mm für die Diagonalstäbe  $55:6$ . Hiermit werden sämtliche Winkeleisen mit ihren Wurzelmassen eingezeichnet, die Gurtstäbe durchlaufend, die Zwischenstäbe aber an der Zusammenstoßstelle mit den Gurtwinkeln senkrecht zu

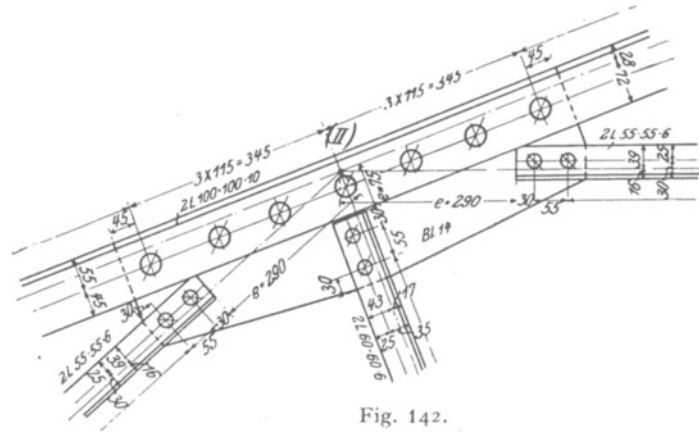


Fig. 142.

ihrer Achse abgeschnitten. Das Maß  $e$  vom Knotenpunkt bis zum Ende des Füllungsstabes wird zweckmäßig so gewählt, daß sich für die ganze Länge der Winkeleisen ein auf 5 oder 0 abgerundetes Maß ergibt. Darauf wird in jedem Füllungsstab die in Zahlentafel 1 berechnete Nietanzahl eingezeichnet; da hier zur Übertragung der Stabkraft bei allen drei Stäben die in der Trägerebene liegenden Winkelschenkel genügen, so sind auch nur diese angeschlossen. Der Abstand der Niete vom Stabende wird zu  $2d$ , die Teilung zu  $3d$  bis  $3,5d$  gewählt, wobei alle Nietmaße auf 5 oder 0 abgerundet werden.

Endlich werden die Abmessungen des Knotenblechs in tunlichst runden Maßen und so festgelegt, daß seine Ränder überall annähernd um  $2d$  von den äußersten Nieten der angeschlossenen Stäbe abstehen. Die Stärke des Knotenblechs ist zu  $\pi/4 \cdot 16 = \sim 14$  mm gewählt, damit für den kleinsten Nietdurchmesser  $d = 16$  mm die Bedingung  $\delta \geq \pi/4 \cdot d$  erfüllt ist. Die anteilige Querschnittsfläche des Knotenblechs ergibt sich dann für den Vertikalstab zu  $6,0 \cdot 1,4 = 8,4$  qcm bzw. für die Diagonalstäbe zu  $5,5 \cdot 1,4 = 7,7$  qcm, während nach Aufgabe 15 nur 4,6 bzw. 3,3 qcm erforderlich sind.

Da die beiden Gurtstäbe hier in ein und dieselbe gerade Linie fallen, ergibt sich die Resultierende  $R_{max}$  gleich der Differenz ihrer Stabkräfte, also nach Zahlentafel 1 zu  $R_{max} = 23300 - 22200 = 1100$  kg, zu deren Aufnahme schon 1 Niet von 23 mm  $\phi$  genügen würde. Da aber für Druckstäbe  $t_{max} \leq 6d$  sein soll, so ergibt sich aus der vorher schon festgelegten Länge des Knotenblechs eine Teilung  $t = 115$  mm  $= 5d$ .

Für die Ausführung in der Werkstatt wird der ganze Binder bis zur Mitte in der erläuterten Weise im Maßstabe 1:10, die Knotenbleche aber für sich noch besonders mit allen Bohrungen in natürlicher Größe aufgezeichnet.

**Aufgabe 20.** Es ist der Knotenpunkt (III), der oberen Gurtung des Trapezträgers Fig. 137 zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 2).

**Auflösung.** Die Darstellung des Knotenpunkts zeigt Fig. 143. Für die drei Füllungsstäbe liegt der Schwerpunkt in der Mitte; für die Gurtstäbe liegt er links 74 mm, rechts 53 mm von Oberkante  $\square$  NP. 24 entfernt; als Mittelwert ist die Entfernung von 60 mm gewählt, damit die Schwerachse des stärker beanspruchten Gurtstabes (III)—(IV), der gemittelten Stabachse möglichst nahe liegt.

Anschluß der linken Diagonale (2)—(III). Nach Zahlentafel 2 ist die vorhandene Fläche  $F = 56,0 \text{ qcm}$  ( $2 \square$  NP. 18) und die erforderliche Nietanzahl  $n = 20$ ;

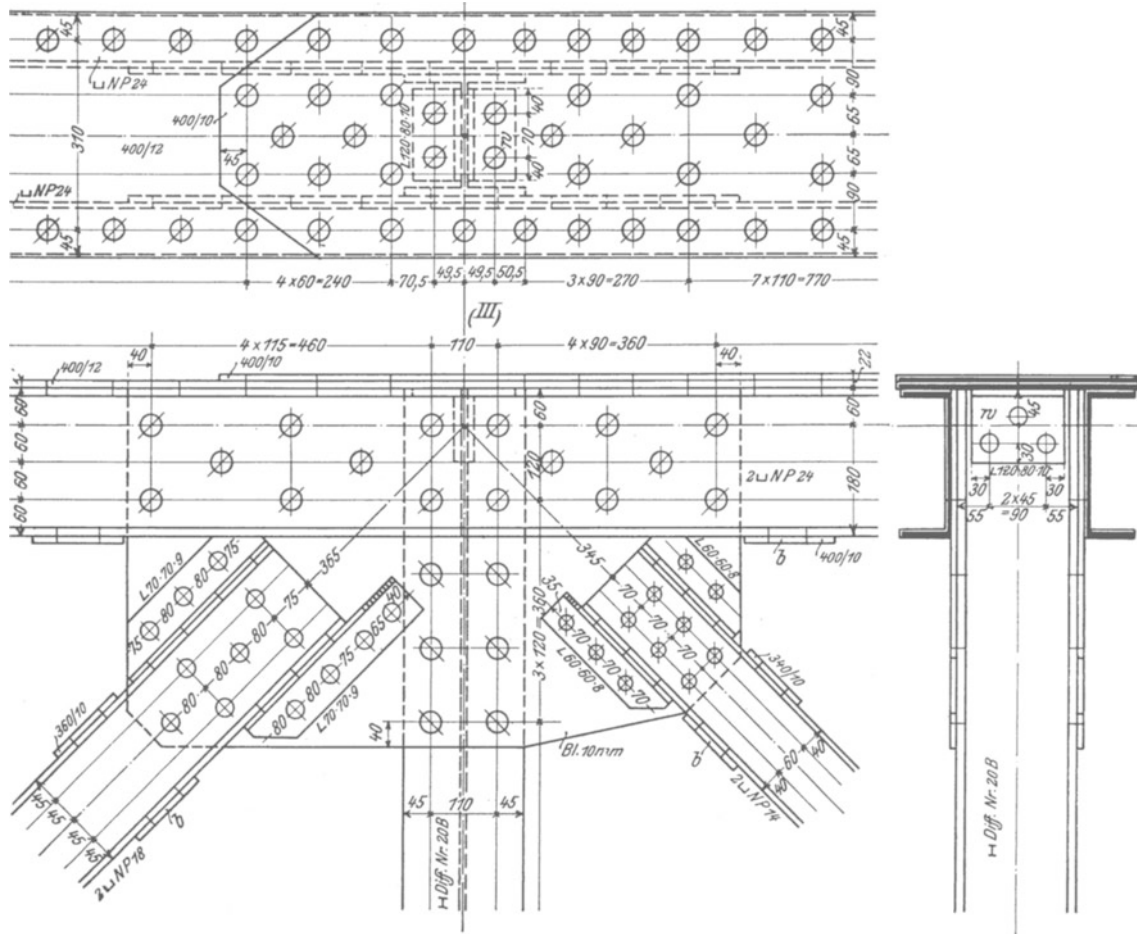


Fig. 143.

daher sind für 1 qcm Fläche  $n = \frac{20}{56,0} = 0,36$  Niete erforderlich; es ergeben sich daher für den Anschluß

eines Steges  $(15,8 \cdot 0,8 = 12,6 \text{ qcm}) \quad 12,6 \cdot 0,36 = 4,$

eines Flansches  $(7,0 \cdot 1,1 = 7,7 \text{ qcm}) \quad 7,7 \cdot 0,36 = 3,$  insgesamt  $2 \times 4 + 4 \times 3 = 20$  Niete.

Zum Anschluß der Flansche sind Hilfswinkel  $70 \cdot 70 \cdot 9$  erforderlich, die im einen Schenkel mit den erforderlichen 3, im anderen aber mit 4 Nieten angeschlossen sind, um sie durch das überschießende Niet mit dem Knotenblech bzw. dem  $\square$ -Eisenflansch vorher zu einem Ganzen zu vereinigen. Entsprechend der durch diese Anschlußwinkel bedingten Größe des Knotenblechs ergibt die regelmäßig durchzuführende Nietteilung ( $4d = 80 \text{ mm}$ ) für den Steg 6 statt der erforderlichen 4 Niete. Der anteilige Querschnitt

der zweiteiligen Knotenbleche berechnet sich zu  $2(18,0 + 2 \cdot 7,0) 1,0 = 64,0$  qcm gegenüber  $56,0$  qcm in den beiden  $\square$  NP. 18.

Anschluß der rechten Diagonale (III), bis (4).  $F = 34,4$  qcm ( $2 \square$  NP. 14);

$n = 20$ ; daher  $\nu = \frac{20}{34,4} = 0,58$  Niete; es ergeben sich daher für den Anschluß

eines Stegs  $(14,0 \cdot 0,7 = 9,8 \text{ qcm}) 9,8 \cdot 0,58 = 6$ .

eines Flansches  $([5,3 - 1,6] \cdot 1,0 = 3,7 \text{ qcm}) 3,7 \cdot 0,58 = 2$ ,

insgesamt  $2 \times 6 + 4 \times 2 = 20$  Niete.

Der Anschluß der Flansche erfolgt durch  $\sphericalangle 60 \cdot 60 \cdot 8$ . Anteiliger Knotenblechquerschnitt  $2(14,0 + 2 \cdot 6,0) 1,0 = 52,0$  qcm gegenüber  $34,4$  qcm in den beiden  $\square$  NP. 14.

Anschluß der Vertikalen (3) bis (III). Das gewählte  $\text{H}$  Diff. 20 B hat in den Flanschen  $2(20,0 - 2 \cdot 2,3) \frac{0,95 + 1,81}{2} = 42,5$  qcm, während nach Aufg. 16 und Zahlentafel 2 nur  $\frac{25 \cdot 300}{870} = 29,1$  qcm erforderlich sind; es genügt daher, nur die Flansche, und zwar

jeden mit  $\frac{8}{2} = 4$  Nieten von  $23 \text{ mm } \phi$  anzuschließen; gewählt sind  $2 \times 6 = 12$  Anschlußniete zur Vermeidung einer zu großen Teilung. Die den Vertikalstab unmittelbar mit dem Gurtstab verbindenden (hier 4) Niete werden zweckmäßig nicht zu den vorhandenen Anschlußnieten gerechnet.

Der Steg der Vertikalen ist stets dann durch Kopfwinkel ( $w$  in Fig. 143) mit den Lamellen des Obergurts zu verbinden, wenn die Knotenbleche (wie in Fig. 143) nur an einen Teil der Gurtung (nämlich hier nur an die Stege der  $\square$  NP. 24) angeschlossen sind. Diese Winkel  $w$  bewirken unter Vermittlung der die Vertikale mit Knotenblech und Gurt verbindenden (daher auch als Anschlußniete für die Vertikale nicht mitzuzählenden) Niete den teilweisen Anschluß der Knotenbleche auch an die Lamellen des Obergurts, wie er hier bei der verhältnismäßig geringen Größe der Diagonalstabkräfte genügt. Treten besonders große Spannkraften in den Füllungsstäben auf (z. B. in Stab (0) bis (I), und (I) bis (2) der Fig. 137), so soll man das Knotenblech möglichst an alle Querschnittsteile der Gurtstäbe durch besondere Hilfwinkel anschließen, die (vgl. Fig. 149 und 150) oben innen zwischen Lamellen und Knotenblechen, unten außen zwischen den Gurtflanschen und Knotenblechen angeordnet werden.

Anschluß des Knotenblechs an den Obergurt. Zur Berechnung der Resultierenden  $R_{max}$  (Fig. 141) macht man zweckmäßig die etwas zu ungünstige Annahme, daß die größten Spannkraften in den beiden Diagonalen gleichzeitig, d. h. bei derselben Stellung der Verkehrslast eintreten; man erhält dadurch einen etwas zu großen Wert für  $R_{max}$ , der aber gerechtfertigt erscheint, weil man voraussetzt, daß sich die in das Knotenblech eingeführte Mittelkraft der Füllungsstäbe über den ganzen Gurtquerschnitt verteilt, während der Anschluß des Knotenblechs in Wirklichkeit nur an einen Teil dieses Querschnitts erfolgt. Da die Gurtstäbe hier in einer Geraden liegen, gegen die die Diagonalen um  $45^\circ$  geneigt sind, so ergibt sich (nach Zahlentafel 2)  $R_{max} = (46,5 + 29,7) \sin 45^\circ = 54,1 \text{ t}$ , so daß mit  $F_s = \frac{10}{9} \cdot \frac{54 \cdot 100}{870} = 69,1 \text{ qcm}$  und  $d = 23 \text{ mm}$  nach Gl. 3:  $n_s = \frac{69,1}{4,2} = 17$  Niete erforderlich sind; zur Vermeidung zu großer Teilungen sind  $2 \times 12 = 24$  Niete angeordnet.

Der Gurtquerschnitt vermehrt sich im Knotenpunkt (III), um eine Lamelle  $400'_{10}$ , die (nach Zahlentafel 2)  $44 - 36 = 8$  Anschlußniete von  $23 \text{ mm } \phi$  erfordert; vorhanden sind 12 Niete bei Nichtzählung der im Winkel  $w$  sitzenden). Um die zur Unterbringung dieser Niete erforderliche Länge ist die hinzukommende Lamelle über den Knotenpunkt (III), hinaus nach links zu verlängern.

Unmittelbar neben dem Knotenblech müssen die beiden Teile eines kastenförmigen Querschnitts sowohl bei Zug- als auch bei Druckstäben durch senkrecht zur Fachwerkebene liegende Bindbleche (b Fig. 143) miteinander verbunden werden, die mit mindestens zwei hintereinandersitzenden Nieten an jeden Flansch anzuschließen sind.

Die Knotenblechstärke ist zu  $\frac{\pi}{8} \cdot 23 = \sim 10 \text{ mm}$  gewählt, um für den größten Nietdurchmesser  $d = 23 \text{ mm}$  die Bedingung  $\delta \geq \frac{\pi}{8} d$  (Gl. 5) zu erfüllen.

**Aufgabe 21.** Es ist der Knotenpunkt (3) der unteren Gurtung des Tonnendachbinders Fig. 139 zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 4).

**Auflösung.** Die Darstellung des Knotenpunkts zeigt Fig. 144. Zur Aufnahme der Stabkräfte in den Füllungsstäben genügen die in der Trägerebene liegenden Winkel-schenkel; daher sind auch nur diese ange-schlossen. Da die Querschnitte einteilig sind, ist einer der Füllungsstäbe bis Unterkante Untergurt durchgeführt (vgl. Aufg. 18). Die Stärke des Knotenblechs ergibt sich mit  $d = 16 \text{ mm}$  zur Erfüllung der Gl. 5 zu  $\frac{\pi}{8} \cdot 16 = \sim 7 \text{ mm}$ . Der anteilige Knotenblechquer-schnitt berechnet sich für jede Diagonale zu  $6,5 \cdot 0,7 = 4,6 \text{ qcm}$  gegenüber  $3,4 \text{ qcm}$  im an-geschlossenen Schenkel des  $\sphericalangle 65 \cdot 65 \cdot 7$ .

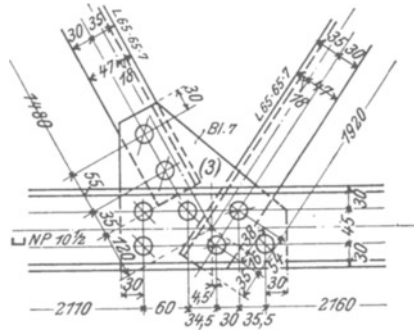


Fig. 144.

unmittelbar an das durchlaufende Stehblech  $\frac{200}{10}$  des Obergurts angeschlossen und nur mit ihren in der Trägerebene liegenden Schenkeln, da diese zur Aufnahme der Stabkraft genügen; der anteilige Knotenblechquerschnitt beträgt  $6,5 \cdot 1,0 = 6,5$  bzw.  $5,5 \cdot 1,0 = 5,5 \text{ qcm}$  gegenüber dem erforderlichen von  $\frac{4400}{750} = 5,9$  bzw.  $\frac{2900}{750} = 3,1 \text{ qcm}$ . Die Ver-

**Aufgabe 22.** Es ist der Knotenpunkt (IV), der oberen Gurtung des Kranträgers Fig. 138 zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 3).

**Auflösung.** Die Darstellung des Knoten-punkts zeigt Fig. 145. Die Füllungsstäbe sind

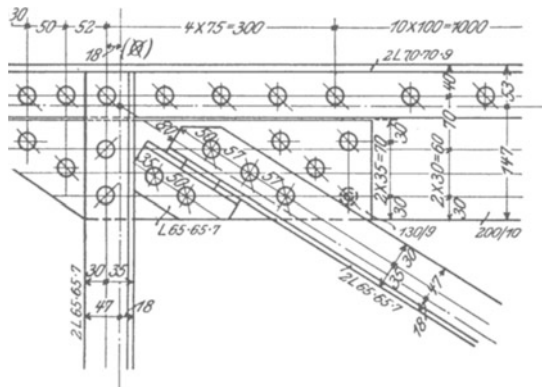


Fig. 146.

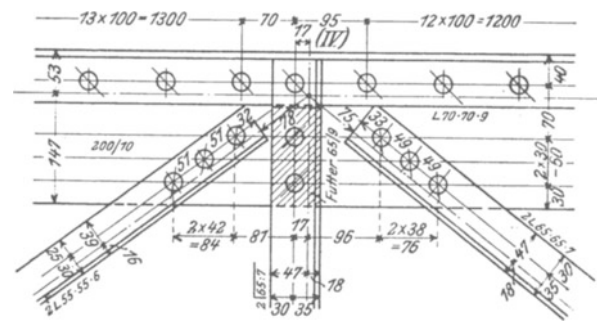


Fig. 145.

tikalwinkel sind zur Aussteifung des Gurtstehblechs mit Futterblechen über die Gurt-winkel durchgeführt

In Fig. 146 ist der Knotenpunkt (III) dieses Kranträgers dargestellt. Die Diago-nale (III) bis (2) muß auch mit ihren senkrecht zur Trägerebene liegenden Winkel-schenkeln durch Hilfswinkel  $65 \cdot 65 \cdot 7$  angeschlossen werden. Um daher das Gurtsteh-blech vor Überbeanspruchung zu schützen, sind die Futter der Fig. 145 beiderseits verlängert und mit dem Stehblech durch besondere Nieten zu einem Ganzen vereinigt. Bei noch größer werdenden Stabkräften in den Füllungsstäben wird die Unterbringung der erforderlichen Anschlußnieten auf die Höhe des Stehblechs oft unmöglich; das Steh-blech wird dann in den Knotenpunkten durch ein Knotenblech ersetzt und an dieses durch Stoßlaschen beiderseits angeschlossen.

d) Die Gurtstäbe werden in den Knotenpunkten gestoßen, wenn

a) der Fachwerkträger als Ganzes in mehrere Einzelteile zerlegt werden muß und zwar mit Rücksicht entweder auf die erhältlichen Walzlängen oder



auf die Art der Montage und die Tragkraft der bei ihr zur Verfügung stehenden Hebezeuge oder endlich auf die durch den Versand bedingten größten Längen- und Breitenabmessungen;

- β) die Stabachse eine nennenswerte Richtungsänderung erleidet;
- γ) bei Ausleger- oder Gerberträgern Gelenke vorhanden sind.

Jeder einzelne Teil des Gurtquerschnitts ist dabei mit der auf ihn entfallenden Nietanzahl durch eine besondere Stoßlasche zu decken; für die in der Trägerebene liegenden Querschnittsteile darf das Knotenblech als Stoßlasche mitbenutzt werden. Auf die Vermeidung von Fugen, die zur Ansamm-

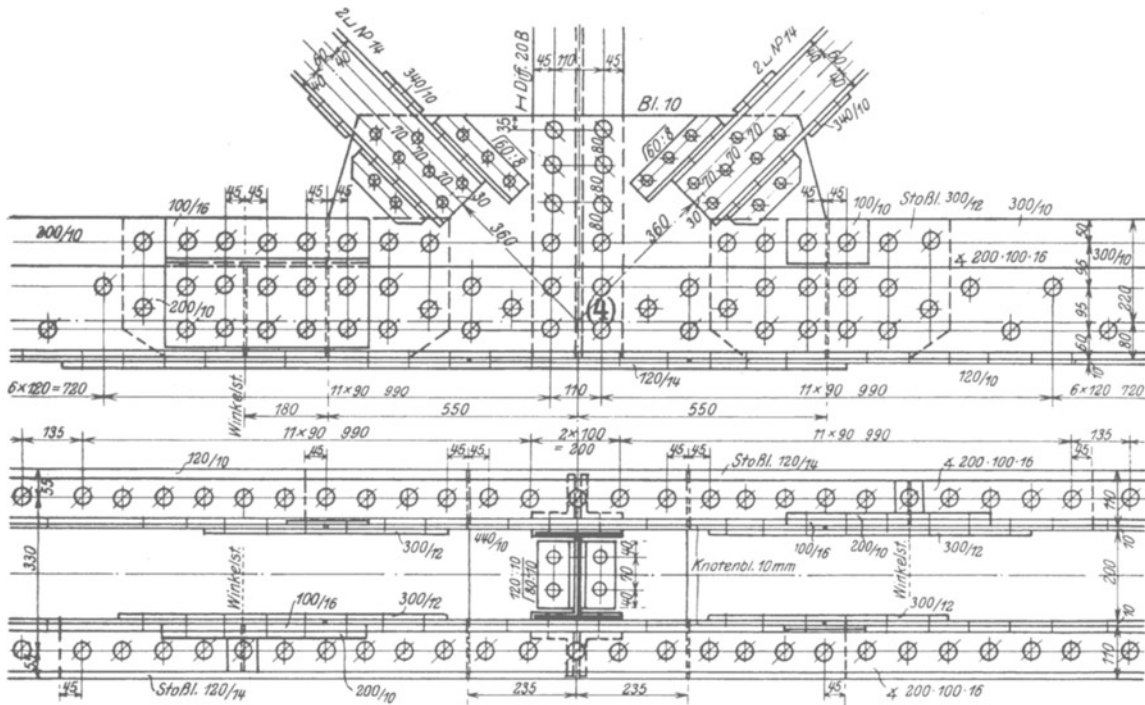


Fig. 147.

lung von Staub, Schmutz und Rost Anlaß geben, ist besonders bei im Freien liegenden Trägern zu achten.

**Aufgabe 23.** Der in Fig. 137 dargestellte Trapezträger ist mit Rücksicht auf erhältliche Walzlängen, Montage und Versand nach der Vertikalen (4) bis (IV), in zwei Teile zerlegt; es ist der Stoß des Untergurts in Punkt (4) zu berechnen und zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 2).

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 147 dargestellt. Nach Zahlentafel 2 ist die vorhandene Fläche  $F = 158,8 \text{ qcm}$   $\left( 2 \frac{300}{10} + 2 \triangleleft 200 \cdot 100 \cdot 16 + 2 \frac{120}{10} \right)$  und die erforderliche Nietanzahl  $n = 44$ ; daher sind für 1 qcm Fläche  $\frac{44}{158,8} = 0,28$  Niete erforderlich; es ergeben sich daher für den Anschluß

$$\text{eines Stehblechs } \begin{cases} (10,0 - 2,3) \cdot 1,0 = 7,7 \text{ qcm} : 7,7 \cdot 0,28 = 2 \\ (20,0 - 2,3) \cdot 1,0 = 17,7 \text{ qcm} : 17,7 \cdot 0,28 = 5 \end{cases}$$

$$\underline{\quad 25,4 \text{ qcm} \quad \quad \quad 7,}$$

$$\begin{array}{l} \text{eines Winkels} \left\{ \begin{array}{l} 10,0 \cdot 1,6 = 16,0 \text{ qcm} : 16,0 \cdot 0,28 = 4 \\ (18,4 - 2,3) \cdot 1,6 = 25,8 \text{ qcm} : 25,8 \cdot 0,28 = 7 \\ \hline 41,8 \text{ qcm} \qquad \qquad 11, \end{array} \right. \\ \text{einer Lamelle} \qquad 12,0 \cdot 1,0 = 12,0 \text{ qcm} : 12,0 \cdot 0,28 = 4, \end{array}$$

insgesamt  $2(7 + 11 + 4) = 44$  Niete.

Das Stehblech ist beiderseits des Knotenpunkts gestoßen und in das mit ihm bündig liegende, 10 mm starke Knotenblech durch innen liegende Laschen  $300/13$  mit  $(30,0 - 3 \cdot 2,3) 1,2 = 27,7$  qcm Fläche mit je 8 Anschlußnieten eingebunden; da bei der Berechnung der wirklich vorhandenen Fläche 2 Niete im Stehblech in Abzug gebracht sind, dürfen in der ersten Nietreihe der Stoßlasche auch nur 2 Niete angeordnet werden. Das außenliegende Flacheisen  $100/10$  bzw.  $100/16$  sichert die offene Fuge gegen Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit.

Die Winkeleisen sind in den beiden Gurtwänden symmetrisch zum Knotenpunkt (4) gestoßen, und zwar der wagerechte Schenkel  $100/16$  durch eine Lamelle  $120/14$  mit 16,8 qcm Fläche und 4 Anschlußnieten, der senkrechte aber durch die innere Stoßlasche  $300/13$  des Stehblechs und eine äußere Stoßlasche  $300/10$  mit  $(1,2 + 1,0)(20,0 - 3 \cdot 2,3) = 28,8$  qcm Fläche und 4 doppelschnittigen Nieten von 23 mm  $\phi$ , die bei 860 kg/qcm tatsächlicher Zugbeanspruchung des Gurtquerschnittes die Beanspruchung  $\sigma_s = \frac{25,8 \cdot 860}{2 \cdot 4 \cdot 4,2}$

$= 660$  kg/qcm (zulässig  $0,9 \cdot 870 = 780$  kg/qcm) und  $\sigma_l = \frac{25,8 \cdot 860}{4 \cdot 2,3 \cdot 1,6} = 1510$  kg/qcm

(zulässig  $2 \cdot 780 = 1560$  kg/qcm) erleiden. Das äußere Flacheisen  $100/16$  dient zur Schließung der sonst entstehenden Rinnenfuge von 16 mm Breite; die innere Lasche  $300/13$  ist um eine Nietreihe über die äußere Lasche verlängert und mit 2 Nieten angeschlossen, ehe in der 1. Reihe des Winkelstoßes der Querschnitt durch 3 Niete verschwächt wird.

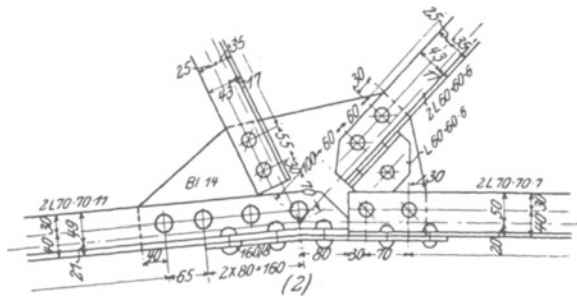


Fig. 148.

Die Lamellen sind am Knotenpunkt durch ein beide Gurtwände verbindendes wagerechtes Bindblech ersetzt, an das die Vertikale wieder durch Winkel  $w$  (vgl. Fig. 143) angeschlossen ist. Der Stoß ist durch die auch für den Stoß der wagerechten Winkelschenkel benutzten Laschen  $120/14$  mit 4 Nieten gedeckt; zwischen Winkel- und Lamellenstoß müssen daher mindestens 4 Niete angeordnet werden (vorhanden 5 Niete).

Die Teilung der in zwei Ebenen erfolgenden Vernietung ist zu  $4d = \sim 90$  mm gewählt.

**Aufgabe 24.** Der in Fig. 61\* dargestellte Binderträger ist mit Rücksicht auf Versand und Montage nach der Linie (2) bis (IV) geteilt; es ist der Stoß im Knotenpunkt (2) des Untergurts zu berechnen und zu entwerfen (vgl. Zahlentafel 1).

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 148 dargestellt. Die senkrechten Winkelschenkel sind durch das 14 mm starke Knotenblech, die wagerechten durch eine besondere Stoßlasche  $160/8$  mit  $(16,0 - 2 \cdot 2,0) \cdot 0,8 = 9,6$  qcm Fläche gedeckt. Diese überträgt von der Stabkraft (2) bis (2') die Hälfte mit 5,7 t, die mit  $f_s = \frac{4}{3} \cdot 5,7 = 7,6$  qcm nach Gl. 3:

$n_s = \frac{7,6}{2,0} = 4$  und nach Gl. 4:  $n_l = \frac{7,6}{2 \cdot 1,6 \cdot 1,4} = 2$  einschnittige Niete von 16 mm  $\phi$  erfordert; vorhanden sind in der Stoßlasche 4 einschnittige (im Knotenblech daher 2 doppelschnittige) Niete von 16 mm  $\phi$ . Von der Stabkraft (1) bis (2) bleibt darnach durch das Knotenblech der Teil  $18,7 - 5,7 = 13,0$  t zu übertragen, so daß es in einer Breite von  $\frac{13,0}{1,4} = 9,0$  cm als wirksam einzuführen ist; mit  $f_s = \frac{4}{3} \cdot 13,0 = 17,3$  qcm sind nach Gl. 6:

$z_s = \frac{17,3}{2 \cdot 3,1} = 3$  und nach Gl. 7:  $z_l = \frac{17,3}{2 \cdot 2,0 \cdot 1,4} = 4$  doppelschnittige Niete von 20 mm  $\phi$

erforderlich; vorhanden sind 4 Niete. Die Winkel  $70 \cdot 70 \cdot 11$  des Gurtstabs (1, bis (2) sind über den Knotenpunkt hinaus mitgebogen, um ein Geraderecken der im Knotenpunkt abgebogenen Stoßlasche  $180/8$  zu verhindern.

**Aufgabe 25.** Der Obergurt des Trapezträgers Fig. 137 ist im Knotenpunkt (I), wegen der dort eintretenden starken Richtungsänderung seiner Stabachse gestoßen; der Stoß soll berechnet und entworfen werden (vgl. Zahlentafel 2).

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 149 dargestellt. Die beiden  $\perp$  NP. 24 sind schräg (auf Gehrung) zusammengeschnitten; ihre Stege sind durch das Knotenblech gedeckt;

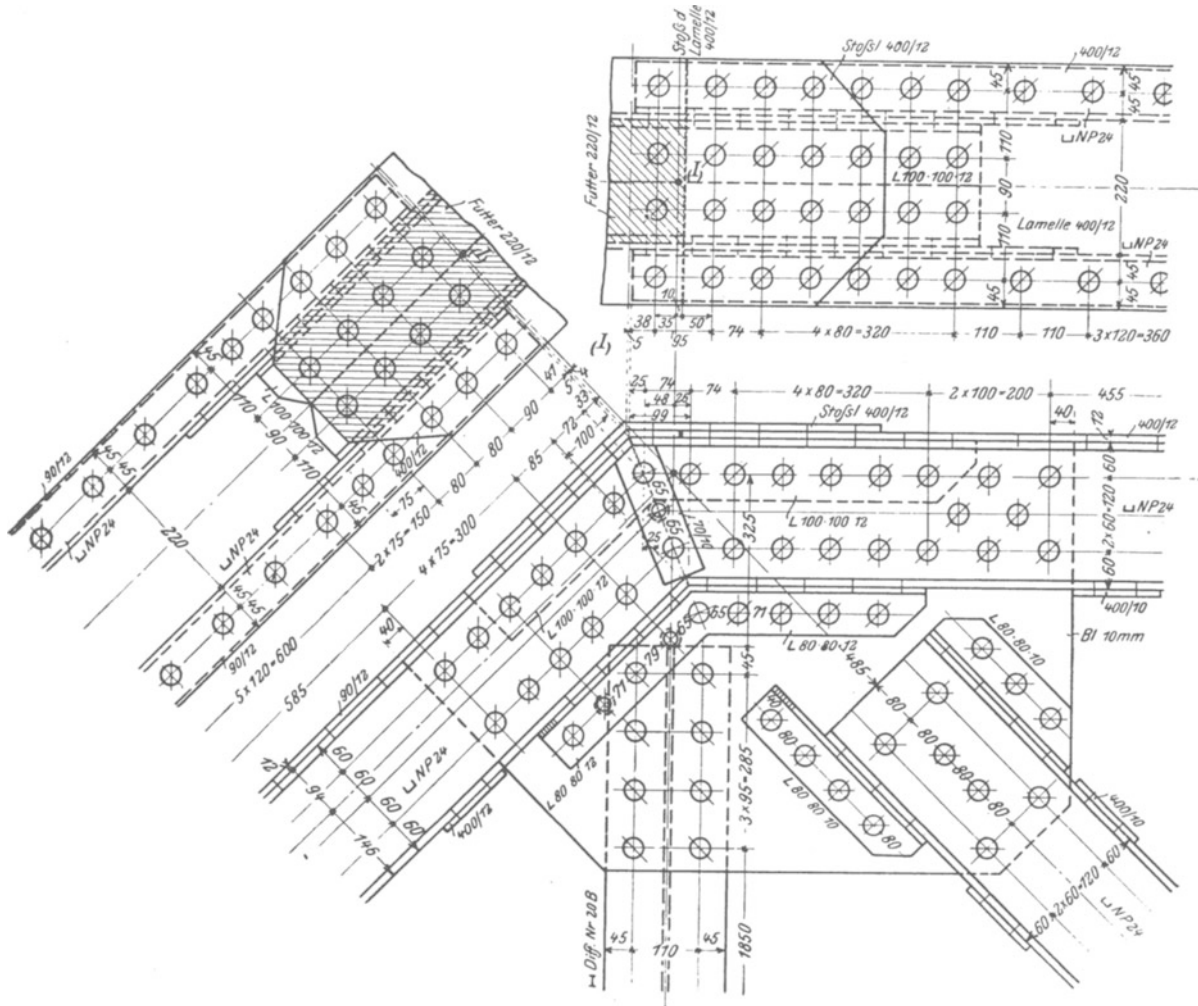


Fig. 149.

die Stoßfuge ist durch ein aufgenietetes Flacheisen  $70/10$  gegen den Zutritt von Staub und Feuchtigkeit geschützt; die unteren Flanschen sind durch im Knotenpunkt abgebogene Hilfswinkel  $80 \cdot 80 \cdot 12$  ineinander bzw. in das Knotenblech eingebunden; die oberen Flanschen sind durch innen angeordnete, ebenfalls abgebogene Winkel  $100 \cdot 100 \cdot 12$  ersetzt. Die Überführung der Lamelle  $400/12$  des Gurtstabs (I) bis (II), in die beiden Lamellen  $90/12$  des Stabes (0) bis (I), erfolgt durch eine Stoßlamelle  $400/12$ , die im Knotenpunkt abgebogen und durch die inneren Hilfswinkel ausgesteift ist.

Stab (I) bis (II). Nach Zahlentafel 2 ist die vorhandene Fläche  $F = 132,6 \text{ qcm}$  und die erforderliche Nietanzahl  $n = 36$ , so daß auf  $1 \text{ qcm}$  Fläche  $\nu = \frac{36}{132,6} = 0,27$  Niete erforderlich sind; es ergeben sich daher für den Anschluß

eines Stegs  $(24,0 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ qcm}) : 22,8 \cdot 0,27 = 6,$   
 eines Flansches  $(7,55 \cdot 1,3 = 9,8 \text{ qcm}) : 9,8 \cdot 0,27 = 3,$   
 einer Lamelle  $(40,0 \cdot 1,2 = 48,0 \text{ qcm}) : 48,0 \cdot 0,27 = 13,$

insgesamt  $2 \cdot 6 + 4 \cdot 3 + 13 = 37$  Niete. In den durch das Abbiegen verschwächten Teilen ist die erforderliche Nietanzahl um 2 bis 4 zu vermehren.

Stab  $\rho$ , bis  $\Gamma$ ,  $F = 106,2 \text{ qcm}$ ;  $n = 28$ ; daher  $\nu = \frac{28}{106,2} = 0,26$ ; es ergeben sich daher für den Anschluß

eines Stegs  $(24,0 \cdot 0,95 = 22,8 \text{ qcm}) : 22,8 \cdot 0,26 = 6,$   
 eines Flansches  $(7,55 \cdot 1,3 = 9,8 \text{ qcm}) : 9,8 \cdot 0,26 = 2,5,$   
 einer Lamelle  $(9,0 \cdot 1,2 = 10,8 \text{ qcm}) : 10,8 \cdot 0,26 = 3,$

insgesamt  $2 \cdot 6 + 4 \cdot 2,5 + 2 \cdot 3 = 28$  Niete. Zwischen den Lamellen  ${}^{90}/_{12}$  ist ein mit ihnen bündig liegendes Futter  ${}^{220}/_{12}$  erforderlich.

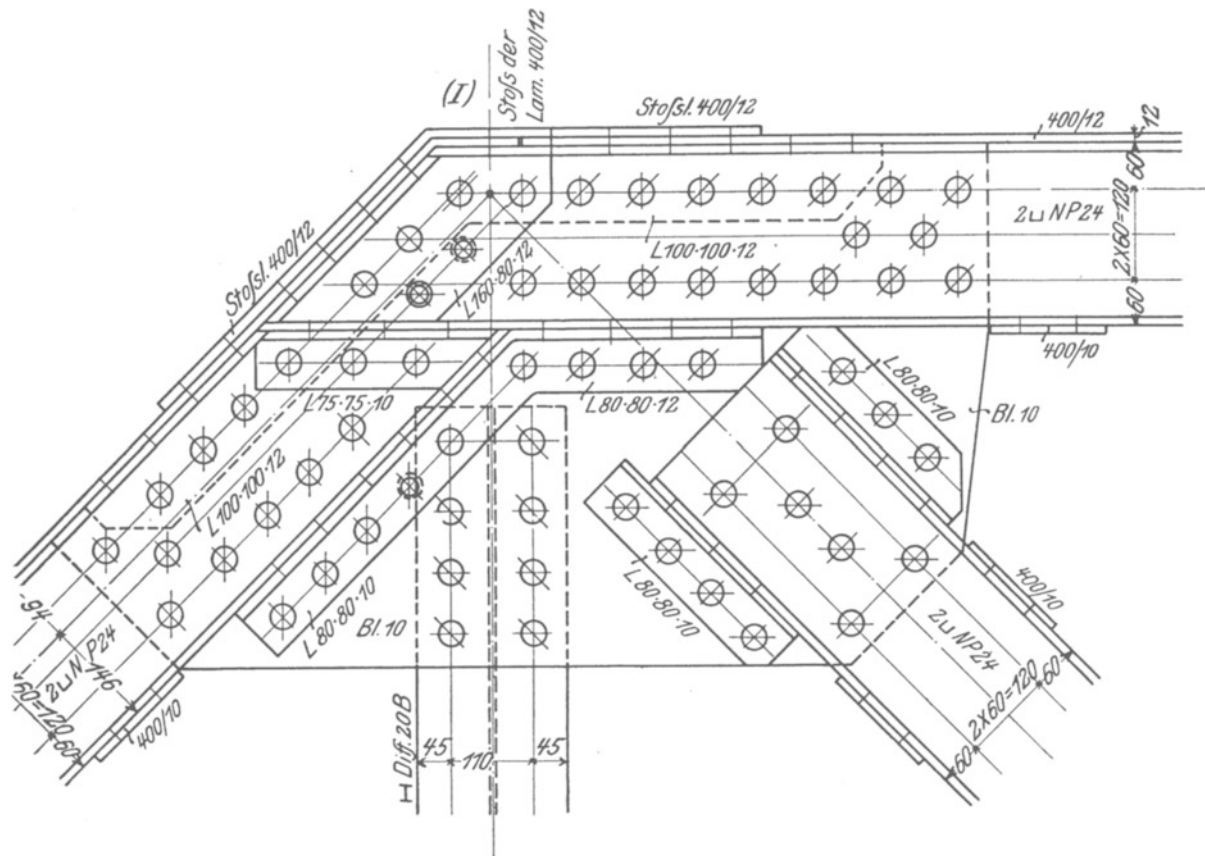


Fig. 150.

Eine zweite Lösung der Aufgabe ist in Fig. 150 dargestellt. Die  $\perp$ -Eisen des Schrägstabes  $\rho$ , bis  $\Gamma$ , stoßen stumpf gegen die unteren Flansche der Gurt- $\perp$ -Eisen; die Stoßfuge ist durch aufgenietete Winkel  $75 \cdot 75 \cdot 10$  gegen den Zutritt von Staub und Feuchtigkeit geschützt. Die Gurt- $\perp$ -Eisen gehen bis zu den Lamellen  ${}^{90}/_{12}$  des Schrägstabs durch und fassen diese mit Hilfs winkeln  $150 \cdot 80 \cdot 12$ . Die Stoßdeckung der Lamellen und  $\perp$ -Eisenflanschen erfolgt wie in Fig. 149.

**Aufgabe 26.** Es soll der Stoß im festen Gelenkpunkt  $\Gamma$ , des Obergurts des in Fig. 151 dargestellten Gerberträgers entworfen werden. Der Auflagerdruck des eingehängten Trägers ist  $N = 71,0 t$ .  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 0,9 k$  ( $\nu = 10/9$ );  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung.** Der Stoß ist in Fig. 152 dargestellt; der Deutlichkeit wegen ist der eingehängte Träger rot eingezeichnet. Gurt- und Diagonalstab dieses Trägers sind in 2

je 10 mm starke Knotenbleche eingebunden, die zu beiden Seiten des Stags des Gurt- $\square$ -Eisens liegen, dessen unterer Flansch daher auf die Länge des äußeren Knotenblechs abgearbeitet und vorher durch Hilfswinkel  $75 \cdot 75 \cdot 10$  an das innere Knotenblech angeschlossen ist; auf dieselbe Länge ist zwischen beiden Blechen ein Futter von der Stärke des  $\square$ -Eisenstegs erforderlich. Die untere Lamelle der Diagonalen liegt mit dem inneren Knotenblech, die obere mit dem Futterblech bündig, so daß die Stoßlasche  $\frac{220}{10}$  der unteren gegen das äußere Knotenblech stößt und in dieses durch eine zweite Stoßlasche  $\frac{220}{10}$  eingebunden ist (vgl. Schnitt  $e-f-g$ ). Die Gesamtblechstärke am Bolzen beträgt  $2 \times 3 \times 10 = 60$  mm.

Die drei Stäbe des Kragarms sind an 2 Knotenbleche von je 24 mm Stärke angeschlossen, die dicht an den inneren Knotenblechen des eingehängten Trägers liegen; daher

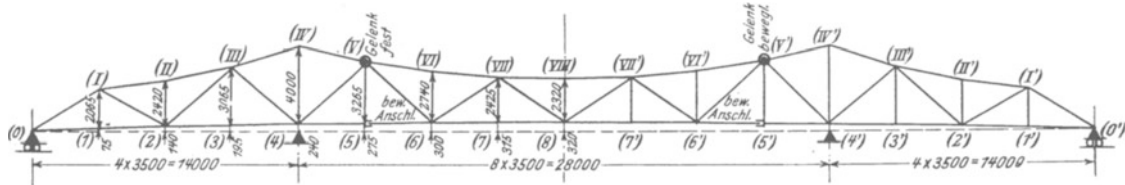


Fig. 151 (vgl. Fig. 466).

sind zum Anschluß der  $\square$ -Eisenstege des Gurts Futterbleche von 10 mm Stärke erforderlich, die vor den Knotenblechen durch je 6 Niete mit dem Steg zu einem einheitlichen Ganzen verbunden sind.

Der zweischrittige Gelenkbolzen von 100 mm  $\phi$  hat 78,5 qcm Scherfläche und  $\frac{\pi \cdot 10,0^3}{32} = 98,0 \text{ cm}^3$  Widerstandsmoment, erleidet das Biegemoment  $M = \frac{71000}{2} \cdot 2,4 + \frac{3,0}{2} = 95900 \text{ cmkg}$  und daher die Beanspruchung auf

$$\text{Abscheren } \sigma_s = \frac{71000}{2 \cdot 78,5} = 450 \text{ kg/qcm (zul. 900 kg/qcm),}$$

$$\text{Lochleibungsdruck } \sigma_l = \frac{71000}{10,0 \cdot 2 \cdot 2,4} = 1480 \text{ kg/qcm (zul. 1800 kg/qcm),}$$

$$\text{Biegung } \sigma_b = \frac{95900}{98,0} = 980 \text{ kg/qcm (zul. 1000 kg/qcm).}$$

Um den Lichtraum zwischen den Knotenblechen des Kragarms zu wahren, ist über den Bolzen eine Hülse aus Stahlformguß geschoben, die mit diesen Knotenblechen durch je 8 Stiftschrauben von 16 mm  $\phi$  verbunden ist.

### 3. Ausbildung der Stäbe zwischen den Knotenpunkten.

a) **Ein teilige Querschnitte.** Ist bei einem Druckstab die freie Länge (a Fig. 129) eines Gurtblechs oder Winkelschenkels größer als das 8- bis 10fache seiner Dicke ( $d$  Fig. 129), so werden zwischen den Knotenpunkten

Fig. 154<sup>a</sup>.

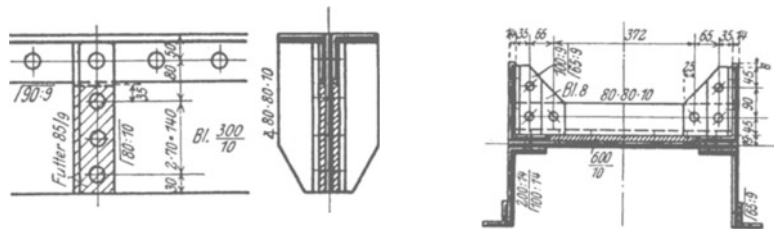


Fig. 153.

Fig. 154<sup>b</sup>.

Aussteifungen erforderlich, um ein Ausknicken oder Falten des freien Randes zu verhindern. Die Aussteifung erfolgt entweder in einzelnen, 1,0 bis 1,5 m voneinander entfernten Punkten durch aufgenietete Winkeleisen (Fig. 153

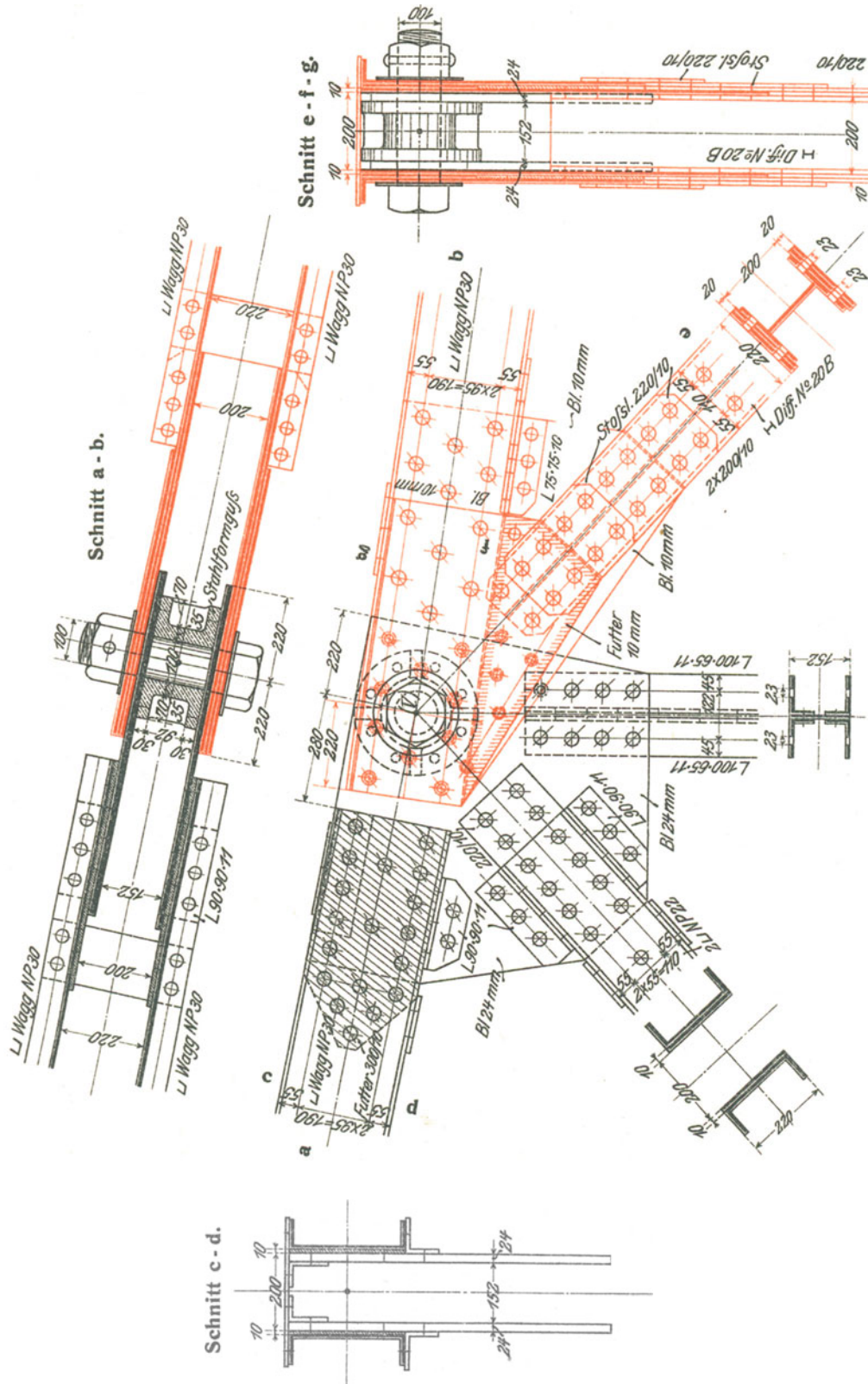


Fig. 152: Festes Gelenk des Brückenträgers Fig. 151.

und 154<sup>a</sup>) oder aber durchlaufend durch Säumung der vorstehenden Blech- bzw. Winkelkante mit Winkeleisen (Fig. 154<sup>b</sup>); werden diese Saumwinkel in die Knotenbleche eingebunden, so dürfen sie bei der Berechnung der tatsächlich vorhandenen Querschnittsfläche mit in Ansatz gebracht werden.

b) **Zweiteilige Querschnitte.** Die nebeneinanderliegenden, nicht durchlaufend miteinander vernieteten Querschnittsteile müssen nicht nur unmittelbar neben den Knotenblechen, sondern auch zwischen den Knotenpunkten sowohl bei Zug- als auch bei Druckstäben in gewissen Entfernungen  $\lambda$  miteinander verbunden werden.

$\alpha$ ) Bei Druckstäben ergibt sich die Entfernung  $\lambda$  der Verbindungspunkte aus der Bedingung, daß jeder einzelne Querschnittsteil, dessen kleinstes Trägheitsmoment  $i_{min}$  sei, für den auf ihn entfallenden Teil  $S_n$  der Gesamtstabkraft  $S$  hinreichend knicksicher ist. Führt man  $S_n$  in Tonnen,  $\lambda$  in Meter ein, so ergibt sich aus Gl. 27:

$$28) \quad \lambda = \sqrt{\frac{i_{min}}{\alpha S_n}}$$

Ergibt Gl. 28 einen Wert  $\lambda > \frac{s}{3}$ , so sind die Verbindungen in den Drittelpunkten der Stablänge  $s$  anzuordnen.

Besteht der Querschnitt aus  $n$  gleichen Teilen, so ist  $S_n = \frac{S}{n}$  einzuführen.

**Aufgabe 27.** In welcher Entfernung müssen die beiden Obergurtwinkel 100·100·10 des Binderträgers Fig. 61<sup>k</sup> miteinander verbunden werden?

**Auflösung.** Nach Zahlentafel 1 ist  $S = 24,4$  t, nach den Normalprofiltabellen  $i_{min} = 73$  cm<sup>4</sup>, daher mit  $n = 2$  und  $\alpha = 1,82$  (vgl. Aufg. 15)  $\lambda = \sqrt{\frac{73}{1,82 \cdot 12,2}} = 1,8$  m; da die Stablänge  $s = 2,8$  m ist, so sind beide Winkeleisen in den Drittelpunkten miteinander zu verbinden.

**Aufgabe 28.** In welcher Entfernung müssen die beiden Querschnittsteile des Stabes (0) bis (I) des Trapezträgers Fig. 137 miteinander verbunden werden?

**Auflösung.** Nach Zahlentafel 2 ist  $S = 88,5$  t, daher mit  $i_{min} = 340$  cm<sup>4</sup> (1 □ NP. 24 + <sup>90/12</sup>),  $n = 2$  und  $\alpha = 2,33$  (vgl. Aufg. 16)  $\lambda = \sqrt{\frac{340}{2,33 \cdot 44,3}} = 1,8$  m; da die Stablänge  $s = 4,9$  m ist, so sind die beiden Teile in den Drittelpunkten miteinander zu verbinden.

Sind die Teile eines Stabquerschnitts nur um Knotenblechdicke voneinander entfernt, so werden sie durch Bindbleche, d. s. Futterstücke von der Stärke des Knotenblechs miteinander verbunden, die an jeden Teil durch

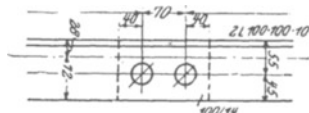


Fig 155.

mindestens zwei, bei größeren Stabkräften besser drei hintereinandersitzende Niete anzuschließen sind (Fig. 155). Bei kreuzförmigen Querschnitten (Fig. 156) werden die Bindbleche paarweise in den senkrecht zueinander stehenden Ebenen angeordnet.

Bei kastenförmigen Querschnitten sind die Bindbleche an jedem Querschnittsteil mit mindestens drei hintereinandersitzenden Nieten anzuschließen. Die in Fig. 157 für den Stab (2) bis (III) des Trapezträgers Fig. 137 dargestellte alleinige Verbindung der Flanschen genügt bis zu etwa 200 mm Höhe des Stegs bzw. Stehblechs; darüber hinaus treten an Stelle der Bindebleche

genietete Querrahmen, die an alle Querschnittsteile (Stege, Flanschen bzw. Gurtwinkel und Lamellen) anzuschließen sind. Für den Obergurt des Trapezträgers Fig. 137 ist ein solcher Querrahmen in Fig. 158 dargestellt; er besteht aus einem  $\sqsubset$  NP. 22 zur unmittelbaren Verbindung der Stege und aus Saumwinkeln  $70 \cdot 70 \cdot 9$  zum Anschluß an die Lamelle und unteren Flansche. Legt man auf ein ruhigeres Aussehen Wert, so vermeidet man das Vorstehen der unteren Saumwinkel durch die Anordnung nach Fig. 159, die den Querrahmen des Stabes (0) bis (I) des Trägers Fig. 137 darstellt.

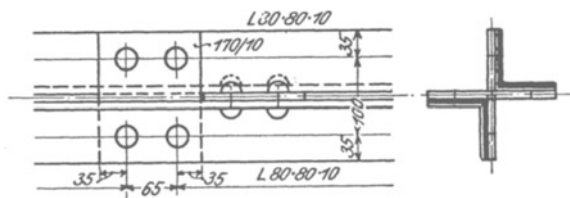


Fig. 156.

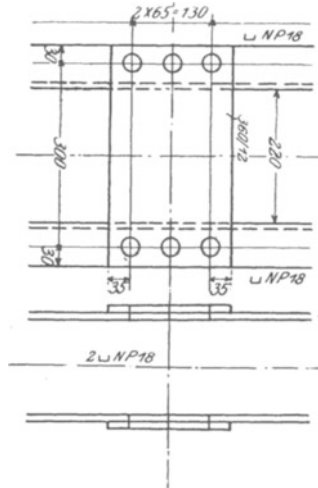


Fig. 157.

Erfordern stark beanspruchte Stäbe eine Querschnittsausbildung als genietete Kastenträger aus Stehblechen und Gurtwinkeln bzw. auch Lamellen, so werden die Gurtungen zwischen den einzelnen Querrahmen an den offenen Seiten des Kastens noch durch eine vollständige Vergitterung aus

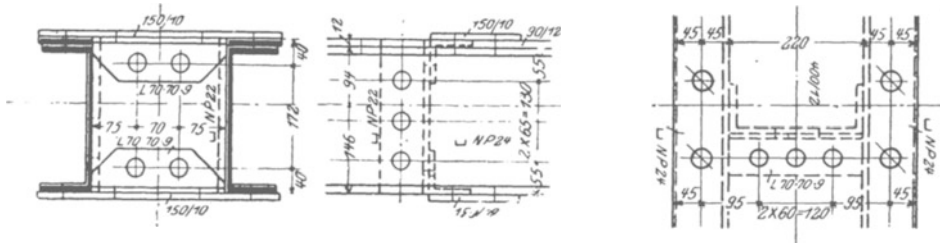


Fig. 159.

Vertikalen und Diagonalen nach Fig. 160 miteinander verbunden; jede Diagonale ist mit mindestens zwei Nietenzuschließen; fehlt hierzu im Gurtwinkel der Platz, so werden kleine Knotenbleche von 8 bis 10 mm Stärke angeordnet.

Will man des ruhigeren Aussehens wegen die vorstehenden Schenkel der Gitterwinkel nach innen legen, aber Knotenbleche vermeiden, so bildet man die Gitterstäbe als Flacheisen aus, die an der Unterseite durch Winkeleisen so weit ausgesteift sind, wie es der Lichtraum zwischen beiden Wandungen gestattet. Werden die Diago-

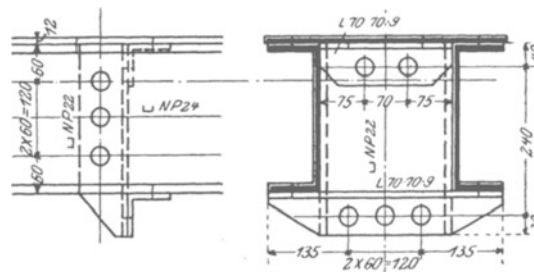


Fig. 158.



nalen in jedem Feld gekreuzt ausgeführt (Fig. 161), so genügt ihre Ausbildung als Flacheisen.

β) Bei Zugstäben wird die Entfernung  $\lambda = 1,5$  bis  $2,5$  m gewählt; die Verbindung der nebeneinanderliegenden Querschnittsteile ist hier erforderlich

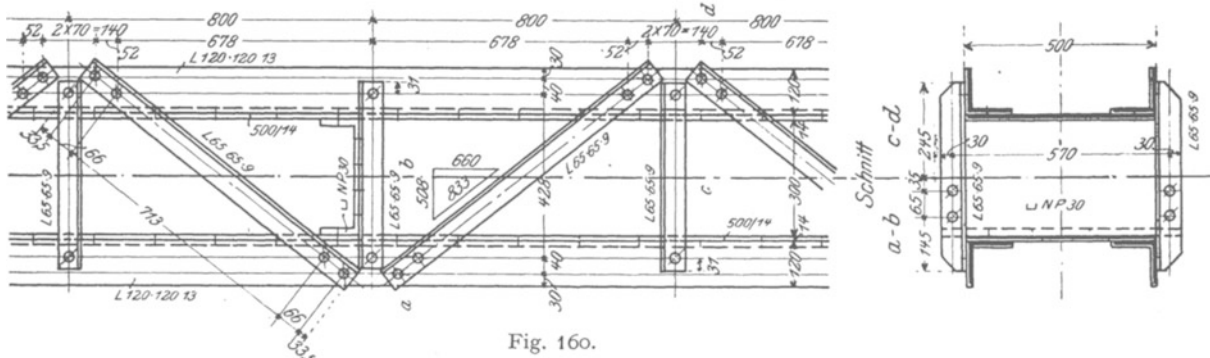


Fig. 160.

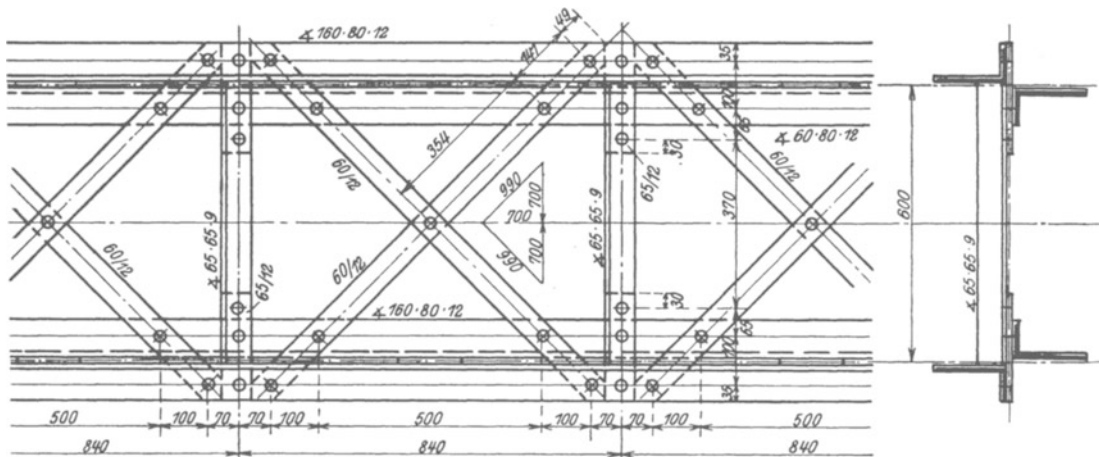


Fig. 161.

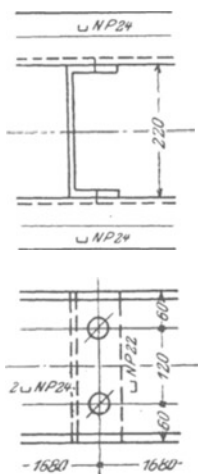


Fig. 162.

lich, um ihre möglichst gleiche Ablängung zwischen den Knotenpunkten herbeizuführen.

Für Futterbleche nach Fig. 155 und 156 genügt hier ein Niet, für Bindbleche nach Fig. 157 zwei Niete; statt der Bindbleche können auch  $\sqsubset$ -Eisen zwischen den Stegen bzw. Stehblechen nach Fig. 162 angeordnet werden.

Erleiden Zugstäbe mit zweiteiligem Querschnitt durch ihr eigenes Gewicht oder aber besonders durch den Winddruck nennenswerte Biegemomente, so ist es zur Verminderung der zusätzlichen Biegungsspannungen wesentlich, die Einzelquerschnitte möglichst zu einem einheitlich wirkenden Gesamtquerschnitt zu vereinigen; bei Knotenpunktsentfernungen bis etwa 5 m genügen dazu Bindbleche in 1,0 bis 1,5 m Entfernung mit mindestens drei hintereinandersitzenden Niete, darüber hinaus werden Querverbindungen und Vergitterungen in der bei den Druckstäben üblichen Anordnung gewählt.

#### 4. Auflagerung.

Die Auflager der Fachwerkträger werden bei Hochbaukonstruktionen bis zu 24 m, bei Brückenkonstruktionen bis zu 17 m Spannweite als Gleitlager nach Fig. 111 bis 114 ausgebildet. Über diese Spannweiten hinaus werden Rollen- und Kipplager verwendet.

a) Die **Rollenlager** bestehen aus einer oberen, ein- oder zweiteiligen Auflagerplatte, einer oder mehreren Rollen und der mit dem Mauerwerk unter Zwischenschaltung einer Bleiplatte von 5 bis 6 mm bzw. einer Zementschicht von 10 bis 20 mm Stärke verbundenen unteren Grundplatte. Die Rollen müssen in bestimmtem Abstand voneinander gehalten und gegen Abrollen von der Grundplatte sowie gegen Verschieben senkrecht zur Trägerebene geschützt sein.

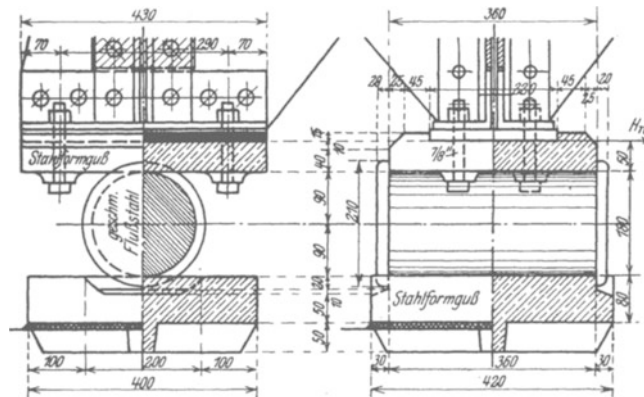


Fig. 163 (vgl. Fig. 461).

Ist  $r$  der Halbmesser der Rollen in cm,  $E_1$  ihr Elastizitätsmodul in t/qcm,  $p$  der auf ihre Längeneinheit wirkende Druck in t/cm,  $E_2$  der Elastizitätsmodul der Auflager- bzw. Grundplatte in t/qcm, so ergibt sich die Beanspruchung  $\sigma$  in t/qcm nach Hertz zu

$$29) \quad \sigma = 0,6 \sqrt{\frac{p}{r} \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2}}.$$

Sind Rollen und Auflager- bzw. Grundplatte aus demselben Baustoff gebildet, so wird insbesondere mit  $E_1 = E_2 = E$ :

$$29^*) \quad \sigma = 0,42 \sqrt{\frac{p}{r} E}.$$

Die zulässige Beanspruchung  $k$  beträgt bei alleiniger Berücksichtigung der senkrechten Last bei

$$\begin{array}{l} \text{1 oder 2 Rollen} \\ \text{3 oder mehr Rollen} \end{array} \text{ für Gußeisen } \begin{array}{l} 3,0 \\ 2,0 \end{array}; \text{ Flußeisen } \begin{array}{l} 4,0 \\ 3,0 \end{array}; \text{ Stahlformguß } \begin{array}{l} 6,0 \\ 5,0 \end{array} \text{ t/qcm,}$$

bei Berücksichtigung der senkrechten und wagerechten Lasten bei

$$\begin{array}{l} \text{1 oder 2 Rollen} \\ \text{3 oder mehr Rollen} \end{array} \text{ für Gußeisen } \begin{array}{l} 4,0 \\ 3,0 \end{array}; \text{ Flußeisen } \begin{array}{l} 5,0 \\ 4,0 \end{array}; \text{ Stahlformguß } \begin{array}{l} 7,0 \\ 6,0 \end{array} \text{ t/qcm.}$$

a) Einrollige Lager werden bei Hochbauten bis zu etwa 30 m, bei Brücken bis zu etwa 25 m Spannweite verwendet. Die obere Auflagerplatte ist einteilig und fest mit dem Träger verbunden. Die Verschiebung der Rolle senkrecht zur Trägerebene wird entweder durch seitliche Bunde (Fig. 163)

von 15 bis 25 mm Stärke verhindert, die einen um 30 bis 50 mm größeren Durchmesser erhalten und daher an die obere und untere Lagerplatte anschlagen, oder aber durch eine in Rollenmitte eingearbeitete Rille von

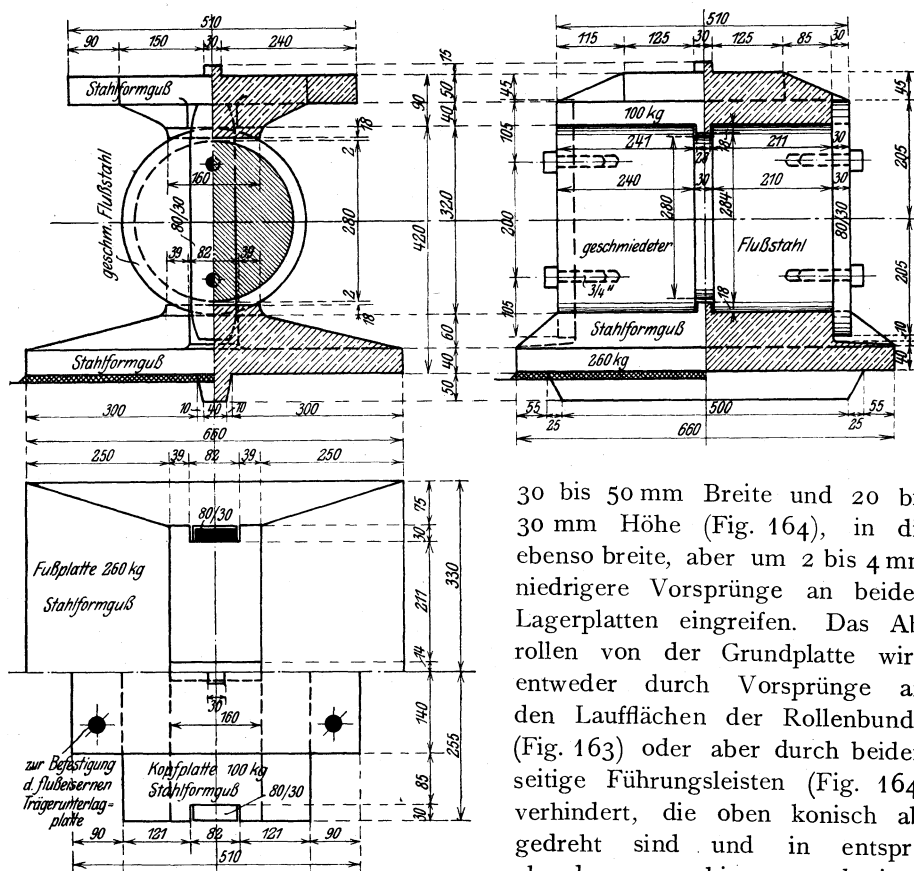


Fig. 164.

30 bis 50 mm Breite und 20 bis 30 mm Höhe (Fig. 164), in die ebenso breite, aber um 2 bis 4 mm niedrigere Vorsprünge an beiden Lagerplatten eingreifen. Das Abrollen von der Grundplatte wird entweder durch Vorsprünge an den Laufflächen der Rollenbunde (Fig. 163) oder aber durch beiderseitige Führungsleisten (Fig. 164) verhindert, die oben konisch abgedreht sind und in entsprechende, um 2 bis 4 mm breitere Lücken an beiden Lagerplatten eingreifen.

**Aufgabe 29.** Für den Trapezträger Fig. 61<sup>b</sup> beträgt

der senkrechte Stützdruck infolge ständiger und Verkehrslast  $N_0 = 27,3 \text{ t}$ ;

Wind senkrecht zur Trägerebene  $N_w = 1,4 \text{ t}$ ;

der wagerechte Stützdruck infolge Wind „ „ „  $H_w = 2,6 \text{ t}$ ,

angreifend in Oberkante Auflager. Es ist das bewegliche Auflager zu berechnen und zu zeichnen. Zulässige Beanspruchung des Werksteins  $k_w = 25 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Das Auflager ist in Fig. 163 dargestellt; die Rolle besteht aus geschmiedetem Flußstahl, die beiden Lagerplatten aus Stahlformguß. Der Druck  $p$  für die Längeneinheit der 360 mm langen Rolle von 180 mm  $\phi$  berechnet sich zu  $p_0 = \frac{27,3}{36}$

$$= 0,76 \text{ t/cm, daher } \sigma_s = 0,42 \sqrt{\frac{0,76}{9}} 2150 = 5,7 \text{ t/qcm (zulässig } 6,0 \text{ t/qcm) ohne und zu}$$

$$p_w = \frac{28,7}{36} + \frac{2,6 \cdot 23 \cdot 6}{36^2} = 0,80 + 0,23 = 1,03 \text{ t/cm, daher } \sigma_w = 0,42 \sqrt{\frac{1,03}{9}} 2150 = 6,6 \text{ t/qcm}$$

(zulässig 7,0 t/qcm) mit Berücksichtigung des Winddrucks. Die obere Lagerplatte erleidet das Moment  $M = \frac{28,7 \cdot 43}{8} = 154,3 \text{ cmt}$ , daher bei 360 mm Breite und 50 mm Stärke

$$\text{die Beanspruchung } \sigma = \frac{154 \cdot 300 \cdot 6}{36 \cdot 5^2} = 1030 \text{ kg/qcm (zulässig } 1200 \text{ kg/qcm). Der Auflager-}$$

querschnitt der unteren Grundplatte hat eine Fläche von  $40 \cdot 42 = 1680 \text{ qcm}$  und ein Widerstandsmoment von  $\frac{40 \cdot 42^2}{6} = 11760 \text{ cm}^3$ , daher der Druck auf den Werkstein  $\sigma = \frac{28700}{1680} + \frac{2600 \cdot 31}{11760} = 17,1 + 6,9 = 24,0 \text{ kg/qcm}$  (zulässig  $25 \text{ kg/qcm}$ ). Für einen  $1 \text{ cm}$  breiten Streifen der Platte berechnet sich daher das größte Moment zu  $M = 24,0 \cdot 1 \cdot 20 \cdot \frac{20}{2} = 4800 \text{ cmkg}$ , das Widerstandsmoment an der durch die Aussparung für den Rollenbund verschwächten Stelle zu  $\frac{1 \cdot 5^2}{6} = 4,1 \text{ cm}^3$ , daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{4800}{4,1} = 1170 \text{ kg/qcm}$  (zulässig  $1200 \text{ kg/qcm}$ ).

Eine andere Ausbildung des Einrollenlagers für einen größten Stützdruck von  $62,0 \text{ t}$  zeigt Fig. 164<sup>1)</sup> für Eisenbahnbrücken von 18 bis  $20 \text{ m}$  Stützweite. Die obere Auflagerplatte greift mit einem Vierkant in die flußeiserne Unterlagplatte des Trägers ein und ist außerdem mit diesem verschraubt. Die Führungsleisten zur Verhinderung des Abrollens sind fest mit der Rolle verschraubt.

Das diesem beweglichen Rollenlager entsprechende feste Auflagen ist in Fig. 165<sup>1)</sup> für den Fall dargestellt, daß beide Auflager gleiche Konstruktionshöhe erhalten, um an

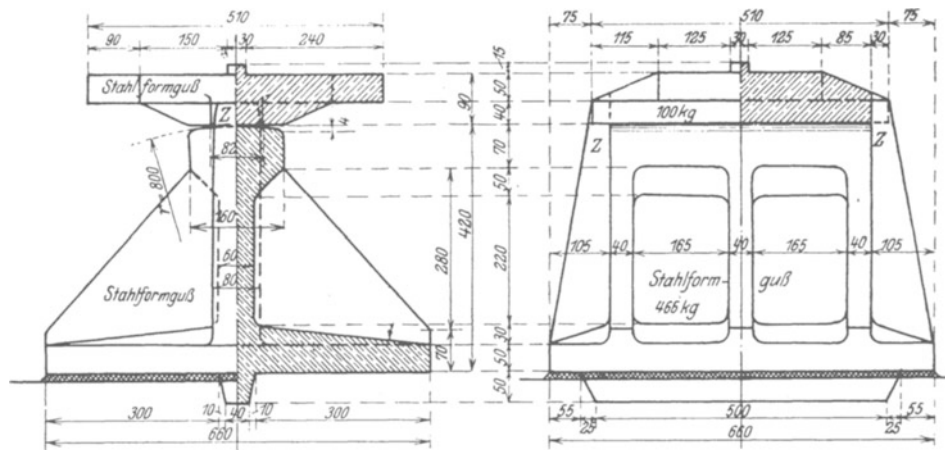


Fig. 165.

beiden Widerlagern gleiche Höhe für den Auflagerstein zu erzielen. Die an beiden Seiten vorstehenden Zähne  $z$  verhindern wie in Fig. 114 gleichzeitig die Längs- und Querverschieblichkeit. Die große Höhe des Lagers bringt bei Einwirkung wogerechter Kräfte (Winddruck, Brems- und Fliehkraft) eine wesentliche Druckvermehrung zwischen Grundplatte und Auflagerstein mit sich (vgl. Auf. 30); man kann daher unter Verzicht auf die gleiche Höhenlage beider Auflagerquader das feste Auflagen auch entsprechend den Fig. 111 bis 114 ausbilden.

β) Bei zwei- und mehrrolligen Lagern ist die obere Auflagerplatte zu wölben; ihre Verbindung mit dem Träger erfolgt bei einteiliger Ausführung durch oben konisch zugeordnete Stahldorne (Fig. 166) oder vorspringende Nasen ( $n$  entspr. Fig. 112), bei zweiteiliger Ausbildung aber durch konisch zugeordnete Zähne  $z$  nach Fig. 113 oder 114. Ist die Anzahl der Rollen größer als zwei, so trägt man dem Umstand, daß eine gleichmäßige Verteilung des Auflagerdrucks auf die einzelnen Rollen nicht mehr gewährleistet ist, durch eine Verminderung der sonst zulässigen Beanspruchung um 10 bis  $20\%$

<sup>1)</sup> Aus den „Musterentwürfen für eingleisige Brückenüberbauten von 10 bis  $20 \text{ m}$  Stützweite der Preußisch-Hessischen Staatseisenbahnen“.

Rechnung. Abrollen und Querverschiebung werden wie beim Einrollenlager verhindert.

**Aufgabe 30.** Für den Trapezträger Fig. 137 beträgt

der senkrechte Stützdruck infolge ständiger und Verkehrslast  $N_0 = 78,1 \text{ t}$   
 Wind  $\perp$  zur Trägerebene  $N_w = 3,3 \text{ t}$   
 Bremslast  $\rightleftharpoons$  zur Trägerebene  $N_b = 0,5 \text{ t}$  }  $\Sigma N = 81,9 \text{ t}$ ;  
 der wagerechte Stützdruck infolge Wind  $\perp$  zur Trägerebene  $H_w = 4,0 \text{ t}$   
 Bremslast  $\rightleftharpoons$  zur Trägerebene  $H_b = 15,0 \text{ t}$  }

angreifend in Oberkante Auflager. Es sind die Auflager zu berechnen und zu entwerfen. Zulässige Beanspruchung des Auflagersteins  $k_m = 28 \text{ kg/qcm}$  ohne bzw.  $= 35 \text{ kg/qcm}$  mit Berücksichtigung der wagerechten Kräfte.

**Auflösung.** Das bewegliche zweirollige Lager ist in Fig. 166 dargestellt. Die obere, nach einem Radius von 400 mm gewölbte Auflagerplatte aus Stahlformguß ist mit der flußeisernen Unterlagplatte des Trägers durch 3 Stahldorne von 30 mm  $\phi$  ver-

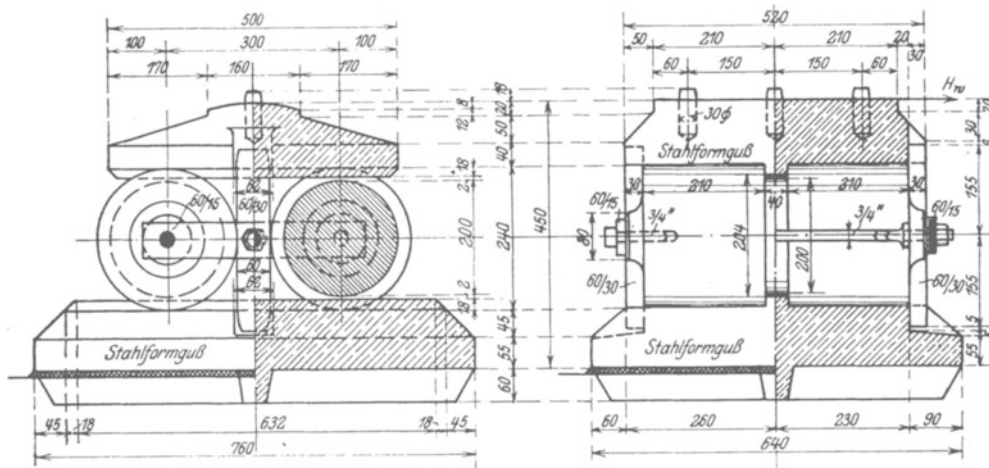


Fig. 166.

bunden; mit  $p = \frac{81,4}{2 \cdot 42} = 0,97 \text{ t/cm}$  ergibt sich die Beanspruchung des Flußeisens zu  
 $\sigma = 0,42 \sqrt{\frac{0,97}{40}} 2150 = 3,1 \text{ t/qcm}$  (zulässig 4,0 t/qcm).

Das Moment für die obere Lagerplatte ergibt sich bei 300 mm Rollenentfernung zu  
 $M = \frac{81,4}{2} \cdot 15 = 611 \text{ cmt}$ , das Widerstandsmoment zu  $W = 42 \cdot \frac{11^3}{6} = 847 \text{ cm}^3$ , daher die Biegebeanspruchung  $\sigma_b = \frac{611000}{847} = 710 \text{ kg/qcm}$  (zulässig 1200 kg/qcm). Am Anfang der Wölbung wird  $M = \frac{81,4}{2} \cdot 7 = 285 \text{ cmt}$ ;  $W = 42 \cdot \frac{9^3}{6} = 567 \text{ cm}^3$ ;  $\sigma_b = 510 \text{ kg/qcm}$ .

Der Druck  $p$  für die Längeneinheit der beiden Rollen von 240 mm  $\phi$  und 420 mm nutzbarer Länge berechnet sich zu

$$p_0 = \frac{78,1}{2 \cdot 42} = 0,93 \text{ t/cm}, \text{ daher } \sigma_0 = 0,42 \sqrt{\frac{0,93}{12}} 2150 = 5,4 \text{ t/qcm (zul. 6,0 t/qcm) ohne und zu}$$

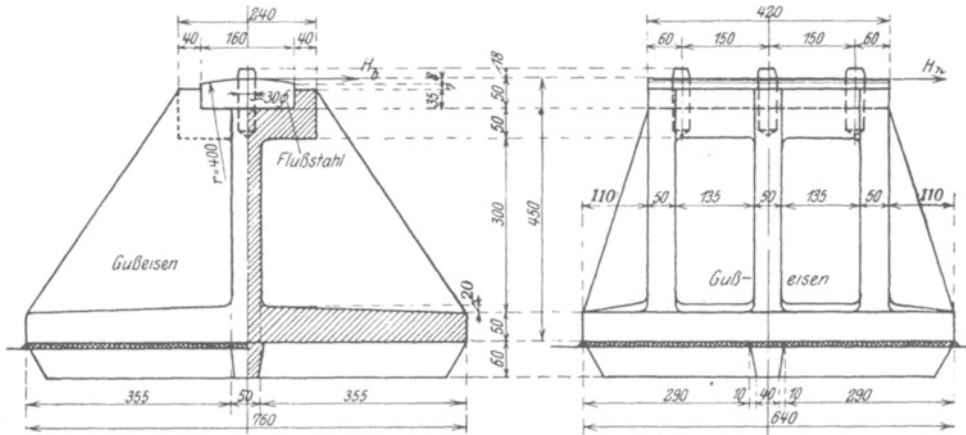
$$p_w = \frac{81,4}{2 \cdot 42} + \frac{4,0 \cdot 35}{2 \cdot \frac{46^3 - 4^3}{12 \cdot 23}} = 0,97 + 0,20 = 1,17 \text{ t/cm}, \text{ daher } \sigma_w = 0,4 \sqrt{\frac{0,17}{12}} 2150 = 6,1 \text{ t/qcm}$$

(zul. 7,0 t/qcm) mit Berücksichtigung des Winddrucks. Der Abstand der Rollen ist durch in ihren Mittelpunkten drehbar befestigte Flacheisen gewahrt, in deren Mitte die oben und unten konisch zugeordneten Führungsleisten zum Schutz gegen Abrollen drehbar an-

geschlossen sind; der Anschluß erfolgt durch einen beide Leisten verbindenden Schraubenbolzen von 20 mm  $\phi$ .

Der Auflagerquerschnitt der unteren Grundplatte hat eine Fläche von  $76 \cdot 64 = 4864$  qcm und ein Widerstandsmoment von  $76 \cdot \frac{64^2}{6} = 51880$  cm<sup>3</sup>; daher der Druck auf den Werkstein  $\sigma = \frac{81400}{4864} + \frac{4000 \cdot 45}{51880} = 16,8 + 3,5 = 20,3$  kg/qcm (zul. 35 kg/qcm). Für einen 1 cm breiten Streifen der Platte berechnet sich daher das größte Biegemoment unter den Rollen zu  $\mathfrak{M} = 20,3 \cdot 1 \cdot \frac{23^2}{2} = 5370$  cmkg, das Widerstandsmoment zu  $1 \cdot \frac{5,5^3}{6} = 5,0$  cm<sup>3</sup>, daher die Beanspruchung  $\sigma_b = \frac{5370}{5,0} = 1080$  kg/qcm (zul. 1200 kg/qcm).

Das in gleicher Höhe ausgebildete feste Auflager zeigt Fig. 167. Das geschmiedete, oben gewölbte Flußstahlstück zur unmittelbaren Auflagerung des Trägers liegt zwischen zwei 40 mm breiten Anschlagleisten des gußeisernen Lagerstuhls, die die Bremskraft  $H_b = 15,0$  t aufzunehmen haben, daher die Scherbeanspruchung  $\sigma_s = \frac{15000}{4 \cdot 42} = 90$  kg/qcm (zul. 150 kg/qcm) erleiden. Der Winddruck  $H_w = 4,0$  t wird durch die 3

Fig. 167<sup>a</sup>.Fig. 167<sup>b</sup>.

gleichzeitig zur Trägerbefestigung dienenden Stahldorne von 30 mm  $\phi$  übertragen. Das Flußstahlstück hat  $42 \cdot 16 = 672$  qcm Grundfläche und  $42 \cdot \frac{16^2}{6} = 1792$  cm<sup>3</sup> bzw.  $16 \cdot \frac{42^2}{6} = 4704$  cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment; daher die Druckbeanspruchung des Gußeisens  $\sigma = \frac{81900}{672} + \frac{4000 \cdot 5}{4704} + \frac{15000 \cdot 5}{1792} = 122 + 4 + 42 = \sim 170$  kg/qcm (zul. 500 kg/qcm). Der Druck auf den Auflagerquader berechnet sich zu  $\sigma_{max} = \frac{81900}{76 \cdot 64} + \frac{4000 \cdot 45 \cdot 6}{76 \cdot 64^2} + \frac{15000 \cdot 45 \cdot 6}{64 \cdot 76^2} = 17,0 + 3,5 + 11,0 = 31,5$  kg/qcm (zul. 35 kg/qcm) bzw.  $\sigma_{min} = 17,0 - 3,5 - 11,0 = 2,5$  kg/qcm, so daß eine Verankerung nicht erforderlich ist. Das 110 mm vorstehende Plattenende erleidet für 1 cm Breite das (etwas zu große) Moment  $\mathfrak{M} = 1 \cdot 31,5 \cdot \frac{11^2}{2} = 1906$  cmkg, daher bei 70 mm Stärke die Biegebungsbeanspruchung  $\sigma_b = \frac{1906 \cdot 6}{1 \cdot 7^2} = 240$  kg/qcm (zul. 250 kg/qcm). Setzt man bei der Berechnung der Rippen sehr ungünstig eine überall gleichbleibende Pressung  $\sigma_{max} = 31,5$  kg/qcm voraus, so erhält eine Rippe das Moment  $\mathfrak{M} = (5 + 17,75) \cdot \frac{26^2}{2} \cdot 31,5 = 242220$  cmkg, daher ohne Berücksichtigung der wagerechten Platte die Biegebungsbeanspruchung  $\sigma_b = \frac{242220 \cdot 6}{5 \cdot 35^2} = 240$  kg/qcm (zul. 250 kg/qcm).

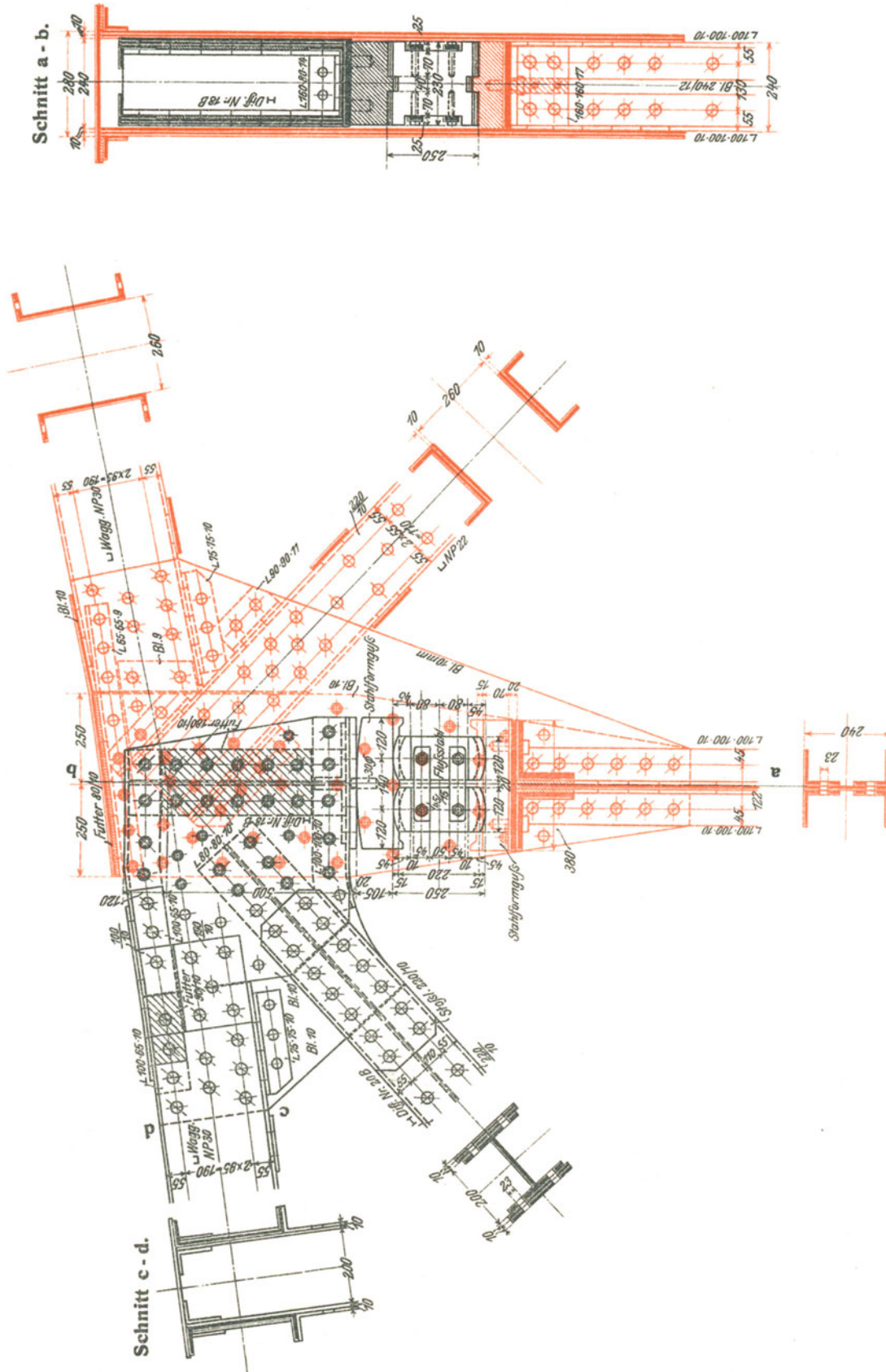
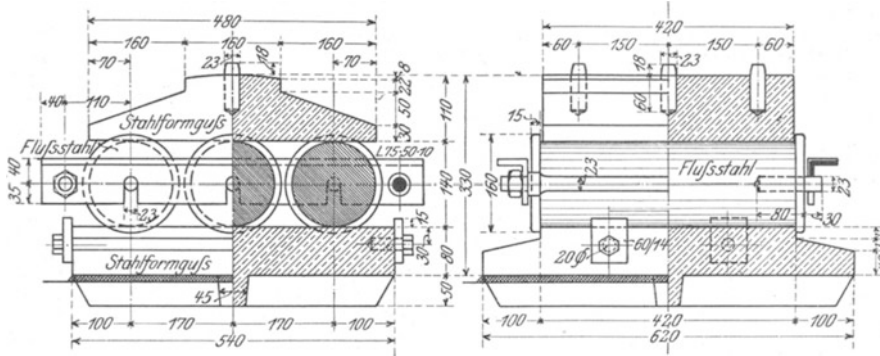


Fig. 170: Bewegliches Gelenk des Brückentragers Fig. 151.

Ein für die Stützdrücke  $N_0 = 59,0 \text{ t}$ ,  $N_m = 1,8 \text{ t}$  und  $H_m = 3,0 \text{ t}$  (vgl. Aufg. 32) entworfenen dreierolliges Lager, dessen Konstruktionshöhe auf 350 mm beschränkt ist, zeigt Fig. 168. In den Mittelpunkten der Rollen sind Stifte von 23 mm  $\phi$  eingeschraubt, über die sich beiderseits Winkeleisen 75·50·10 zur Wahrung des Rollenabstandes legen; die Winkel sind durch Schraubenbolzen von 23 mm  $\phi$  (oder auch durch auf ihre wagerechten Schenkel genietete oder geschraubte Winkeleisen) zu einem abnehmbaren Rahmen

Fig. 168<sup>a</sup>.Fig. 168<sup>b</sup>.

miteinander verbunden. Das Abrollen wird durch beiderseits an die Grundplatte angeschraubte, die Lauffläche um 15 mm überragende Flacheisenstücke verhindert; statt dessen können auch, am besten in der Ebene der Rollenbunde, Erhöhungen angegossen werden, die aber zur Verhütung der Schmutz- und Wasseransammlung keinesfalls über die ganze Plattenbreite durchgehen dürfen.

$\gamma$ ) Ist  $\lambda = \pm \epsilon t L$  die größte Längenänderung des Trägers infolge einer Temperaturänderung um  $t^0$ , so kommt nur ein diesem Maß  $\lambda$  entsprechender

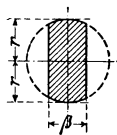


Fig. 169.

Teil des Rollenumfanges nach beiden Seiten hin zum Abrollen; es ist daher gestattet, die seitlichen Teile einer Rolle nach Fig. 169 abzuschneiden: die Rolle geht in ein Pendel (Stelze) über, dessen Dicke  $\beta$  annähernd gleich dem Radius  $r$  gewählt wird. Zur Auflagerung eines Trägers sind mindestens zwei Pendel erforderlich. Zur Parallelführung der nebeneinanderliegenden Pendel sind an jeder Stirnseite zwei Führungsleisten anzuordnen. Abrollen und Querverschiebung werden wie bei den Rollenlagern verhindert.

Bei der Verschiebung des Trägerendes um  $\lambda$  neigt sich der ursprünglich lotrechte Durchmesser eines Pendels um einen kleinen Winkel  $\alpha$ , der bei der geringen Größe von  $\lambda$  hinreichend genau aus  $\text{tg } \alpha = \frac{\lambda}{2r}$  berechnet werden darf. Sollen die Pendel bei der äußersten Schiefstellung nicht zur Anlage aneinander kommen, so muß ihr Mittenabstand größer als  $\frac{\beta}{\cos \alpha} \approx \beta \left(1 + \frac{\lambda^2}{8r^2}\right)$  sein.

**Aufgabe 31.** Das bewegliche Gelenk im Knotenpunkt ( $V'$ ) des in Fig. 151 dargestellten Gerberträgers soll als Pendellager berechnet und entworfen werden. Der senkrechte Stützdruck des eingehängten Trägers aus ständiger und Verkehrslast beträgt  $N = 71,0 \text{ t}$ ; der wagerechte Stützdruck aus Wind  $H_m = 0,3 \text{ t}^1$ , angreifend in Oberkante Auflager. Die Lagerteile sind aus 2%igem Nickelstahl angefertigt, dessen zulässige Beanspruchung das 1,3fache der sonst üblichen Beanspruchung beträgt.  $k = 1000 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = 0,9 k$  ( $\nu = 10/9$ );  $k_l = 2 k_s$ .

<sup>1)</sup> Der senkrechte Stützdruck aus Wind ist wegen seiner geringen Größe vernachlässigt.



**Auflösung.** Das Pendellager ist in Fig. 170 dargestellt; die Pendel bestehen aus geschmiedetem, die beiden Lagerplatten aus gegossenem Nickelstahl. Der Druck  $p$  für die Längeneinheit der  $(230 - 40) = 190$  mm langen Pendel von 125 mm  $\phi$  berechnet sich zu

$$p_0 = \frac{71,0}{2 \cdot 19} = 1,87 \text{ t/cm, daher } \sigma_0 = 0,42 \sqrt{\frac{1,87}{12,5}} 2150 = 7,5 \text{ t/qcm (zul. } 1,3 \cdot 6,0 = 7,8 \text{ t/qcm)}$$

ohne und zu

$$p_m = \frac{71,0}{2 \cdot 19} + \frac{0,3 \cdot 35,5}{2 \frac{23^3 - 4^3}{12 \cdot 11,5}} = 1,87 + 0,06 = 1,93 \text{ t/cm, daher } \sigma_m = 0,42 \sqrt{\frac{1,93}{12,5}} 2150 = 7,7 \text{ t/qcm}$$

(zul.  $1,3 \cdot 7,0 = 9,1$  t/qcm) mit Berücksichtigung des Winddrucks. Die obere Auflagerplatte erhält bei 140 mm Mittenentfernung der Pendel das Moment  $\mathfrak{M} = \frac{71,0}{2} \cdot 7$

$= 248,5$  cmt, daher bei 105 mm Stärke die Beanspruchung  $\sigma_b = \frac{248 \cdot 500 \cdot 6}{19 \cdot 10,5^2} = 710$  kg/qcm

(zul.  $1,3 \cdot 1200 = 1560$  kg/qcm). Die untere Lagerplatte hat  $38 \cdot 24 = 912$  qcm Fläche und  $38 \cdot \frac{24^2}{6} = 3648$  cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment; daher der Druck auf die flußeiserne Trägerplatte

$\sigma = \frac{71000}{912} + \frac{300 \cdot 42,5}{3648} = 80$  kg/qcm (zul. 1000 kg/qcm). Für einen 1 cm breiten

Plattenstreifen berechnet sich daher das größte Moment unter den Pendeln zu  $\mathfrak{M} = 80 \cdot 1 \cdot \frac{12^2}{2} = 5760$  cmkg, das Widerstandsmoment zu  $1 \cdot \frac{7^2}{6} = 8,1$  cm<sup>3</sup>, daher die Bie-

gungsbeanspruchung zu  $\sigma_b = \frac{5760}{8,1} = 710$  kg/qcm (zul. 1560 kg/qcm). Zur Übertragung

des Stützdrucks in die Knotenbleche der Kragarms (der wieder in rot eingezeichnet ist) dienen  $4 \times 6 = 24$  einschnittige Niete von 23 mm  $\phi$ , die daher die Scherspannung

$$\sigma_s = \frac{71000}{24 \cdot 4,2} = 713 \text{ kg/qcm (zul. } 900 \text{ kg/qcm) erleiden.}$$

Bei einer Temperaturdifferenz  $t = \pm 35^0$  gegen die Aufstellungstemperatur berechnet sich  $\lambda = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 28 \cdot 10^3 = 12$  mm, so daß sich der geringste Mittenabstand der Pendel

zu  $120 \left(1 + \frac{12^2}{8 \cdot 125^2}\right) = 120,1$  mm ergibt; gewählt sind 140 mm. Die Parallelführung der

Pendel ist beiderseits durch 2 Flacheisen  $\frac{45}{15}$  bewirkt, die in seitlichen Aussparungen mit Stiftschrauben von 16 mm  $\phi$  drehbar befestigt seien. Durch diese Aussparungen wird gleichzeitig das Umfallen der Pendel verhindert, weil ein weiteres Abrollen unmöglich wird, sobald sich die Kanten der Aussparungen auf die Kanten der Führungsfacheisen legen; der zwischen beiden Kanten erforderliche Spielraum berechnet sich bei der geringen

Größe der Bewegungen 'genau genug zu  $x = \frac{\beta}{2} \text{tg } \alpha = \frac{\beta \lambda}{4r} = \frac{120 \cdot 12}{4 \cdot 125} = 3$  mm (ge-

wählt sind 10 mm zur Berücksichtigung der durch die Verkehrslast hervorgerufenen Bewegung). Das Moment für den über der Aussparung vorstehenden Pendelteil wird hin-

reichend genau  $\mathfrak{M} = 7,7 \cdot 1 \cdot \frac{2,5^2}{2} = 24,1$  cmt, daher  $\sigma_b = \frac{24100 \cdot 6}{12 \cdot 4,5^2} = 600$  kg/qcm (zul.

1560 kg/qcm).

Die Querverschiebung der Pendel ist durch 15 mm hohe, 40 mm breite Vorsprünge an beiden Lagerplatten verhindert, die in 16 mm tiefe, 40 mm breite Rillen der Pendel eingreifen.

Um den Platz für das 230 mm breite Pendellager zu gewinnen, ist die Lichtweite des kastenförmigen Gurt- und Diagonalquerschnitts von 220 mm (Fig. 152) auf 260 mm erweitert.

## b) Die Kipplager.

$\alpha$ ) Die Zapfenkipplager bestehen aus der oberen, fest mit dem Träger verbundenen Kipplatte, dem Zapfen und der unteren Kipplatte, die beim festen Auflager unter Zwischenschaltung einer Bleiplatte oder Zementschicht auf dem Auflagerstein, beim beweglichen aber auf 2 oder mehr Rollen oder

Pendeln aufrucht. Zapfen und untere Kipplatte in einem Stück zu gießen, ist zulässig, aber nicht empfehlenswert. Die Berechnung des Zapfens, der beiderseits zur Verhinderung der Querverschiebung mit Bunden versehen wird, erfolgt nach Gl. 20.

**Aufgabe 32.** Das dreirollige Lager Fig. 168 soll als Kippplager berechnet und entworfen werden.  $N_0 = 59,0 \text{ t}$ ;  $N_w = 1,8 \text{ t}$ ;  $H_w = 3,0 \text{ t}$ . Zulässige Beanspruchung des Werksteins  $k_w = 20 \text{ kg/qcm}$  ohne und  $= 25 \text{ kg/qcm}$  mit Berücksichtigung des Winddrucks.

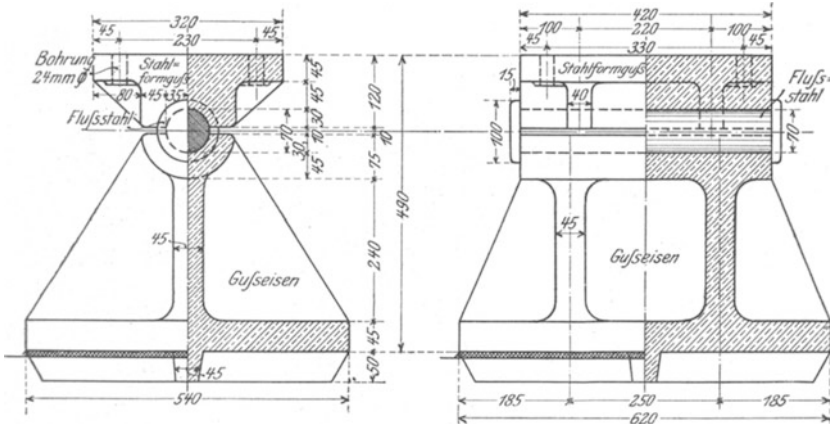


Fig. 171<sup>a</sup>.

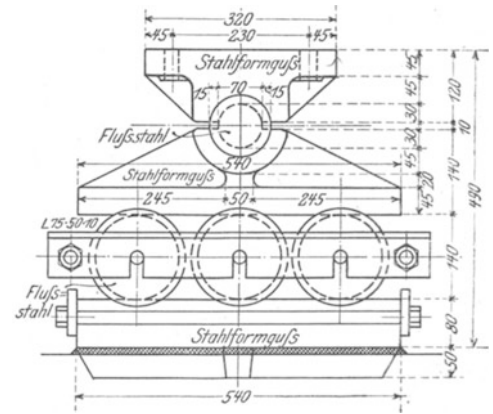


Fig. 171<sup>b</sup>.

**Auflösung.** Das feste Auflager ist in Fig. 171<sup>a</sup>, das bewegliche in Fig. 171<sup>b</sup> dargestellt. Der Druck für die Längeneinheit des 420 mm langen Zapfens von 70 mm  $\phi$  berechnet sich zu  $\frac{60,8}{42} + \frac{3,0 \cdot 16 \cdot 6}{42^2} = 1,45 + 0,17 = 1,62 \text{ t/cm}$ , daher die Druckkraft für 1 cm Rollenlänge  $T = 1,62 \cdot 1 = 1,62 \text{ t}$ , folglich nach Gl. 20<sup>a</sup> die Druckbeanspruchung des Gußeisens  $\sigma = \frac{0,8 \cdot 1620}{1 \cdot 3,5} = 370 \text{ kg/qcm}$  (zul. 600 kg/qcm). Der Druck  $p$  für die Längeneinheit der 3 Rollen von 420 mm Länge und 140 mm  $\phi$  (vgl. Fig. 168) berechnet sich zu  $p_0 = \frac{59,0}{3 \cdot 42} = 0,47 \text{ t/cm}$ , daher  $\sigma_0 = 0,42 \sqrt{\frac{0,47}{7} \cdot 2150} = 5,0 \text{ t/qcm}$  (zul. 5,0 t/qcm) ohne und zu  $p_w = \frac{60,8}{3 \cdot 42} + \frac{3,0 \cdot 41 \cdot 6}{42^2} = 0,48 + 0,14 = 0,62 \text{ t/cm}$ , daher  $\sigma_w = 0,42 \sqrt{\frac{0,62}{7} \cdot 2150} = 5,8 \text{ t/qcm}$  (zul. 6,0 t/qcm) mit Berücksichtigung des Winddrucks. Der Auflagerquerschnitt der unteren Grundplatte hat eine Fläche von  $54 \cdot 62 = 3348 \text{ qcm}$  und ein Widerstandsmoment von  $54 \cdot \frac{62^2}{6} = 34590 \text{ cm}^3$ , daher der Druck auf den Auflagerstein  $\sigma = \frac{60800}{3348} + \frac{3000 \cdot 49}{34590} = 18,2 + 4,3 = 22,5 \text{ kg/qcm}$  (zul. 25 kg/qcm). Der 100 mm vorstehende Plattenanteil am beweglichen Auflager (Fig. 168<sup>b</sup>) erleidet daher unter der ungünstigen Voraussetzung einer gleichbleibenden Pressung das Moment  $M = 22,5 \cdot 1 \cdot \frac{10^3}{2} = 1125 \text{ cmkg}$  für 1 cm Länge, folglich bei 60 mm Stärke die Biegebeanspruchung  $\sigma_b = \frac{1125 \cdot 6}{1 \cdot 6^2} = 190 \text{ kg/qcm}$  (zul. 1200 kg/qcm). Das Zapfenkipplager hat den Nachteil einer größeren Konstruktionshöhe.

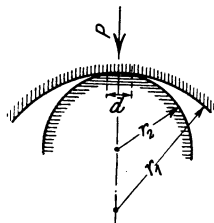


Fig. 172.

$\beta$ ) Die Kugelkipplager bestehen aus der mit dem Träger fest verbundenen, unten nach einer Hohlkugel vom Radius  $r_1$  geformten Auflagerplatte (Fig. 172), dem an der oberen Seite nach einer Kugel vom Radius  $r_2$  abgedrehten Zapfen und der unteren Lagerplatte, die beim festen Auflager auf dem Auflagerstein, beim be-

weglichen aber auf Rollen oder Pendeln aufruh. Kugelzapfen und untere Lagerplatte in einem Stück zu gießen, ist zulässig, aber wegen der schwierigen Bearbeitung unzweckmäßig.

Sind  $E_1$  und  $E_2$  die Elastizitätsmoduln der sich nach Fig. 172 berührenden Körper, so bildet sich unter der Druckkraft  $P$  eine kreisförmige Druckfläche aus, deren Durchmesser sich nach Hertz zu

$$30) \quad d = 2 \sqrt[3]{\frac{2}{3} P \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \frac{E_1 + E_2}{E_1 E_2}}$$

berechnet; bestehen beide Körper aus demselben Baustoff, so ergibt sich insbesondere mit  $E_1 = E_2 = E$ :

$$30^a) \quad d = 2 \sqrt[3]{\frac{4}{3} \frac{P}{E} \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2}}$$

Die größte Druckspannung im Mittelpunkt der Druckfläche berechnet sich dann zu

$$31) \quad \sigma = \frac{3}{2} \frac{P}{\pi d^2}$$

Die zulässige Druckbeanspruchung  $k$  beträgt hierbei für

Gußeisen  $k = 3,5 \text{ t/qcm}$ ,

Stahlformguß  $k = 5,5 \text{ t/qcm}$ .

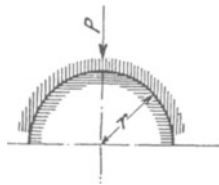


Fig. 173.

Wird  $r_1 = r_2 = r = \frac{d}{2}$  (Fig. 173), und berühren sich beide Körper annähernd nach der Halbkugel, so berechnet sich die größte Druckspannung unmittelbar unter der Kraft  $P$  annähernd zu

$$32) \quad \sigma = \frac{2 P}{\pi d^2}$$

Hier darf die zulässige Beanspruchung für Gußeisen  $k = 1,0 \text{ t/qcm}$ ,

Stahlformguß  $k = 3,0 \text{ t/qcm}$  gewählt werden.

Ein Zahlenbeispiel findet sich in Aufg. 57.

## Viertes Kapitel.

### Säulen.

Eine Säule ist ein Konstruktionsteil mit lotrecht stehender Achse. Sie besteht aus drei Teilen, nämlich dem Kopf zur unmittelbaren Aufnahme der auf ihr ruhenden Last, dem vollwandigen oder fachwerkförmig gegliederten Schaft zur Fortleitung der Last und dem Fuß zur Übertragung der Last auf das Mauerwerk und durch dieses in den festen Baugrund. Man nennt die Säule

beiderseits geführt, wenn ihr Kopf- und Fußpunkt in der wagerechten Ebene unverschieblich gelagert, also nur in der senkrechten Säulenachse verschieblich sind (Fig. 174); dagegen

freistehend, wenn ihr Fußpunkt eingespannt, ihr Kopfpunkt aber in jeder beliebigen Ebene verschieblich ist (Fig. 175).

### A. Berechnung der Säulen.

Die Belastung einer Säule setzt sich zusammen aus senkrechten Kräften, die in der Säulenachse angreifen und die Säule auf Druck beanspruchen, und aus wagerechten Kräften, die sie auf Biegung beanspruchen, und aus außerhalb der Säulenachse angreifenden Kräften, die sie auf Druck und Biegung beanspruchen.

#### I. Die Säule wird nur auf Druck beansprucht.

##### 1. Berechnung des Säulenquerschnitts.

Wirkt in der Achse einer Säule von der Höhe  $h$  die Kraft  $P$ , so erfordert sie nach Gl. 1 die Fläche

$$1) \quad F = \frac{P}{k}$$

und bei  $\mathcal{C}$ -facher Knicksicherheit ein kleinstes Trägheitsmoment  $J_{min}$ , das sich für die

beiderseits geführte Säule (Fig. 174) zu

$$33^a) \quad J_{min} = \alpha P_1 h_1^2,$$

freistehende Säule (Fig. 175) zu

$$33^b) \quad J_{min} = 4 \alpha P_1 h_1^2$$

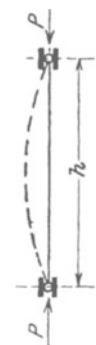


Fig. 174.



Fig. 175.

berechnet, wenn  $P_1$  die Druckkraft in Tonnen und  $h_1$  die freie Knicklänge in Meter bedeutet. Der Beiwert  $\alpha$  ergibt sich für

Gußeisen mit  $E = 1000 \text{ t/qcm}$  und  $\mathcal{C} = 8$ fach zu  $\alpha = 8$ ;

Flußeisen mit  $E = 2150 \text{ t/qcm}$  und  $\begin{cases} \mathcal{C} = 5 \text{fach zu } \alpha = 2,33, \\ \mathcal{C} = 4 \text{fach zu } \alpha = 1,82. \end{cases}$

**Aufgabe 33.** In der Achse einer beiderseits geführten gußeisernen Säule von 3,0 m Höhe wirkt die Kraft  $P = 15000 \text{ kg}$ ; es ist der erforderliche Querschnitt zu bestimmen.  $k = 500 \text{ kg/qcm}$ .

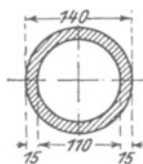


Fig. 176.

**Auflösung.** Nach Gl. 1 wird  $F = \frac{15000}{500} = 30,0 \text{ qcm}$  und nach Gl. 33<sup>a</sup>

$J_{min} = 8 \cdot 15,0 \cdot 3,0^2 = 1080 \text{ cm}^4$ . Der in Fig. 176 dargestellte Querschnitt genügt mit  $F = 58,9 \text{ qcm}$  und  $J = 1167 \text{ cm}^4$ .

Das nach Gl. 33 berechnete kleinste erforderliche Trägheitsmoment bezieht sich auf den Gesamtquerschnitt der Säule. Besteht dieser aus  $n$  Teilen, so sind diese in der nach Gl. 28 berechneten Entfernung  $\lambda$ , mindestens aber in den Drittelpunkten miteinander zu verbinden.

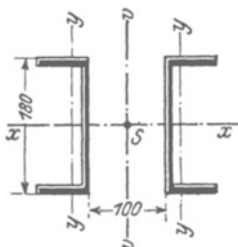


Fig. 177.

**Aufgabe 34.** In der Achse einer beiderseits geführten flußeisernen Säule von 5,2 m Höhe wirkt die Kraft  $P = 40000 \text{ kg}$ ; es ist der erforderliche Querschnitt zu bestimmen.

$k = 1200 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = \frac{3}{4} k$  ( $\nu = \frac{1}{3}$ );  $\mathcal{C} = 5$ .

**Auflösung.** Nach Gl. 1 wird  $F = \frac{40000}{1200} = 33,3 \text{ qcm}$  und nach Gl. 33<sup>a</sup>:  $J_{min} = 2,33 \cdot 44,0 \cdot 5,2^2 = 2520 \text{ cm}^4$ . Der in Fig. 177 dargestellte Querschnitt aus zwei, in 100 mm Lichtabstand liegenden  $\sqsubset$  NP. 18 genügt mit  $F = 2 \cdot 28,0 = 56,0 \text{ qcm}$  und  $J_{min} = 2 \cdot 1354 = 2708 \text{ cm}^4$ .

Mit  $n = 2$ ,  $S_n = \frac{40,0}{2} = 20,0 \text{ t}$  und  $i_{min} = 114 \text{ cm}^4$  wird nach Gl. 28:  $\lambda = \sqrt{\frac{114}{2,33 \cdot 20,0}} = 1,56 \text{ m}$ , so daß die beiden  $\sqcup$ -Eisen in den Viertelpunkten miteinander zu verbinden sind.

### 2. Berechnung der Auflagerung.

Die Übertragung des Säulendrucks  $P$  in den festen Baugrund erfolgt nach Fig. 178 durch Fußplatte, Werkstein und Fundamentmauerwerk in Ziegelsteinen oder meist Beton. Die zur Druckübertragung jeweils erforderliche Fläche  $F$  berechnet sich nach Gl. 1, wobei für  $k$  die zulässige Beanspruchung des unterhalb  $F$  gelegenen Baustoffs einzuführen ist. Da die Abmessungen des Werksteins und Fundamentmauerwerks von vornherein nicht bekannt sind, so werden deren Gewichte durch eine nachträgliche Vergrößerung der berechneten Fläche  $F$  berücksichtigt.

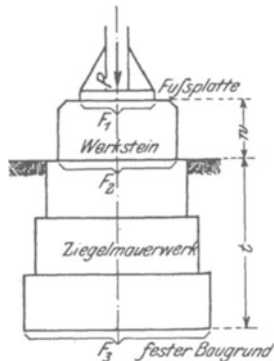


Fig. 178.

**Aufgabe 35.** Der Druck  $P = 40,0 \text{ t}$  der in Aufg. 34 berechneten Säule wird durch einen Sandstein ( $k_m = 20 \text{ kg/qcm}$ ) auf das Ziegelmauerwerk ( $k_m = 7 \text{ kg/qcm}$ ) und durch dieses in den festen Baugrund ( $k_f = 2,5 \text{ kg/qcm}$ ) übertragen. Es sollen die in Fig. 178 eingetragenen Flächen  $F_1$ ,  $F_2$  und  $F_3$  berechnet werden.

**Auflösung.** Nach Gl. 1 wird  $F_1 = \frac{40000}{20} = 2000 \text{ qcm}$ ; gewählt ist eine Fußplatte  $400 \times 500 \text{ mm}$  mit  $2000 \text{ qcm}$  Auflagerfläche. Ebenso wird  $F_2 = \frac{40000}{7} = 5710 \text{ qcm}$ ; daraus ergibt sich die Seitenlänge des quadratischen Werksteins zu  $\sqrt{5710} = 76 \text{ cm}$ ; gewählt ist zur Berücksichtigung des Eigengewichts  $a = 800 \text{ mm}$ . Endlich wird  $F_3 = \frac{40000}{2,5} = 16000 \text{ qcm}$ , daher die Seitenlänge der quadratischen Grundfläche  $a_1 = \sqrt{16000} = 126 \text{ cm}$ ; zur Berücksichtigung des Eigengewichts sind  $5\frac{1}{2}$  Stein mit  $a = 26 \cdot 5,5 - 1 = 142 \text{ cm}$  gewählt. Bei  $w = 0,4 \text{ m}$  Höhe und  $2400 \text{ kg/cbm}$  Einheitsgewicht des Sandsteins,  $t = 1,2 \text{ m}$  Höhe und  $1800 \text{ kg/cbm}$  Einheitsgewicht des Mauerwerks und Erdreichs ergibt sich der gesamte Druck auf den Baugrund zu  $P_1 = 40000 + 0,8^2 \cdot 0,4 \cdot 2400 + 1,42^2 \cdot 1,2 \cdot 1800 = \sim 45000 \text{ kg}$ , daher seine Beanspruchung  $\sigma = \frac{45000}{142^2} = 2,3 \text{ kg/qcm}$  (zul.  $2,5 \text{ kg/qcm}$ ).

## II. Die Säule wird auf Druck und Biegung beansprucht.

### 1. Berechnung des Säulenquerschnitts.

Ergeben die auf die Säule wirkenden äußeren Kräfte eine Resultierende  $R$  (Fig. 179), deren  $\frac{V}{W}$  senkrechte Seitenkraft  $\frac{V}{W}$  im Abstand  $\frac{v}{w}$  vom Säulenfußpunkt angreift, so erleidet jeder Querschnitt Druck- und Biegungsspannungen; die mit der Biegung gleichzeitig auftretende vertikale und horizontale Scherkraft kann bei der Querschnittsbestimmung wie bei den Trägern vernachlässigt werden. Für die freistehende Säule tritt das größte Biegemoment.

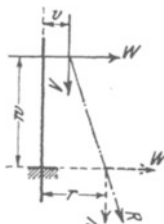


Fig. 179.

$$M_{max} = Vv + Ww = Vr$$

an der Einspannstelle auf, wo  $r$  den Abstand des Schnitt-

punkts der Resultierenden  $R$  aus  $V$  und  $W$  mit der Wagerechten durch den Fußpunkt von der Säulennachse bedeutet. Ist  $F$  der Flächeninhalt,  $\mathfrak{W}$  das Widerstandsmoment des Säulenquerschnitts, so ergeben sich die größten Spannungen zu

$$34) \quad \sigma_{\max}^{\min} = \frac{V}{F} \pm \frac{M_{\max}}{\mathfrak{W}},$$

wobei das Pluszeichen eine Druck-, das Minuszeichen eine Zugspannung bedeutet.

**Aufgabe 36.** Eine beiderseits geführte gußeiserne Säule von 5,0 m Höhe hat den in Fig. 180 dargestellten Querschnitt mit  $F = 157,6 \text{ qcm}$ ,  $J = 10330 \text{ cm}^4$  und  $\mathfrak{W} = 827 \text{ cm}^3$ . Sie ist mit der in  $v = 50 \text{ mm}$  Entfernung von der Achse angreifenden senkrechten Kraft  $V = 40,0 \text{ t}$  belastet (Fig. 180<sup>a</sup>). Es sind die größten auftretenden Spannungen sowie die tatsächliche Knicksicherheit zu berechnen.  $k = 500 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Mit  $M_{\max} = 40000 \cdot 5 = 200000 \text{ cmkg}$  wird nach Gl. 34:  $\sigma_{\max}^{\min} = \frac{40000}{157,6} \pm \frac{200000}{827} = 254 \pm 242 = \begin{matrix} + 496 \text{ (Druck)} \\ + 12 \text{ (Druck)} \end{matrix} \text{ kg/qcm}$ .

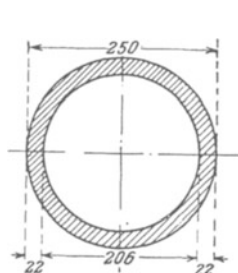


Fig. 180.

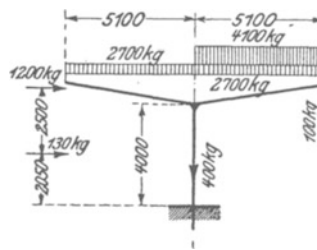
Fig. 180<sup>a</sup>.

Fig. 181.

Nach Gl. 33<sup>a</sup> wird  $J_{\min} = 8 \cdot 40,0 \cdot 5,0^2 = 8000 \text{ cm}^4$ , daher die wirklich vorhandene Knicksicherheit  $\mathfrak{S} = 8 \cdot \frac{10330}{8000} = 10,3$  fach.

**Aufgabe 37.** Die freistehende Säule einer einstieligen Bahnsteighalle ist nach Fig. 181 belastet. Es soll der Querschnitt an der Einspannstelle berechnet werden.  $k = \frac{1600}{1200} \text{ kg/qcm}$

mit Berücksichtigung des Winddrucks.  $\mathfrak{S} = 4$ .  
ohne

**Auflösung.** Ist die Säule beiderseits voll belastet, so ergibt sich der größte Säulendruck  $P = 2(2700 + 4100 + 100) + 400 = 14200 \text{ kg}$ , daher nach Gl. 1:  $F = \frac{14200}{1200}$

$$= 11,9 \text{ qcm} \text{ und nach Gl. 33}^b: J_{\min} = 4 \cdot 1,82 \cdot 14,2 \cdot 4,0^2 = 1690 \text{ cm}^4.$$

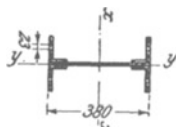


Fig. 182.

Bei der einseitigen Belastung nach Fig. 181 berechnet sich die Säulendruckkraft zu  $V = 2 \cdot 2700 + 4100 + 100 + 400 = 10000 \text{ kg}$  und das größte Moment an der Einspannstelle zu  $M_{\max} = 130 \cdot 2,05 + 1200 \cdot 4,55 + 4100 \cdot 2,55 + 100 \cdot 5,10 = 16690 \text{ mkg}$ . Der gewählte Querschnitt  $\frac{380}{12} + 4 \times 100 \cdot 65 \cdot 11$  (Fig. 182) hat  $F = 101,2 \text{ qcm}$ ,  $J_x = 26010 \text{ cm}^4$ ,  $J_y = 1760 \text{ cm}^4$  und  $W_x = 1220 \text{ cm}^3$  bei Berücksichtigung der Nietverschwächungen, erleidet daher die Beanspruchung

$$\sigma = \frac{10000}{101,2} + \frac{1669000}{1220} = 100 + 1370 = 1470 \text{ kg/qcm} \text{ (zul. } 1600 \text{ kg/qcm)}.$$

**Aufgabe 38.** Eine freistehende Säule (Freileitungsmast) von 800 kg Eigengewicht ist nach Fig. 183 mit den wagerechten Seilzügen  $S$  und Windkräften  $W$  belastet<sup>1)</sup>. Es soll

<sup>1)</sup> Die senkrechten Seitenkräfte der Seilzüge sind wegen der Kleinheit ihrer Größe und ihres Hebelarms vernachlässigt.

der Querschnitt an der Einspannstelle berechnet werden.  $k = 1200 \text{ kg/qcm}$ ;  $k_s = \frac{3}{4} k$ ;  $k_t = 2 k_s$ .  $\varnothing = 5$ .

**Auflösung.** Für die Einspannstelle beträgt die senkrechte Druckkraft  $V = 800 \text{ kg}$  und das Biegemoment

in der  $x$ -Achse infolge  $\left\{ \begin{array}{l} \text{der Seilzüge } M_{xs} = 280(8,4 + 8,0) + 80 \cdot 7,0 = 5150 \text{ mkg,} \\ \text{des Winddrucks } M_{xn} = 50(8,4 + 8,0) + 400 \cdot 4,2 = 2500 \text{ mkg.} \end{array} \right.$

in der  $y$ -Achse infolge  $\left\{ \begin{array}{l} \text{der Seilzüge } M_{ys} = 320 \cdot 8,4 + 380 \cdot 8,0 = 5730 \text{ mkg,} \\ \text{des Winddrucks } M_{yn} = 30(8,4 + 8,0) + 400 \cdot 4,2 = 2170 \text{ mkg.} \end{array} \right.$

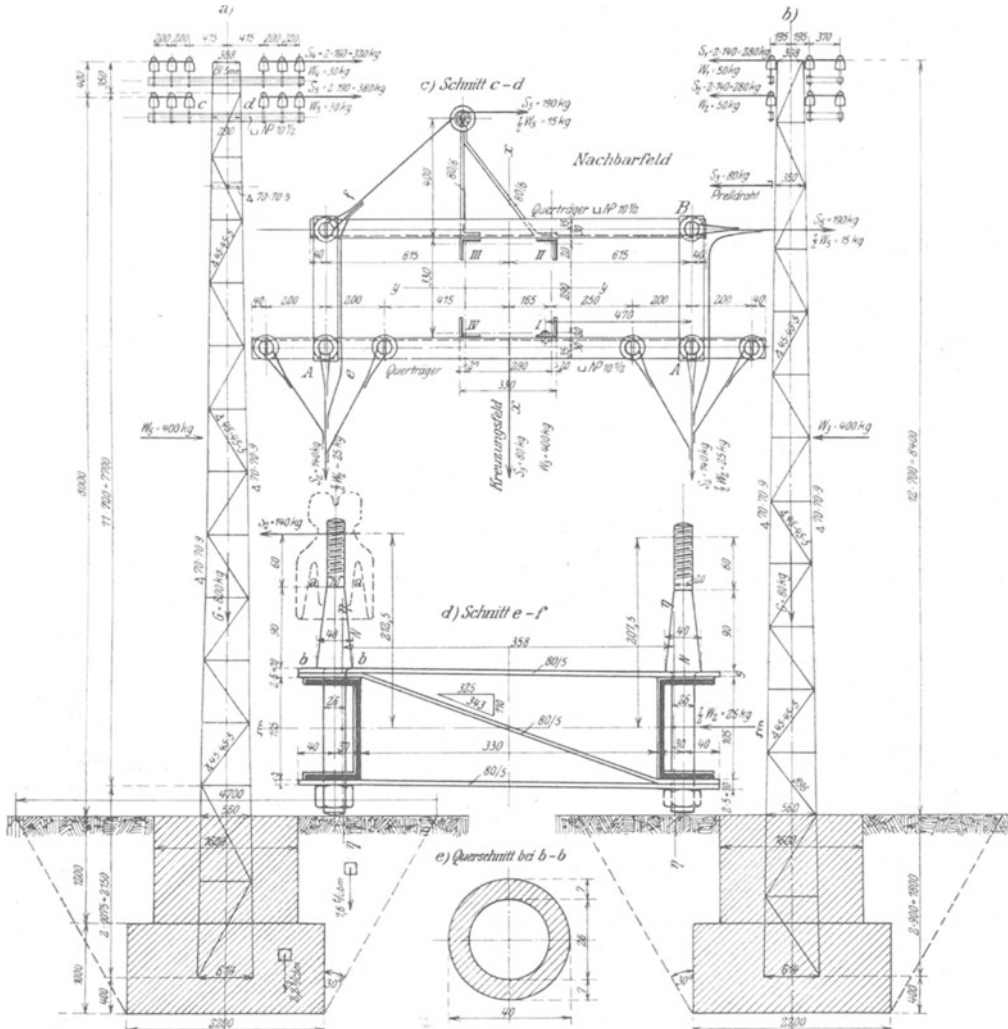


Fig. 183.

Die größte Gurtdruckkraft des fachwerkförmig gegliederten Mastes ergibt sich daher bei 560 mm Trägerhöhe zu  $O_{min} = -\frac{800}{4} - \frac{5150 + 2500 + 5730}{2 \cdot 0,56} = -200 - 11900 = -12100 \text{ kg}$  (Eckpfosten I Fig. 183<sup>e</sup>), die größte Zugkraft zu  $U_{max} = -200 + 11900 = +11700 \text{ kg}$  (Eckpfosten III Fig. 183<sup>e</sup>).  $J_{min} = 2,33 \cdot 12,1 \cdot 0,7^2 = 14 \text{ cm}^4$ . Gewählt ist  $1 \nless 70 \cdot 70 \cdot 9$  mit  $F = (11,9 - 1,6 \cdot 0,9) = 10,5 \text{ qcm}$  und  $J_{min} = 22 \text{ cm}^4$ ; daher  $\sigma = \frac{11700}{10,5} = 1120 \text{ kg/qcm}$  (zul.  $1200 \text{ kg/qcm}$ ).

Die größte Diagonalspannkraft berechnet sich zu  $D = \pm 1160 \frac{896}{560} = \pm 1900 \text{ kg}$ ;  
 $J_{min} = 2,33 \cdot 1,9 \cdot 0,896^3 = 4 \text{ cm}^4$ . Gewählt sind  $2 \nless 45 \cdot 45 \cdot 5$  mit  $J_{min} = 6,5 \text{ cm}^4$  und  
 $F = 2(4,5 - 1,3) 0,5 = 3,2 \text{ qcm}$  bei alleiniger Berücksichtigung des angeschlossenen  
 Schenkels. Zum Anschluß sind 2 Niete von  $13 \text{ mm } \phi$  mit  $2 \cdot 1,3 = 2,6 \text{ qcm}$  Scherfläche  
 gewählt; daher  $\sigma_s = \frac{1900}{2,6} = 730 \text{ kg/qcm}$  und  $\sigma_t = \frac{1900}{2 \cdot 1,3 \cdot 0,5} = 1460 \text{ kg/qcm}$ .

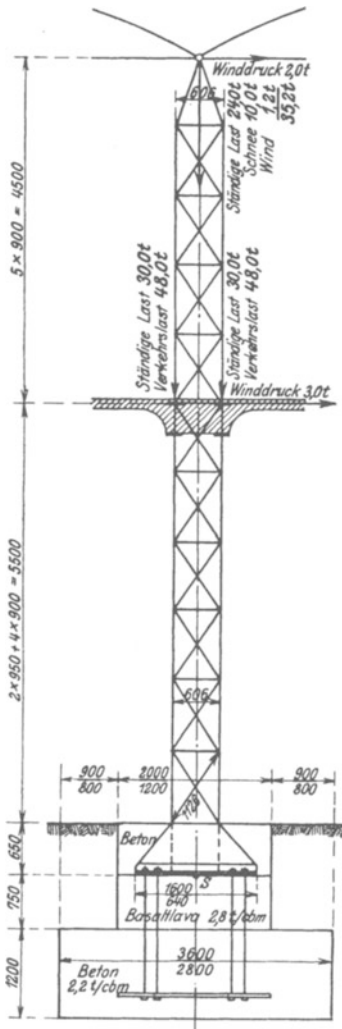


Fig. 184.

**Aufgabe 39.** Eine beiderseits geführte, fachwerkförmig gegliederte, zweigeschossige flußeiserne Säule ist nach Fig. 184 belastet. Es ist der Querschnitt an der Einspannstelle zu bestimmen.

$$k = 1400 \text{ kg/qcm}; \quad k_s = 1000 \text{ kg/qcm};$$

$$k_t = 2 k_s. \quad \zeta = 5.$$

**Auflösung.** Die größte Gurtspannkraft berechnet sich im Obergeschoß zu

$$S_1 = \frac{1}{2} (24,0 + 12,0 + 1,2)$$

$$+ \frac{2,0 \cdot 4,5}{0,606} = 18,6 + 14,8 = 33,4 \text{ t},$$

an der Einspannstelle zu

$$S_2 = \frac{1}{2} (24,0 + 12,0 + 1,2) + 48,0 + 30,0$$

$$+ \frac{2,0 \cdot 10,0 + 3,0 \cdot 5,5}{0,606} = 96,6 + 60,2 = 156,8 \text{ t},$$

daher die mittlere Spannkraft  $S_m = \frac{1}{2} (33,4 + 156,8) = 95,1 \text{ t}$  und das erforderliche Trägheitsmoment (Fig. 185) für die Achse  $xx$ :

$$J_x = 2,33 \cdot 95,1 \cdot 5,5^2 = 6700 \text{ cm}^4$$

und für die Achse  $yy$ :

$$J_y = 2,33 \cdot 156,8 \cdot 0,9^2 = 330 \text{ cm}^4.$$

Der gewählte Querschnitt  $2 \sqcup \text{NP. } 20 + 2 \frac{360}{10} + 1 \frac{80}{10}$  hat  $F = 116,4 \text{ qcm}$ ,  $J_x = 16700 \text{ cm}^4$  und  $J_y = 8640 \text{ cm}^4$ , daher  $\sigma = \frac{156800}{116,4} = 1350 \text{ kg/qcm}$  (zul.  $1400 \text{ kg/qcm}$ ).

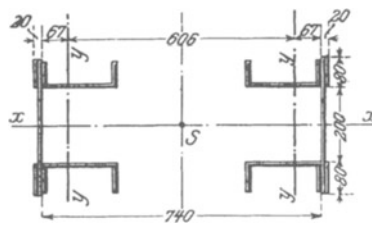


Fig. 185.

Die Diagonalstäbe werden nur durch die wagerechten Kräfte beansprucht. Unter der praktisch zulässigen Annahme, daß jede der gekreuzten Diagonalen eines Feldes 0,6fache der Kraft aufnimmt, berechnet sich ihre Spannkraft zu  $D = \pm 0,6 \cdot 5,0 \cdot \frac{1126}{606} = \pm 5,6 \text{ t}$ ;  $J_{min} = 2,33 \cdot 5,6 \cdot 1,13^2 = 16,5 \text{ cm}^4$ . Gewählt ist  $1 \nless 65 \cdot 65 \cdot 9$  mit  $J_{min} = 17,2 \text{ cm}^4$  und  $F = (6,5 - 1,6) 0,9 = 4,4 \text{ qcm}$  bei alleiniger Berücksichtigung des angeschlossenen Schenkels; daher  $\sigma = \frac{5600}{4,4} = 1280 \text{ kg/qcm}$  (zul.  $1400 \text{ kg/qcm}$ ). Zum Anschluß sind 3 ein-

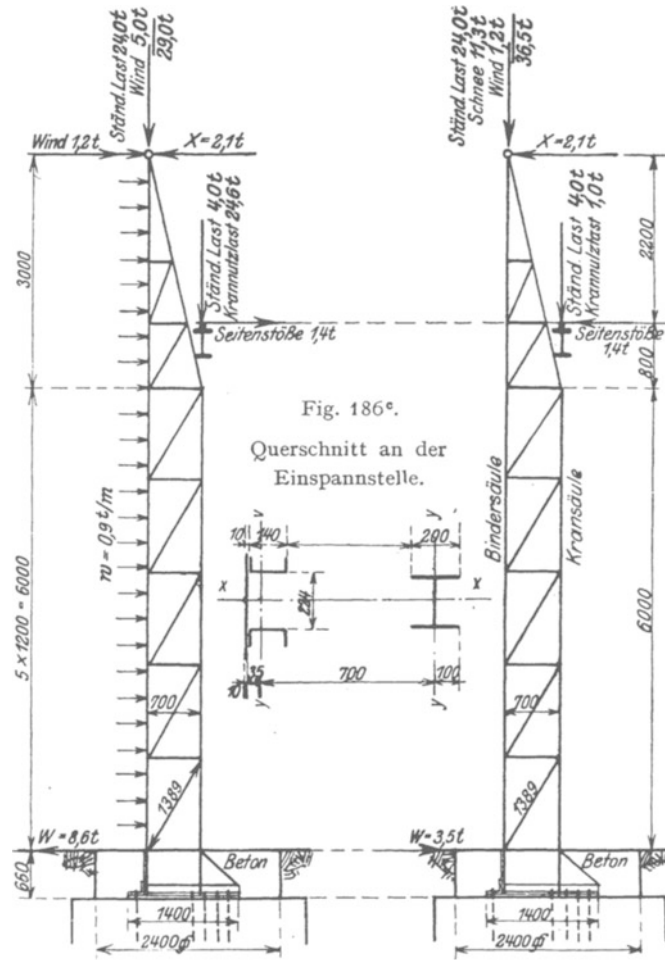


schnittige Niete von 16 mm  $\phi$  mit  $3 \cdot 2,0 = 6,0$  qcm Scherfläche gewählt; daher  $\sigma_s = \frac{5,6}{6,0} = 930$  kg/qcm (zul. 1000 kg/qcm).

Die Horizontalstäbe erhalten nur geringe Spannkkräfte; sie dienen zur Unterteilung der Knicklänge der freien  $\perp$ -Eisenflansche und sind aus konstruktiven Gründen aus  $2 \times 65 \cdot 65 \cdot 9$  gebildet.

Fig. 186<sup>a</sup>. Wind von links.

Fig. 186<sup>b</sup>. Wind von rechts.



**Aufgabe 40.** Eine beiderseits geführte, fachwerkförmig gegliederte Wandsäule ist nach Fig. 186<sup>a</sup> bei Windanfall von links belastet. Es ist der Querschnitt an der Einspannstelle zu bestimmen.  $k = 1200$  kg/qcm;  $k_s = 1000$  kg/qcm;  $k_l = 2 k_s$ .  $\xi = 5$ .

**Auflösung.** Die größte Druckkraft in der Kransäule tritt bei der Belastung Fig. 186<sup>a</sup> ein und berechnet sich zu

$$S'_{min} = 4,0 + 24,6 + \frac{(1,2 - 2,1) 3,0 + 0,9 \cdot 3,0 \cdot 1,5 + 1,4 \cdot 0,8}{0,7} = 28,6 + 3,5 = 32,1 \text{ t}$$

unter dem Kranbahnträger und zu

$$S'_{max} = 4,0 + 24,6 + \frac{(1,2 - 2,1) 9,0 + 0,9 \cdot 9,0 \cdot 4,5 + 1,4 \cdot 6,8}{0,7} = 28,6 + 54,1 = 82,7 \text{ t}$$

an der Einspannstelle; daher die mittlere Spannkraft  $S'_m = \frac{1}{2}(32,1 + 82,7) = 57,4$  t und

$$J_x = 2,33 \cdot 57,4 \cdot 6,0^2 = 4820 \text{ cm}^4,$$

$$J_y = 2,33 \cdot 82,7 \cdot 1,2^2 = 280 \text{ cm}^4.$$

Gewählt ist  $\text{H}$  Diff. 20 B mit  $F = 70,4$  qcm,  $J_x = 5170 \text{ cm}^4$  und  $J_y = 1570 \text{ cm}^4$ ; daher  $\sigma = \frac{82700}{70,4} = 1180 \text{ kg/qcm}$ .

Die größte Druckkraft in der Bindersäule tritt bei der Belastung Fig. 186<sup>b</sup> ein und berechnet sich zu  $S''_{min} = 36,5$  t am Kopf und zu

$$S''_{max} = 36,5 + \frac{2,1 \cdot 9,0 + 1,4 \cdot 6,8}{0,7} = 36,5 + 40,6 = 77,1 \text{ t}$$

an der Einspannstelle; daher  $S''_m = \frac{1}{2}(36,5 + 77,1) = 56,8$  t und (Fig. 186<sup>a</sup>)

$$J_x = 2,33 \cdot 56,8 \cdot 9,0^2 = 10720 \text{ cm}^4,$$

$$J_y = 2,33 \cdot 77,1 \cdot 1,2^2 = 260 \text{ cm}^4.$$

Gewählt sind 2  $\text{L}$  NP. 14 + 1  $\frac{360}{10}$  mit  $F = 76,8$  qcm,  $J_x = 10850 \text{ cm}^4$  und  $J_y = 2290 \text{ cm}^4$ ; daher  $\sigma = \frac{77100}{76,8} = 1040 \text{ kg/qcm}$ .

Die Diagonalen erhalten die größte  $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$  kraft bei der Belastung nach Fig.  $\frac{186^a}{186^b}$  mit

$$D = \frac{+8,6 \cdot 1,389 : 0,7}{-3,5 \cdot 1,389 : 0,7} = \frac{+17,1}{-7,0} \text{ t}; \quad J_{min} = 2,33 \cdot 7,0 \cdot 1,389^2 = 32 \text{ cm}^4.$$

Gewählt sind 2  $\text{L}$  NP. 6 $\frac{1}{2}$  + 2  $\frac{65}{12}$  mit  $J_{min} = 56 \text{ cm}^4$  und  $F = 2(6,5 - 2,0)(1,2 + 0,55) = 15,8$  qcm Fläche bei alleiniger Berücksichtigung des angeschlossenen  $\text{L}$ -Eisenstegs (Fig. 223); daher  $\sigma = \frac{17100}{15,8} = 1090 \text{ kg/qcm}$ . Zum Anschluß sind 6 einschnittige Niete von 20 mm  $\phi$  mit  $6 \cdot 3,1 = 18,6$  qcm Scherfläche gewählt.

Die wagerechten Riegel erhalten die größte Druckkraft  $V = -8,6$  t;  $J_{min} = 2,33 \cdot 8,6 \cdot 0,7^2 = 10 \text{ cm}^4$ . Gewählt sind 2  $\times$  65  $\cdot$  65  $\cdot$  9 mit  $F = 22,0$  qcm und  $J_{min} = 34 \text{ cm}^4$ . Zum Anschluß dienen 4 einschnittige Niete von 20 mm  $\phi$  mit  $4 \cdot 3,1 = 12,4$  qcm Scherfläche.

## 2. Berechnung der Säulenfußplatte

Die Fußplatte wird symmetrisch zu der durch  $V$  und  $W$  (Fig. 179) bestimmten lotrechten Kraftebene ausgebildet, so daß der Abstand  $r$  des Schnittpunkts der Resultierenden  $R$  mit der wagerechten Auflagerebene in eine Hauptachse der Platte fällt.

a) Der Schnittpunkt der Resultierenden  $R$  liegt innerhalb der Fußplatte. Ist  $F$  die Fläche,  $\mathfrak{B}$  das Widerstandsmoment,  $\kappa = \frac{\mathfrak{B}}{F}$  die zugehörige Kernweite der Platte, so hat man zwei Fälle zu unterscheiden.

$\alpha$ )  $r \leq \kappa$ . Zwischen Fußplatte und Mauerwerk treten nur Druckspannungen auf, deren Größtwerth sich (Fig. 179 und 187)

$$\text{für } r < \kappa_a \text{ zu} \quad 35^a) \quad \sigma_{max} = \frac{V}{F} + \frac{M}{\mathfrak{B}} = \frac{V}{F} \left( 1 + \frac{r}{\kappa_b} \right),$$

$$\text{für } r = \kappa_a \text{ zu} \quad 35^b) \quad \sigma_{max} = \frac{V}{F} \left( 1 + \frac{\kappa_a}{\kappa_b} \right)$$

berechnet. Ist  $k_m$  die zulässige Beanspruchung des Auflagersteins, so ergibt die Bedingung  $\sigma_{max} \leq k_m$  die erforderliche Auflagerfläche  $F$ .

**Aufgabe 41.** Es ist die quadratische Fußplatte der in Aufg. 36 berechneten gußeisernen Säule zu bestimmen.  $k_m = 20 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Mit  $F = a^2$ ,  $r = 50 \text{ mm}$  und  $\kappa_a = \kappa_b = \frac{a}{6}$  ergibt sich nach Gl. 35\*):  
 $20 = \frac{40000}{a^2} \left(1 + \frac{5 \cdot 6}{a}\right)$  oder  $a^3 - 2000a - 60000 = 0$  oder endlich  $a = \sim 57 \text{ cm}$ .

Muß die Fußplatte wegen Raummangel in ihren Abmessungen beschränkt oder in bezug auf die Säulenachse unsymmetrisch ausgebildet werden, so wird die Säule zur Herabminderung der größten Druckspannung zwischen Fußplatte und Auflagerstein verankert.

Jeder die Fußplatte mit dem Ankerkörper verbindende Anker wird mit einer gewissen Kraft von vornherein angespannt. Sind  $f_1, f_2, f_3, \dots$  die wirksamen Querschnittsflächen der einzelnen, symmetrisch zur Kräfteebene angeordneten Anker (Fig. 187),  $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3, \dots$  ihre parallel zur Kräfteebene gemessenen Entfernungen vom Plattenschwerpunkt  $S$ , so ergeben sich unter der Voraussetzung, daß alle Anker mit derselben Span-

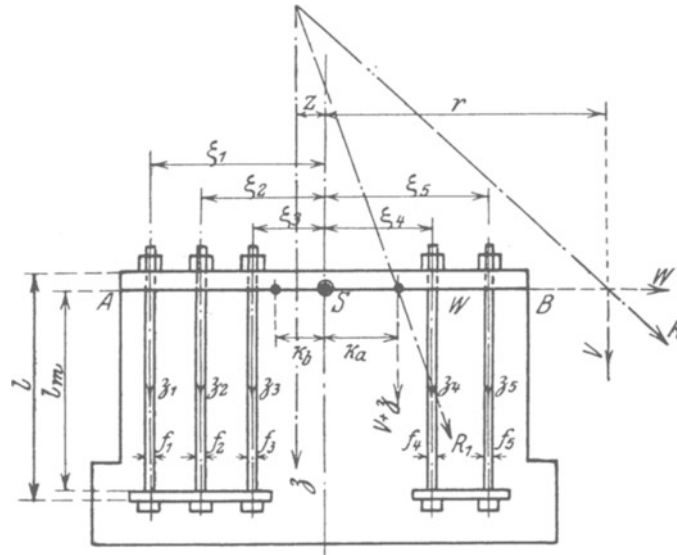


Fig. 187.

nung  $\sigma_3$  angespannt sind, die zur Erzeugung dieser Anfangsspannung erforderlichen Kräfte zu  $Z_1 = f_1 \sigma_3$ ,  $Z_2 = f_2 \sigma_3$ ,  $\dots$ , daher die Resultierende

$$36) \quad Z = \sigma_3 \Sigma f.$$

Aus  $Zz = Z_1 \zeta_1 + Z_2 \zeta_2 + \dots$  folgt der parallel zur Kräfteebene gemessene Abstand  $z$  dieser Resultierenden vom Schwerpunkt  $S$  zu

$$37) \quad z = \frac{\Sigma Z \zeta}{Z} = \frac{\Sigma f \zeta}{\Sigma f}.$$

Sind Querschnitt und Lage der Anker symmetrisch zur Schwerachse, so ist  $\Sigma f \zeta = 0$ , daher auch  $z = 0$ , d. h. die Resultierende  $Z$  greift im Plattenschwerpunkt an.

Mit dem durch Gl. 10 bestimmten Wert  $\alpha$  ergibt sich die durch  $V$ ,  $M = Vr$ ,  $Z$  und eine Temperaturerniedrigung des Ankers um  $t^0$  gegenüber dem Ankerkörper (vgl. Gl. 12) erzeugte größte Druckspannung zu

$$38) \quad \sigma_{max} = \frac{V}{(1 + \alpha) F} \left(1 + \frac{r}{\kappa_b}\right) + \frac{Z}{F} \left(1 - \frac{z}{\kappa_b}\right) + \frac{\epsilon E t}{1 + \alpha} \frac{f}{f_m} \frac{l_m}{t},$$

wobei das Verhältnis der Ankerfläche  $f$  zur Fläche  $f_m$  des für den Anker wirksamen Teils des Ankerkörpers für alle Anker gleich groß eingeführt werden darf, da  $f_m$  in einer

bestimmten, allerdings nur durch Schätzung zu ermittelnden Weise von  $f$  abhängt. Aus der Bedingung  $\sigma_{max} \leq k_m$  bestimmt sich die gesuchte Resultierende  $\mathfrak{Z}$ . Die zur Berechnung der Ankerquerschnittsfläche  $f$  erforderliche zulässige Anfangsspannung  $k_b$  erhält man dann wie folgt. Ist  $\sigma_z$  die durch die tatsächlich auftretende Ankerzugkraft  $Z$  erzeugte,  $k_z$  aber die zulässige Zugbeanspruchung des Ankers, so ergibt sich nach Gl. 11:

$$fk_b = \frac{1}{1+\alpha} \left( f\sigma_z + \varepsilon Et f \frac{l_m}{l} \right) \text{ und nach Gl. 12: } fk_z = f\sigma_z + \frac{2}{1+\alpha} \varepsilon Et f \frac{l_m}{l};$$

aus beiden Gleichungen folgt:

$$39) \quad k_b = \frac{1}{1+\alpha} \left( k_z - \varepsilon Et \frac{l_m}{l} \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \right).$$

Für die praktische Anwendung darf man aus den bei Gl. 12 erörterten Gründen  $\alpha = 0$  setzen, also die Resultierende  $\mathfrak{Z}$  aus der Gleichung

$$38^a) \quad \frac{V}{F} \left( 1 + \frac{r}{\alpha_b} \right) + \frac{\mathfrak{Z}}{F} \left( 1 - \frac{z}{\alpha_b} \right) + \varepsilon Et \frac{f}{f_m} \frac{l_m}{l} \leq k_m$$

und die zulässige Anfangsspannung aus der Gleichung

$$39^a) \quad k_b = k_z - \varepsilon Et \frac{l_m}{l}$$

bestimmen; man berücksichtigt dabei die Vernachlässigung von  $\alpha$  durch den erniedrigten Spannungswert  $k_z = \frac{800}{1000} \text{ kg/qcm}$  ohne Berücksichtigung der wagerechten Kräfte.

Die Säulenanker liegen meistens im Ankerkörper dicht eingeschlossen, so daß ein Temperaturunterschied zwischen beiden nicht zu berücksichtigen, in den Gl. 38 und 39 daher  $t = 0$  einzuführen ist.

Außer den Zugkräften haben die Anker noch die wagerechte Seitenkraft  $W$  durch ihren Scherwiderstand zu übertragen, soweit sie nicht durch den Reibungswiderstand zwischen Fußplatte und Ankerkörper aufgenommen wird.

**Aufgabe 42.** Eine in der Achse mit  $V = 63,0 t$  belastete, aus  $\text{H Diff. 20 B}$  gebildete Säule (Fig. 188) erhält eine in bezug auf die Säulenachse unsymmetrische rechteckige Fußplatte von  $a = 660 \text{ mm}$  Breite und  $b = 460 \text{ mm}$  Länge. Die größte auftretende Druckspannung  $\sigma_{max}$  soll durch eine Verankerung auf das zulässige Maß  $k_m = 30 \text{ kg/qcm}$  erniedrigt werden, wenn sich  $\sigma_{max} > k_m$  ergibt. Es ist Zahl und Querschnitt der erforderlichen Anker festzulegen.  $t = 0$ ;  $k = 1200 \text{ kg/qcm}$ .

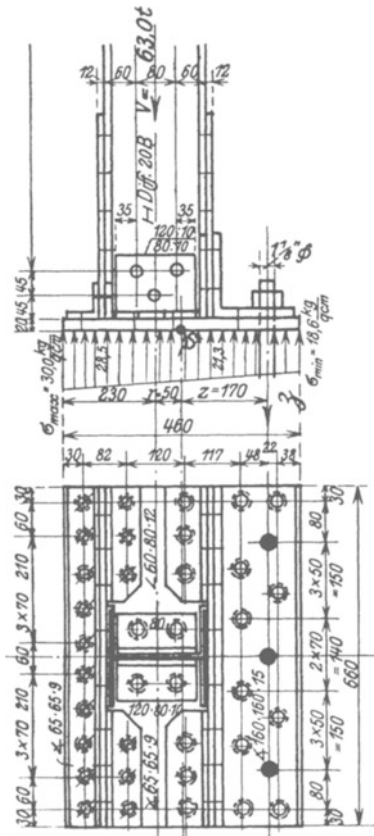


Fig. 188.

**Auflösung.** Nach Fig. 188 ist  $r = 50 \text{ mm}$ , daher ergibt sich mit  $\alpha_a = \alpha_b = \frac{460}{6}$  aus Gl. 35<sup>a</sup>:  $\sigma_{max} = \frac{V}{F} \left( 1 + \frac{r}{\alpha} \right) = \frac{63000}{3036} \left( 1 + \frac{5 \cdot 6}{46} \right) = 34,3 \text{ kg/qcm} > k_m$ . Es werden daher 3 Anker von gleichem Querschnitt  $f$  im Abstand  $z = 170 \text{ mm}$  vom Plattenschwerpunkt  $S$  angeordnet. Dann ergibt sich aus Gl. 38<sup>a</sup>:  $34,3 + \frac{\mathfrak{Z}}{3036} \left( 1 - \frac{17 \cdot 6}{46} \right) = 30$  der Wert  $\mathfrak{Z} = 10700 \text{ kg}$ . Auf jeden der 3 Anker entfällt daher die Zugkraft  $\frac{10700}{3} = 3600 \text{ kg}$ , die eine Fläche  $f = \frac{3600}{800} = 4,5 \text{ qcm}$  erfordert; gewählt ist eine  $1 \frac{1}{8}''$  Schraube mit  $4,5 \text{ qcm}$  Kernfläche. Die zwischen Platte und Auflagerstein eintretende Druckverteilung ist in Fig. 188 dargestellt. Für einen  $1 \text{ cm}$  langen Plattenstreifen berechnet sich das

größte Biegemoment zu  $\mathfrak{M} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5,9^3}{3} (2 \cdot 30,0 + 28,5) = 510 \text{ cmkg}$  bzw.  $\frac{1}{2} \cdot \frac{15,3^3}{3} (2 \cdot 18,6 + 21,3) = 2280 \text{ cmkg}$ , das vorhandene Widerstandsmoment zu  $\mathfrak{B} = 1 \cdot \frac{2,9^3}{6} = 1,4 \text{ cm}^3$  bzw.  $1 \cdot \frac{3,5^3}{6} = 2,0 \text{ cm}^3$ , daher die Biegebbeanspruchung  $\sigma_b = \frac{510}{1,4} = 370 \text{ kg/qcm}$  bzw.  $\frac{2280}{2,0} = 1140 \text{ kg/qcm}$ .

$\beta)$   $r > \kappa$ . Zwischen Fußplatte und Mauerwerk treten Zug- und Druckspannungen auf, so daß bei fehlender Verankerung ein Klaffen der Fuge eintritt und nur ein Teil der Fugenlänge zur Wirkung kommt. Für die rechteckige Platte (Fig. 189)

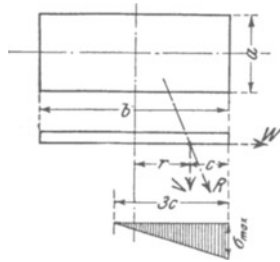


Fig. 189.

ergibt sich diese wirksame Länge mit  $c = \frac{b}{2} - r$  zu  $3c$  und die größte Kantenpressung zu

$$\sigma_{max} = \frac{2V}{3ac}.$$

Aus  $\sigma_{max} = k_m$  ergibt sich die kleinste erforderliche Plattenlänge zu

$$b = \frac{4V}{3ak_m} + \frac{2M}{V}.$$

Soll aber — und das gilt bei Säulen als Regel — ein Lüften der Fußplatte vermieden werden, so muß, wenn eine Vergrößerung der Plattenlänge  $b$  unmöglich ist, die Fußplatte mit dem Fundament verankert werden.

Die durch die Resultierende  $\mathfrak{Z}$  (Fig. 187) erzeugte Druckspannung  $\frac{\mathfrak{Z}}{F} \left(1 + \frac{z}{\kappa_a}\right)$  muß eine Verkürzung des Ankerkörpers herbeiführen, die mindestens gleich der durch  $V$ ,  $M = Vr$  und eine Temperaturerhöhung des Ankers um  $t^0$  gegenüber dem Ankerkörper erzeugte Verlängerung ist; entsprechend Gl. 11 ergibt sich daher

$$\frac{\mathfrak{Z}}{F} \left(1 + \frac{z}{\kappa_a}\right) = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ \frac{V}{F} \left(\frac{r}{\kappa_a} - 1\right) + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \right\} \text{ oder}$$

$$40) \quad \mathfrak{Z} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ V \frac{r - \kappa_a}{z + \kappa_a} + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{F \kappa_a}{z + \kappa_a} \right\}.$$

Die dann nach Gl. 35<sup>b</sup> berechnete größte Druckspannung

$$41) \quad \sigma_{max} = \frac{1 + \frac{\kappa_a}{\kappa_b}}{1 + \alpha} \left\{ \frac{V}{F} \frac{z + r}{z + \kappa_a} + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{\kappa_a}{z + \kappa_a} \right\}$$

muß  $\leq k_m$  sein.

Ist  $V = 0$ , so wird  $Vr = M$  und Gl. 40 und 41 gehen über in

$$40^a) \quad \mathfrak{Z} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ \frac{M}{z + \kappa_a} + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{F \kappa_a}{z + \kappa_a} \right\},$$

$$41^a) \quad \sigma_{max} = \frac{1 + \frac{\kappa_a}{\kappa_b}}{1 + \alpha} \left\{ \frac{M}{F(z + \kappa_a)} + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{\kappa_a}{z + \kappa_a} \right\}.$$

Für die rechteckige Platte (Fig. 189) wird mit  $\kappa_a = \kappa_b = \frac{b}{6}$ :

$$40^b) \quad \mathfrak{Z} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ V \frac{6r - b}{6z + b} + \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{ab^2}{6z + b} \right\},$$

$$41^b) \quad \sigma_{max} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ \frac{12V}{ab} \frac{z + r}{6z + b} + 2 \varepsilon Et \frac{f l_m}{f_m l} \frac{b}{6z + b} \right\},$$

und insbesondere mit  $z = 0$ :

$$40^{\circ}) \quad \mathfrak{Z} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ \frac{6M}{b} - V + \varepsilon Et \frac{f}{f_m} \frac{l_m}{l} ab \right\},$$

$$41^{\circ}) \quad \sigma_{max} = \frac{1}{1 + \alpha} \left\{ \frac{12M}{ab^2} + 2 \varepsilon Et \frac{f}{f_m} \frac{l_m}{l} \right\}.$$

**Aufgabe 43.** Die in Aufg. 39 berechnete Säule erhält eine zur Säulenachse symmetrisch ausgebildete rechteckige Fußplatte von 1600 mm Länge und 640 mm Breite (Fig. 184); es ist die etwa erforderliche Verankerung zu berechnen.  $k_m = 40$  kg/qcm.  $t = 0$ .  $\alpha = 0$ .

**Auflösung.** Bei einseitiger Deckennutzlast und ohne Schneebelastung berechnet sich das Moment für den Schwerpunkt  $S$  der Fußplatte nach Fig. 184 zu  $M = 2,0 \cdot 10,65 + 3,0 \cdot 6,15 + 48,0 \cdot 0,303 = 54,3$  mt, die gleichzeitig auftretende Vertikalkraft einschließlich des auf der Fußplatte ruhenden Betongewichts zu  $V = 24,0 + 1,2 + 2 \cdot 30,0 + 48,0 + 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 2,2 = 136,6$  t, daher  $r = \frac{54,3}{136,6} = 0,40$  m  $> \frac{z}{6} = \frac{1,6}{6} = 0,27$  m. Die darnach erforderlichen Anker werden mit gleichem Querschnitt symmetrisch zum Schwerpunkt  $S$  angeordnet, so daß sich mit  $z = 0$  nach Gl. 40<sup>o</sup>:  $\mathfrak{Z} = \frac{6 \cdot 54,3}{1,6} - 136,6 = 67,0$  t ergibt.

Ohne Deckennutz- und Schneelast wird  $M = 2,0 \cdot 10,65 + 3,0 \cdot 6,15 = 39,8$  mt;  $V = 24,0 + 1,2 + 60,0 + 3,4 = 88,6$  t;  $r = \frac{39,8}{88,6} = 0,45 > \frac{z}{6}$ ; daher  $Z = \frac{6 \cdot 39,8}{1,6} - 88,6 = 60,7$  t.

Auf jeden der angeordneten 8 Anker entfällt daher die größte Zugkraft  $\frac{67,0}{8} = 8,4$  t; gewählt sind Anker von  $1\frac{1}{2}'' \phi$  mit 8,4 qcm Kernfläche. Die größte Pressung des Auflagersteins ergibt sich nach Gl. 41<sup>o</sup> zu  $\sigma_{max} = \frac{12 \cdot 54,3 \cdot 10^5}{64 \cdot 160^2} = 40,0$  kg/qcm.

Bei voller Belastung wird  $M = 39,8$  mt und  $V + Z = 35,2 + 2(30,0 + 48,0) + 0,64 \cdot 1,6 \cdot 0,65 \cdot 2,2 + 67,0 = 259,7$  t; daher  $\sigma_{max} = \frac{259700}{64 \cdot 160} + \frac{3980000 \cdot 6}{64 \cdot 160^2} = 25,4 + 14,6 = 40,0$  kg/qcm.

**b) Der Schnittpunkt der Resultierenden  $R$  liegt außerhalb der Fußplatte.** Die Säule muß entweder mit dem Fundament verankert oder eingespannt werden.

a) Verankerung der Säule. Zur Berechnung der Anker dienen die Gl. 37 bis 41 unter der auch hier gültigen Voraussetzung, daß ein Lüften der Fußplatte nicht eintreten soll.

**Aufgabe 44.** Es sollen die Isolatorstützen  $A$  und  $B$  (Fig. 183<sup>o</sup>) samt den zugehörigen Querträgern berechnet werden.  $k = \frac{1200}{1500}$  kg/qcm für das Kreuzungsfeld;  $k_z = 0,75 k$  für die Anker.  $\mathfrak{C} = 4$ .  $\alpha = 0$ .  $t = 0$ .

**Auflösung.** Der Seilzug beträgt im  $\frac{\text{Kreuzungsfeld } 140 \text{ kg}}{\text{Nachbarfeld } 190 \text{ kg}}$ , daher das Moment für den Querschnitt  $a-a$  der Isolatorstütze (Fig. 183<sup>d</sup>)  $M = \frac{140 \cdot 6}{190 \cdot 6} = \frac{840}{1140}$  cmkg; bei 20 mm  $\phi$  und 0,785 cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment ergibt sich die Biegungsspannung zu  $\sigma_b = \frac{840}{1140 \cdot 0,785} = \frac{1070}{1450}$  kg/qcm. Das Einspannungsmoment für den Querschnitt  $b-b$  (Fig. 183<sup>d</sup>) ergibt sich zu  $M = \frac{140 \cdot 15}{190 \cdot 15} = \frac{2100}{2850}$  cmkg, die Kernweite des ringförmigen Druckquerschnitts (Fig. 183<sup>o</sup>) zu  $x = \frac{40}{8} \left[ 1 + \left( \frac{26}{40} \right)^2 \right] = 7,1$  mm; folglich nach Gl. 40<sup>o</sup> mit  $z = 0$  die Zugkraft  $\mathfrak{Z} = \frac{2100 \cdot 0,71}{2850 \cdot 0,71} = \frac{3000}{4000}$  kg und mit  $Fx = \mathfrak{Z} = 5,17$  cm<sup>3</sup> nach Gl. 41<sup>o</sup> die größte

Pressung in der Ringfläche zu  $\sigma_{max} = \frac{2 \cdot 2100 : 5,17}{2 \cdot 2850 : 5,17} = \frac{810}{1100}$  kg/qcm. Da der Anker im Schwerpunkt des Einspannquerschnitts angeordnet ist, tritt eine Zugkraft  $Z$  infolge des Moments  $M$  nicht auf; und da auch ein Temperaturunterschied zwischen Anker und  $\square$ -Eisen als Ankerkörper nicht in Betracht kommt, so ist die berechnete Kraft  $\mathfrak{z}$  die größte überhaupt im Anker auftretende Zugkraft. Bei 26 mm  $\phi$  hat der Anker eine Kernfläche von 3,57 qcm, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma_z = \frac{3000 : 3,57}{4000 : 3,57} = \frac{840}{1120}$  kg/qcm (zul.  $\frac{900}{1125}$  kg/qcm).

Die Betrachtung der Isolierstütze als eines Balkens auf 2 Stützen würde zu dem Stützenmoment  $M = \frac{140 \cdot 15,5}{190 \cdot 15,5} = \frac{2170}{2950}$  cmkg und daher bei 1,73 cm<sup>3</sup> Widerstandsmoment des Ankers zu der Biegebungsbeanspruchung  $\sigma_b = \frac{1260}{1690}$  kg/qcm führen.

Jedes der beiden, am Ort der Isolatorstützen nach Fig. 183<sup>d</sup> miteinander verbundenen Querträger- $\square$ -Eisen erleidet zunächst durch Seilzug und Winddruck in der Achse  $\xi\xi$  das Moment  $M_\xi = \frac{1}{2} (140 + 25) \cdot 47 = 3880$  cmkg. Durch das Verdrehungsmoment  $M_d = 140 \cdot 21,25 = 2975$  cmkg entstehen die senkrechten Stützdrücke  $N = \pm \frac{2975}{35,8} =$  rund  $\pm 90$  kg, daher in der Achse  $\eta\eta$  das Moment  $M_\eta = \pm 90 \cdot 47 = \pm 4230$  cmkg. Der Querträger  $B$  erhält endlich noch die Zugkraft 190 kg und in der Achse  $\eta\eta$  das Zusatzmoment  $M'_\eta = 190 \cdot 20,75 = 3930$  cmkg. Das mit Rücksicht auf die für den Anker erforderliche Flanschbreite gewählte  $\square$  NP. 10<sup>1/2</sup> hat  $F = 17,3$  qcm,  $W_\xi = 54,7$  cm<sup>3</sup>,  $W_\eta = 13,2$  cm<sup>3</sup>, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma_A = \frac{3880}{13,2} + \frac{4230}{54,7} = 300 + 80 = 380$  kg/qcm bzw.  $\sigma_B = \frac{190}{17,3} + \frac{3880}{13,2} + \frac{3930 - 4230}{54,7} = 10 + 300 - 5 = 305$  kg/qcm.

Die Diagonale der Querverbindung (Fig. 183<sup>d</sup>) erhält die Zugkraft  $D = 90 \cdot \frac{343}{110} =$  rund 300 kg; das gewählte Flacheisen  $\frac{80}{5}$  hat eine Fläche von  $(8 - 2,6) \cdot 0,5 = 2,7$  qcm. Der Untergurt erhält die Druckkraft  $U = -90 \cdot \frac{358}{110} - \frac{25}{2} + \frac{140}{2} = -240$  kg;  $J_{min} = 1,82 \cdot 0,24 \cdot 0,358^2 = 0,06$  cm<sup>4</sup>; das gewählte Flacheisen  $\frac{80}{5}$  hat  $J_{min} = 8 \cdot \frac{0,5^3}{12} = 0,08$  cm<sup>4</sup>. Der Obergurt erhält aus praktischen Gründen dasselbe Profil.

**Aufgabe 45.** Es ist die Fußplatte der in Aufg. 40 berechneten Säule zu bestimmen.  $h_m = 35$  kg/qcm.  $t = 0$ .  $\alpha = 0$ .

**Auflösung.** Für die in Fig. 190 dargestellte Fußplatte berechnet sich die Fläche zu  $F = 1,4 \cdot 1,2 - 0,32 \cdot 1,04 = 1,3472$  qm, der Schwerpunktsabstand von der Kante  $B$  zu  $\left(1,2 \cdot \frac{1,4^3}{2} - \frac{0,32 \cdot 1,04^3}{3}\right) : 1,3472 = 0,788$  m, das Trägheitsmoment für die Schwerachse zu  $J = 1,2 \cdot \frac{1,4^3}{3} - \frac{0,32 \cdot 1,04^3}{6} - 1,3472 \cdot 0,788^2 = 0,2011$  m<sup>4</sup>, die Widerstandsmomente zu  $W_A = \frac{0,2011}{0,612} = 0,3287$  m<sup>3</sup>,  $W_B = \frac{0,2011}{0,788} = 0,2552$  m<sup>3</sup>, daher endlich die Kernweiten zu  $\kappa_a = \frac{0,3287}{1,3472} = 0,244$  m und  $\kappa_b = \frac{0,2552}{1,3472} = 0,189$  m.

Das größte  $\frac{\text{rechts}}{\text{links}}$  drehende Moment tritt bei der Belastung nach Fig.  $\frac{186^a}{186^b}$  mit  $\frac{M_r}{M_l} = \frac{0,9 \cdot 9,0 \cdot 5,1 + (1,2 - 2,1) \cdot 9,6 + 1,4 \cdot 7,4 + 28,6 \cdot 0,308 - 29,0 \cdot 0,392}{2,1 \cdot 9,6 + 1,4 \cdot 7,4 + 30,5 \cdot 0,392 - 5,0 \cdot 0,308} = \frac{40,5}{43,3}$  mt auf; die gleichzeitig wirkende Vertikalkraft berechnet sich einschließlich des auf der Fußplatte ruhenden Betongewichts zu  $\frac{V_r}{V_l} = \frac{29,0 + 28,6 + 2,4^2 \cdot 0,6 \cdot 2,2}{36,5 + 5,0 + 2,4^2 \cdot 0,6 \cdot 2,2} = \frac{65,2}{49,1}$  t; daher der Abstand der Resultierenden  $\frac{\kappa_r}{\kappa_l} = \frac{0,621}{0,882}$  m. Soll die nach Gl. 40 zu berechnende Ankerkraft  $\mathfrak{z}$  für

beide Drehrichtungen denselben Wert erlangen, so ergibt sich mit Bezugnahme auf Fig. 187 die Gleichung

$$V_r \frac{r_r - \kappa_a}{z + \kappa_a} = V_l \frac{r_l - \kappa_b}{z + \kappa_b} \quad \text{oder} \quad 65,2 \frac{0,621 - 0,244}{z + 0,244} = 49,1 \frac{0,882 - 0,189}{-z + 0,189},$$

aus der sich  $z = -0,062$  m ergibt; das Minuszeichen deutet an, daß die Resultierende  $\mathfrak{Z}$  nicht wie in Fig. 187 links, sondern rechts vom Schwerpunkt  $S$  liegt (Fig. 190). Damit ergibt sich nach Gl. 40:  $\mathfrak{Z} = 65,2 \frac{0,621 - 0,244}{-0,062 + 0,244} = 49,1 \frac{0,882 - 0,189}{0,062 + 0,189} = 135,4$  t (gemittelt aus den beiden Werten 135,1 und 135,6 t) und mit den Maßangaben der Fig. 190:

$$\mathfrak{Z}_1 = \frac{135,6 \cdot 468 - 62 \cdot 915}{447 + 62} = \frac{60,2}{75,4} \text{ t; gewählt sind } \frac{9}{8} \text{ Anker von } \frac{13}{8}'' \text{ } \phi \text{ mit } \frac{9 \cdot 6,8}{8 \cdot 9,5} = 76,0 \text{ qcm}$$

Kernfläche.

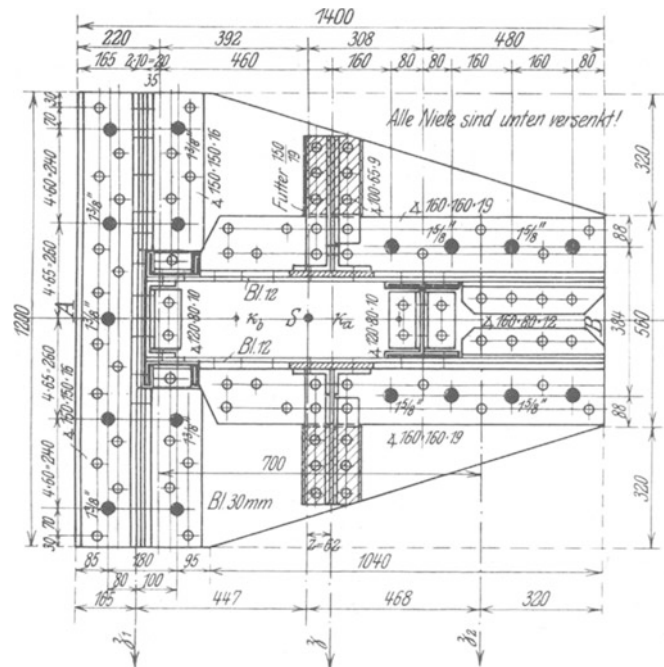


Fig. 190.

Dann berechnen sich die Spannungen

$$\sigma_{B \max} = \frac{65,2 + 135,4}{1,3472} + \frac{40,5 + 135,4 \cdot 0,062}{0,2552} = 149 + 192 = 341 \text{ t/qm} = 34,1 \text{ kg/qcm.}$$

$$\sigma_{A \min} = \frac{65,2 + 135,4}{1,3472} - \frac{40,5 + 135,4 \cdot 0,062}{0,3287} = 149 - 149 = 0.$$

$$\sigma_{A \max} = \frac{49,1 + 135,4}{1,3472} + \frac{43,3 - 135,4 \cdot 0,062}{0,3287} = 137 + 106 = 243 \text{ t/qm} = 24,3 \text{ kg/qcm.}$$

$$\sigma_{B \min} = \frac{49,1 + 135,4}{1,3472} - \frac{43,3 - 135,4 \cdot 0,062}{0,2552} = 137 - 137 = 0.$$

Setzt man in Gl. 41:  $\sigma_{\max} = k_m$ , so ergeben Gl. 40 und 41 die zusammengehörigen Werte

$$42^a) \quad \mathfrak{Z} = F k_m \frac{\kappa_b}{\kappa_a + \kappa_b} \frac{V}{1 + \alpha}, \quad 42^b) \quad \mathfrak{Z}^z = \frac{M}{1 + \alpha} - F k_m \frac{\kappa_a \kappa_b}{\kappa_a + \kappa_b} + \epsilon E t \frac{f}{f_m} \frac{l_m}{l} F \kappa_a,$$



und insbesondere für die rechteckige Platte (Fig. 189)

$$42a^{\alpha)} \quad \mathfrak{B} = \frac{ab}{2} \cdot k_m - \frac{V}{1+\alpha}, \quad 42a^{\beta)} \quad \mathfrak{B} z = \frac{M}{1+\alpha} - \frac{ab^2}{12} k_m + \varepsilon E t \frac{J}{f_m} \frac{l_m}{l} \frac{ab^2}{6}.$$

**Aufgabe 46.** Welchen Durchmesser müssen die zur Befestigung des in Fig. 191 dargestellten Kranbahnträgers erforderlichen Wandschrauben erhalten, wenn,  $t=0$  und  $\alpha=0$  vorausgesetzt,  $k_m \leq 12 \text{ kg/qcm}$  und  $k_b \leq 700 \text{ kg/qcm}$  sein soll?

**Auflösung.** Mit  $V = -300 \text{ kg}$  und  $M = 4400 \cdot 32,0 + 300 \cdot 15,5 = 145450 \text{ cmkg}$  wird nach Gl. 42a $\alpha$ ):  $\mathfrak{B} = 24 \cdot \frac{48}{2} \cdot 12 + 300 = 7210 \text{ kg}$  und nach Gl. 42a $\beta$ )  $z = \frac{1}{7210} (145450 - \frac{24 \cdot 48^2}{12} \cdot 12) = \frac{90150}{7210} = 12,5 \text{ cm}$ . Man hat daher nach Fig. 191 die beiden Gleichungen  $\mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_2 = 7210$  und  $\mathfrak{B}_1 \cdot 19,0 - \mathfrak{B}_2 \cdot 18,5 = 90150$ , aus denen sich  $\frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{B}_2} = \frac{5960}{1250} \text{ kg}$  berechnet. Gewählt sind  $\frac{2}{1}$  Schrauben von  $\frac{1 \frac{1}{8}}{3 \frac{1}{4}}'' \phi$  mit  $\frac{9,0}{2,0} \text{ qcm}$  Kernfläche, daher die

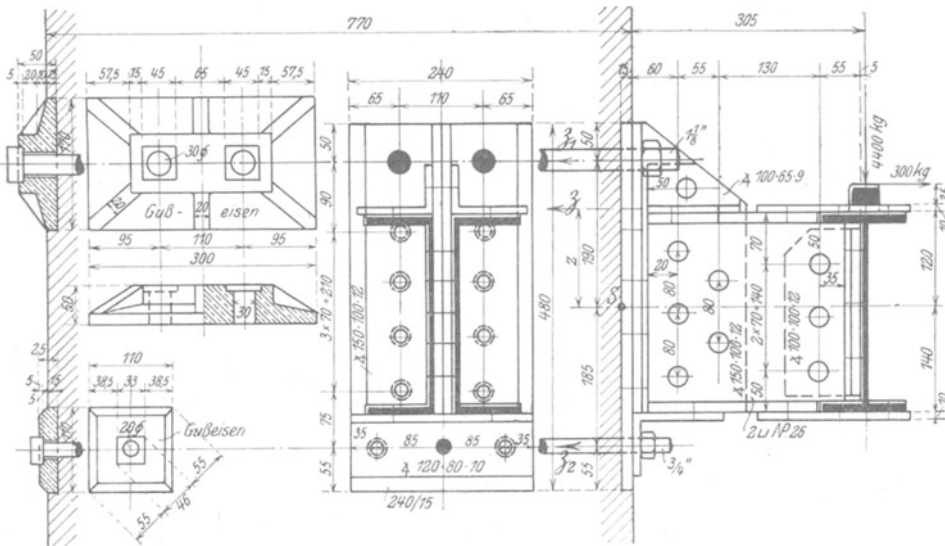


Fig. 191<sup>b</sup>

Fig. 191<sup>c</sup>.

Fig. 191<sup>a</sup>.

Beanspruchung  $\sigma_3 = \frac{5960 : 9,0}{1250 : 2,0} = \frac{660}{630} \text{ kg/qcm}$ . Außerdem erleiden die Schrauben bei  $2 \cdot 6,4 + 1 \cdot 2,8 = 15,6 \text{ qcm}$  Schaftfläche die Scherbeanspruchung  $\sigma_s = \frac{4400}{15,6} = 280 \text{ kg/qcm}$ , wenn man von der unmittelbaren Druckübertragung durch die Wandplatte und von der Mitwirkung der Reibung absieht.

Die Ankergegenplatten  $\frac{300 \cdot 170}{110 \cdot 110}$  (Fig. 191<sup>b</sup>) ergeben die Mauerpressung  $\sigma_m = \frac{5960 : 510}{1250 : 121} = \frac{11,7}{10,3} \text{ kg/qcm}$ ; sie erleiden für 1 cm Breite das größte Moment  $\mathfrak{M} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 11,7 \cdot 1 \cdot 5,75^2}{\frac{1}{2} \cdot 10,3 \cdot 1 \cdot 5,5^2} = \frac{193}{156} \text{ cmkg}$ , daher bei  $\frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 2,5^2 = 1,0 \text{ cm}^3$  Widerstandsmoment die Biegebeanspruchung  $\sigma_b = \frac{193}{156} \text{ kg/qcm}$ .

$\beta$ ) Einspannung der Säule. Die senkrechte Seitenkraft  $V$  (Fig. 179) wird durch eine wagerechte Fußplatte, das Moment  $M = Vv + Ww = Rr$  aber durch das Gegenmoment zweier vom Fundament ausgehenden wagerechten Kräfte (Fig. 192) aufgenommen. Ist  $d$  die Breite,  $e$  die Höhe der wirksamen Druckfläche des Fundamentkörpers, so erzeugt die wagerechte

Seitenkraft  $W$  die überall gleiche Druckspannung  $\sigma = \frac{W}{de}$  und das Moment  $\mathfrak{M} = M + W \frac{e}{2}$  die größte Biegungsspannung  $\sigma_b = \frac{6 \mathfrak{M}}{de^2}$ ; aus  $\sigma + \sigma_b \leq k_m$  ergibt sich die kleinste erforderliche Einspannhöhe zu

$$43) \quad e = \frac{2W}{dk_m} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{3}{2} dk_m \frac{M}{W^2}} \right).$$

Die tatsächliche Einmauerungstiefe  $t$  wird zu  $e + 50$  bis  $e + 100$  mm gewählt.

Damit der hier durchweg aus Beton bestehende Einspannkörper in den Ebenen I bis I (Fig. 192<sup>a</sup>) nicht abgesichert wird, muß die Breite  $x$  für 1 cm Höhe der Gleichung  $2x \cdot 1 \cdot k_s = d \cdot \sigma_{max}$  genügen, wo  $k_s$  die mittlere zulässige Scherbeanspruchung des Betons ist; aus ihr ergibt sich

$$44) \quad x = \frac{d \sigma_{max}}{2 k_s}.$$

Damit der Beton in der Ebene II—II nicht abgerissen wird, muß die Länge  $y$  der Gleichung  $2y \cdot 1 \cdot k_z = d \cdot \sigma_{max}$  genügen; da für Beton  $k_z = k_s$  eingeführt werden darf, ergibt sich

$$44^a) \quad y = x.$$

Damit endlich durch das Biegemoment  $d \cdot \sigma_{max} \cdot \frac{d}{8}$  der zwischen den Ebenen I bis I gelegene Betonteil nicht überanstrengt wird, muß  $x$  auch der Gleichung  $1 \cdot \frac{x^2}{6} \cdot k_b = d \cdot \sigma_{max} \cdot \frac{d}{8}$  genügen, aus der sich mit  $k_b = k_s$  der Wert

$$44^b) \quad x = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{3 \sigma_{max}}{k_s}}$$

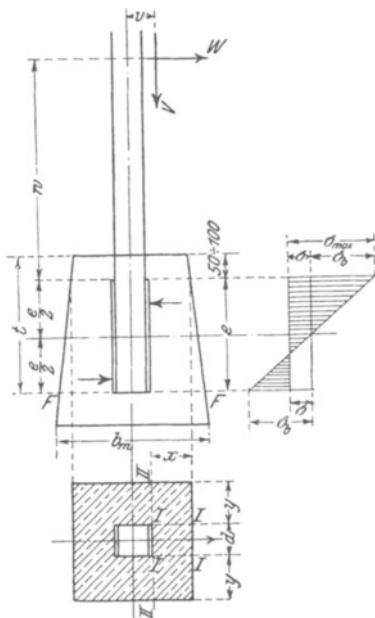
ergibt. In der Ebene F—F hat der Fundamentkörper sämtliche Kräfte und Momente aufzunehmen.

**Aufgabe 47.** Die in Aufg. 37 berechnete Säule (einstielige Bahnsteighalle) ist nach Fig. 193 in ein Betonfundament eingespannt, dessen zulässige Beanspruchung auf Druck  $k = \frac{20}{25}$  kg/qcm ohne Berücksichtigung des Winddrucks, mit auf Zug und Abscheren  $k_z = k_s = 4,5$  kg/qcm beträgt. Es sollen Einspannungstiefe und Fundamentabmessungen berechnet werden.

**Auflösung.** Nach Aufg. 37 und Fig. 193 berechnet sich  $V = 10000$  kg,  $W = 1330$  kg und  $M = 16690 + 1330 \cdot 0,1 = 16820$  mkg, daher mit  $d = 300$  mm nach Gl. 43:  $e = \frac{2 \cdot 1330}{30 \cdot 25} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{3}{2} \cdot 30 \cdot 25 \cdot \frac{1682000}{1330^2}} \right) = 120$  cm. Nach Gl. 44 und 44<sup>a</sup> wird  $x = y = \frac{30 \cdot 25}{2 \cdot 4,5} = 83$  cm; gewählt ist  $x = y = 85$  cm, so daß sich nach Gl. 44<sup>b</sup> die Biegungsspannung zu  $\sigma_z = \frac{3}{4} \cdot 30^2 \cdot \frac{25}{85^2} = 2,4$  kg/qcm (zul. 4,5 kg/qcm) ergibt.

In der Ebene F—F ist  $V = 10000 + 2,1 \cdot 2,0 \cdot 1,3 \cdot 2200 + 300$  (Gewicht des Säulenfußes) = 22300 kg,  $W = 1330$  kg,  $M = 16690 + 1330 \cdot 1,3 = 18420$  mkg, daher die Spannungen im Beton  $\sigma = \frac{22300}{200 \cdot 210} \pm \frac{1842000 \cdot 6}{200 \cdot 210^2} = 0,53 \pm 1,25 = \frac{+1,8}{-0,7}$  (Druck) kg/qcm (zul.  $\frac{20}{4,5}$  kg/qcm).

Fig. 192.

Fig. 192<sup>a</sup>.

**Aufgabe 48.** Für den in Aufg. 38 berechneten Freileitungsmast sollen die im Betonfundament (Fig. 183) auftretenden größten Spannungen berechnet werden.

**Auflösung.** Nach Fig. 183 ist  $t = 1800$  mm, daher  $e = 1800 - 100 = 1700$  mm,  $d = 2 \cdot 70 = 140$  mm. Ferner berechnet sich nach Aufg. 38 Horizontalkraft und Biegemoment in der

$x$ -Achse zu  $W_x = 640 + 500 = 1140$  kg;  $M_x = 5150 + 2500 + 1140 \cdot 0,95 = 8730$  mkg;  
 $y$ -Achse zu  $W_y = 700 + 460 = 1160$  kg;  $M_y = 5730 + 2170 + 1160 \cdot 0,95 = 9000$  mkg.

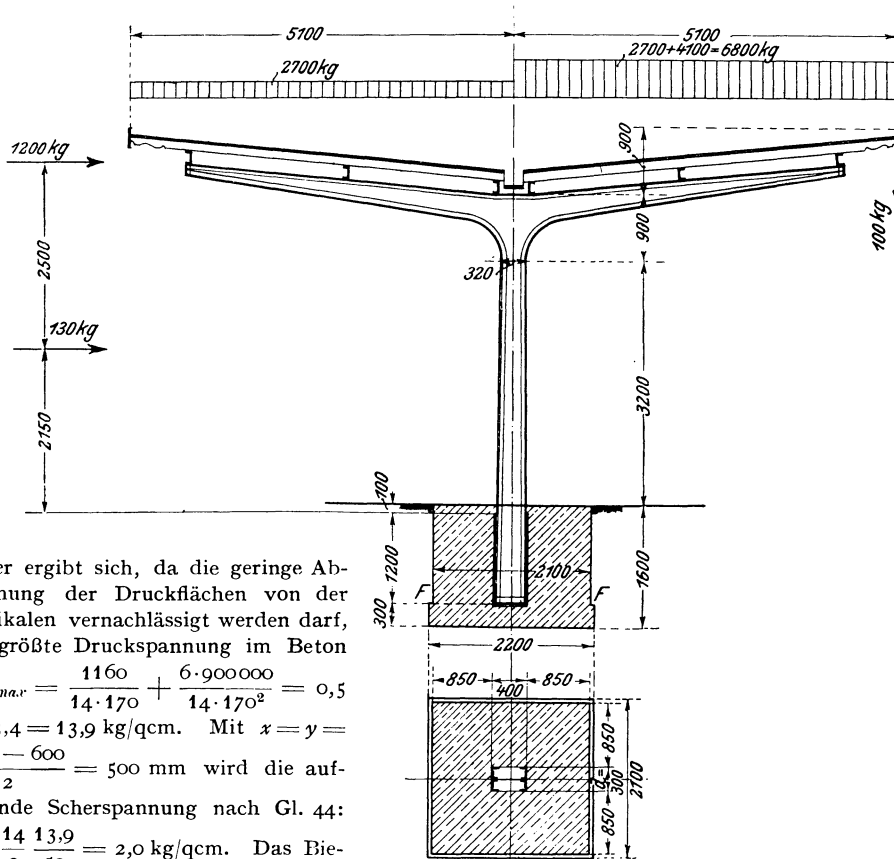


Fig. 193.

Daher ergibt sich, da die geringe Abweichung der Druckflächen von der Vertikalen vernachlässigt werden darf, die größte Druckspannung im Beton zu  $\sigma_{max} = \frac{1160}{14 \cdot 170} + \frac{6 \cdot 9000000}{14 \cdot 170^2} = 0,5 + 13,4 = 13,9$  kg/qcm. Mit  $x = y = \frac{1600 - 600}{2} = 500$  mm wird die auftretende Scherspannung nach Gl. 44:

$\sigma_s = \frac{14 \cdot 13,9}{2 \cdot 50} = 2,0$  kg/qcm. Das Biegemoment berechnet sich für 1 cm Höhe zu  $M = 1 \cdot 7 \cdot 13,9 \cdot \frac{1}{2} = 340$  cmkg, daher die Biegungsspannung zu  $\sigma_b = \frac{340 \cdot 6}{1 \cdot 50^2} = 0,8$  kg/qcm. Gleichzeitig mit  $\sigma_s$  tritt im Querschnitt I—I noch eine durch  $W_x$  und  $M_x$  erzeugte Zugspannung  $\sigma_z$  auf; mit  $\sigma'_{max} = \frac{1140}{14 \cdot 170} + \frac{6 \cdot 8730000}{14 \cdot 170^2} = 0,5 + 13,0 = 13,5$  kg/qcm wird  $\sigma_z = \frac{1 \cdot 14 \cdot 13,5}{2 \cdot 50} = 1,9$  kg/qcm, so daß sich die Hauptspannung genau genug zu  $\sigma = 0,35 \cdot 1,9 + 0,65 \sqrt{1,9^2 + 4 \cdot 2,0^2} = 3,5$  kg/qcm berechnet.

### 3. Berechnung der Auflagerung.

Auf die Fuge CD zwischen Werkstein und Ziegel- oder Betonmauerwerk (Fig. 194) wirkt

die senkrechte Last  $V_w = V + \mathfrak{z} + G_w$  ( $G_w =$  Gewicht des Werksteins).  
 das Moment  $M_w = M - \mathfrak{z}z + Wt_w$  ( $t_w =$  Höhe des Werksteins).

Sind  $a_w$  und  $b_w$  die Abmessungen des rechteckigen Werksteins, so ergeben sich die Spannungen

$$\sigma_{\min} = \frac{V_w}{a_w b_w} \pm \frac{6M_w}{a_w b_w^2}.$$

Ergibt sich  $\sigma_{\min}$  negativ (als Zugspannung), so ist mit  $r_w = \frac{M_w}{V_w}$  nur der Teil  $3c_w = 3\left(\frac{b_w}{2} - r_w\right)$  der Fuge  $CD$  als wirksam einzuführen und man erhält nach Gl. 35<sup>b</sup> mit  $\alpha_a = \alpha_b$ :

$$\sigma_{\max} = \frac{2V_w}{3a_w c_w}.$$

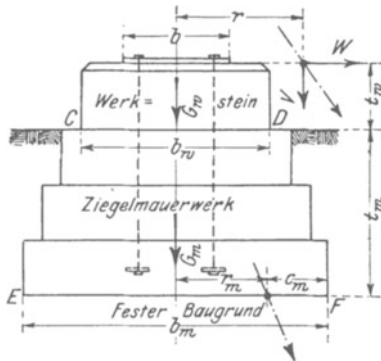


Fig. 194.

Fig. 184 dargestellt; es sollen die größten auftretenden Spannungen berechnet werden.

$$\frac{k_m}{k_f} = \frac{18}{4} \text{ kg/qcm für den Beton Baugrund.}$$

**Auflösung.** 1. Fuge  $CD$ . Bei einseitiger Deckennutzlast und ohne Schneebelastung wird nach Aufg. 43 und Fig. 184:  $V_w = 136,6 + 67,0 + 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 2,8 = 208,6 \text{ t}$  und  $M_w = 54,3 + 5,0 \cdot 0,75 = 58,1 \text{ mt}$ ; daher  $\sigma_{\max} = \frac{208600}{120 \cdot 200} + \frac{5810000 \cdot 6}{120 \cdot 200^2} = 8,7 + 7,7 = 16,4 \text{ kg/qcm}$ .

Bei voller Belastung wird  $V_w = 35,2 + 2(30,0 + 48,0) + 67,0 + 2,0 \cdot 1,2(0,65 \cdot 2,2 + 0,75 \cdot 2,8) = 266,7 \text{ t}$  und  $M_w = 39,8 + 5,0 \cdot 0,75 = 43,6 \text{ mt}$ ; daher  $\sigma_{\max} = \frac{266700}{120 \cdot 200} + \frac{4360000 \cdot 6}{120 \cdot 200^2} = 11,1 + 5,5 = 16,6 \text{ kg/qcm}$ .

2. Fundamentsohle  $EF$ . Bei einseitiger Deckennutzlast und ohne Schneebelastung wird  $V_m = 208,6 + 3,6 \cdot 2,8 \cdot 1,2 \cdot 2,2 + (3,6 \cdot 2,8 - 2,0 \cdot 1,2) 1,4 \cdot 1,6 = 208,6 + 26,6 + 17,2 = 252,4 \text{ t}$  und  $M_m = 58,1 + 5,0 \cdot 1,2 = 64,1 \text{ mt}$ ; daher  $\sigma_{\max} = \frac{252400}{280 \cdot 360} + \frac{6410000 \cdot 6}{280 \cdot 360^2} = 2,5 + 1,1 = 3,6 \text{ kg/qcm}$ .

Bei voller Belastung wird  $V_m = 266,7 + 26,6 + 17,2 = 310,5 \text{ t}$  und  $M_m = 43,6 + 5,0 \cdot 1,2 = 49,6 \text{ mt}$ ; daher  $\sigma_{\max} = \frac{310500}{280 \cdot 360} + \frac{4960000 \cdot 6}{280 \cdot 360^2} = 3,0 + 0,8 = 3,8 \text{ kg/qcm}$ .

**Aufgabe 50.** Das Betonfundament des in Aufg. 38 berechneten Freileitungsmasts ist in Fig. 183 dargestellt; es soll die größte Pressung des Baugrundes unter der Voraussetzung berechnet werden, daß das Gewicht des auflastenden Erdreichs bis zu einem Böschungswinkel von  $30^\circ$  gegen die Vertikale berücksichtigt wird.  $k_f = 2,5 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Auf die Fundamentsohle wirkt nach Aufg. 38 und Fig. 183 die senkrechte Last  $V = 0,8 + \frac{2,2}{3}(4,7^2 + 2,2^2 + 4,7 \cdot 2,2) 1,6 + (2,2^2 \cdot 1,0 + 1,6^2 \cdot 1,2)(2,2 - 1,6) = 0,8 + 43,7 + 4,7 = 49,2 \text{ t}$  und das Moment

$$\begin{aligned} \text{in der } x\text{-Achse infolge } & \begin{cases} \text{der Seilzüge} & M_{x,s} = 5150 + 640 \cdot 2,2 = 6560 \text{ mkg,} \\ \text{des Winddrucks} & M_{x,w} = 2500 + 500 \cdot 2,2 = 3600 \text{ mkg;} \end{cases} \\ \text{in der } y\text{-Achse infolge } & \begin{cases} \text{der Seilzüge} & M_{y,s} = 5730 + 700 \cdot 2,2 = 7270 \text{ mkg,} \\ \text{des Winddrucks} & M_{y,w} = 2170 + 460 \cdot 2,2 = 3180 \text{ mkg.} \end{cases} \end{aligned}$$

Daher ergeben sich die größten Beanspruchungen des Baugrunds zu

$$\sigma_{\max} = \frac{49200}{220^2} \pm \frac{(6560 + 3600 + 7270) \cdot 100 \cdot 6}{220^3} = 1,02 \pm 0,98 = \begin{matrix} + 2,00 \text{ (Druck)} \\ + 0,04 \text{ (Druck)} \end{matrix} \text{ kg/qcm.}$$

**Aufgabe 51.** Das Betonfundament der in Aufg. 37 und 46 berechneten Säule (einstielige Bahnhofshalle) ist in Fig. 193 dargestellt; es soll die größte Pressung des Baugrundes berechnet werden.  $k_f = 2,5 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Auf die Fundamentsohle wirkt nach Aufg. 46 und Fig. 193 die senkrechte Last  $V_m = 10,0 + 0,3 + 2,2 \cdot 2,1 \cdot 1,6 \cdot 1,6 + (2,1 \cdot 2,0 \cdot 1,3 + 2,2 \cdot 2,1 \cdot 0,3)(2,2 - 1,6) = 10,3 + 11,8 + 4,1 = 26,2 \text{ t}$  und das Moment  $M_m = 16690 + 1330 \cdot 1,6 = 18820 \text{ mkg}$ ; daher  $r_m = \frac{18820}{26200} = 0,72 \text{ m} > x = \frac{2,2}{6} = 0,37 \text{ m}$ ;  $c_m = \frac{2,2}{2} - 0,72 = 0,38 \text{ m}$  und  $\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot 26200}{3 \cdot 38 \cdot 210} = 2,2 \text{ kg/qcm}$ .

## B. Konstruktion der Säulen.

Wird eine Säule nur auf Druck beansprucht, so kann sie sowohl aus Guß- als auch aus Flußeisen hergestellt werden. Um hierbei nach allen Richtungen die gleiche Knicksicherheit zu haben, sollen die Trägheitsmomente für die beiden Hauptschwerachsen gleich groß sein; diese Forderung ist aber für einfache Querschnitte nur bei den kreis-, quadrat- und kreuzförmigen erfüllt, die andererseits nur in wenigen Fällen konstruktiv zweckmäßig sind. Man setzt daher die Säulenquerschnitte aus einzelnen Teilen derart zusammen, daß die Trägheitsmomente für die beiden Hauptschwerachsen wenigstens annähernd gleich groß sind. Um dann bei möglichst kleiner Querschnittsfläche ein möglichst großes Trägheitsmoment zu erzielen, müssen die Flächenteile möglichst weit vom Schwerpunkt entfernt liegen.

Beispielsweise hat ein Kreisquerschnitt von 120 mm  $\phi$  113,1 qcm Fläche und 1020 cm<sup>4</sup> Trägheitsmoment, dagegen der Kreisringquerschnitt von 200 mm äußerem und 160 mm innerem Durchmesser bei demselben Flächeninhalt ein Trägheitsmoment von 4640 cm<sup>4</sup>.

Treten außer den Druck- auch nennenswerte Biegungsspannungen in einer Säule auf, so wird sie durchweg aus Flußeisen hergestellt.

## I. Gußeiserne Säulen.

### 1. Querschnittsform.

Die gebräuchlichste Querschnittsform ist die kreisringförmige (Fig. 195), die den eben aufgestellten Bedingungen: Trägheitsmomente für alle Schwerachsen gleich groß, Flächenteile möglichst weit vom Schwerpunkt entfernt, vollkommen entspricht.

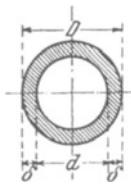


Fig. 195.

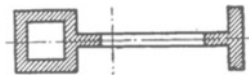


Fig. 196.

Der früher bei der Überdeckung weitgespannter Schaufensteröffnungen vielfach angewendete I- oder kastenförmige oder auch aus beiden Formen zusammengesetzte Querschnitt (Fig. 196) kommt heute nur noch selten zur Verwendung, da die flußeisernen Säulen bei größerer Tragfähigkeit eine geringere Breite erfordern, daher ein Mehr an Lichtweite für die Öffnung ergeben.

Die Säulen werden meist liegend gegossen; da hierbei infolge der Durchbiegung des Kerns und des Auftriebs des flüssigen Eisens leicht ungleiche Wandstärken nach Fig. 197 entstehen, so soll die Wanddicke mindestens 10, besser 12 bis 15 mm betragen.

Nach den „Normalbedingungen“ darf der Unterschied der Wanddicken eines Querschnitts, der überall mindestens den vorgeschriebenen Flächeninhalt haben muß, bei Säulen bis zu 400 mm mittlerem Durchmesser und 4 m Länge die Größe von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen von größerem Durchmesser und größerer Länge wird der zulässige Unterschied für je 100 mm Mehrdurchmesser und für je 1 m Mehrlänge um je  $\frac{1}{2}$  mm erhöht.

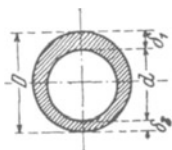


Fig. 197.

Die Einhaltung der vorgeschriebenen Wandstärke ist durch Anbohren an geeigneten Stellen, jedesmal in zwei einander gegenüberliegenden Punkten, bei liegend gegossenen Säulen in der dem etwaigen Durchsacken des Kerns entsprechenden Richtung nachzuweisen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so ist das besonders anzugeben.

Die Schwierigkeit der Erzeugung einer gleichmäßigen Wanddicke wächst mit der Länge der Säule, deren Grenze etwa 8 m ist. Aber schon bei Säulen von mehr als 4 bis 5 m Länge empfiehlt es sich, den Schaft in mehreren Teilen gießen zu lassen und die einzelnen Teile nach Fig. 198 aufeinander zu pfpfen. Der obere Teil erhält hierbei eine um die Wanddicke  $\delta$  zurückgesetzte ringförmige Anschlagleiste von etwa  $1,5 \delta$  Höhe zur Verhinderung einer seitlichen Verschiebung. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Druckübertragung müssen die Außen- und Innenkanten der einzelnen Teile senkrecht übereinander liegen und die wagerechten Druckflächen entweder durch Bearbeitung oder durch Zwischenschaltung einer 2 bis 3 mm starken Bleiplatte zur vollständigen Berührung gebracht werden.

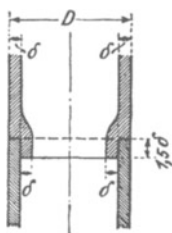


Fig 198.

## 2. Kopf- und Fußausbildung.

Kopf und Fuß werden als quadratische, rechteckige, seltener runde wagerechte Platten ausgebildet, die mit dem Schaft durch senkrechte Rippen verbunden sind; die Zahl der Rippen beträgt je nach der Größe der zu übertragenden Last 4 bis 16.

a) Bei wenig belasteten Säulen von geringer Höhe werden Kopf, Schaft und Fuß in einem Stück gegossen.

**Aufgabe 52.** Es soll Kopf und Fuß der in Aufg. 33 berechneten gußeisernen Säule entworfen werden.

**Auflösung.** Die Ausführung ist in Fig. 199 und 200 für den Fall dargestellt, daß auf der Säule ein  $\text{H-NP. 30}$  auflagert.

Die 25 mm starke rechteckige Kopfplatte ist mit 18 mm hohen seitlichen Anschlagleisten versehen und durch 4 Diagonalrippen von 25 mm Stärke und 115 mm Höhe gegen den Säulenschaft abgestützt; um einseitige Kantenpressungen zu vermeiden, ist die Platte an der Oberfläche nach Art der Gleitlager gewölbt, so daß der Druck des Trägers in der Säulenachse angreift. Um die freie Drehbarkeit des Trägers zu wahren, ist er mit der Kopfplatte in der Säulenachse durch Klemmplatten verbunden, das sind Flach-eisen, die mit der Platte fest verschraubt sind und sich auf die unteren Trägerflanschen legen, so daß die entstehende Reibung eine Verschiebung des Säulenkopfes verhindert.

Die Fußplatte (Fig. 200) ist quadratisch mit 360 mm Seitenlänge und 30 mm Dicke ausgebildet und durch 8 Rippen von 25 mm Stärke und 130 mm Höhe gegen den

Schaft abgestützt. Zwischen Platte und Mauerwerk ist zur Herbeiführung einer gleichmäßigen Druckverteilung eine Bleiplatte von 5 bis 6 mm oder eine Zementschicht von

10 bis 20 mm Stärke einzuschalten. Bei  $36^2 - \frac{5,0^2 \pi}{4} = 1280$  qcm Auflagerfläche ergibt sich der Druck auf das Ziegelmauerwerk in verlängertem Zementmörtel zu  $\sigma_m = \frac{15000}{1280} = 11,8$  kg/qcm.

Wird die Fußplatte durch  $n$  Rippen (Fig. 201) mit dem Säulenschaft verbunden, so entfällt auf jede Rippe von der gesamten Säulenschaft  $P/n$ , und zwar setzt sich  $P/n$  aus den beiden gleichen Teilen zusammen, die jedes der der Rippe benachbarten dreieckigen Felder (von denen eins in Fig. 201 durch Strichlage hervorgehoben ist) überträgt. Ist  $a$  die Seitenlänge der quadratischen Platte, so wirkt in jedem Dreiecksfeld die Mittellkraft  $P/n$  im Dreieckschwerpunkt, also um  $a/6$  von der Plattenkante entfernt; für die Rippe greift daher die Kraft  $P/n$  im Abstand  $d/6$  an, wenn  $d$  die Länge der am weitesten ausladenden Diagonal-

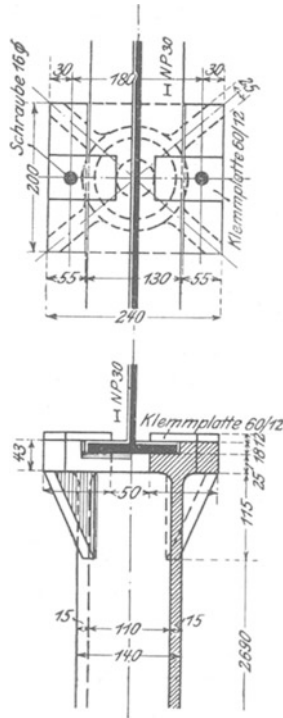


Fig. 199.

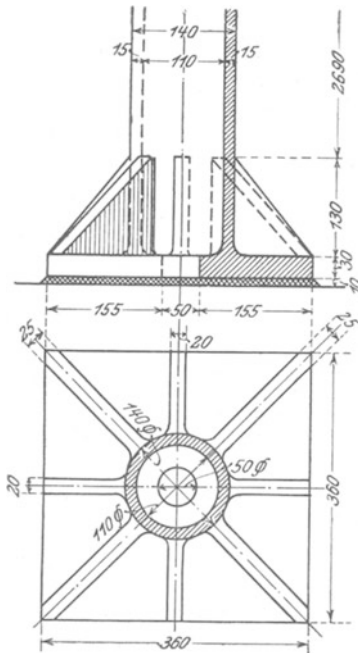


Fig. 200.

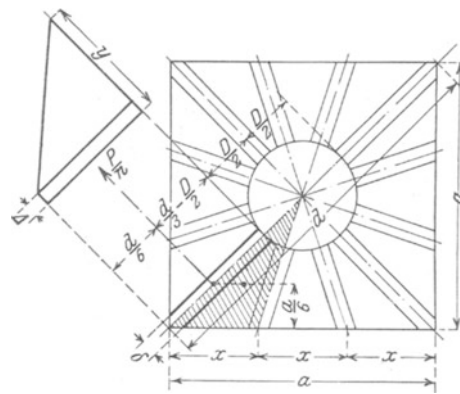


Fig. 201.

rippe ist. Für diese ergibt sich daher das Moment  $M = \frac{P}{n} \left( \frac{d}{3} - \frac{D}{2} \right)$ , wenn  $D$  der äußere Säulendurchmesser ist. Ist nun  $\delta$  die Stärke,  $y$  die Gesamthöhe der Rippe,  $k_b = 250$  kg/qcm die zulässige Biegungsbeanspruchung des Gußeisens, so folgt die Gleichung  $\delta y^2 k_b = \frac{P}{n} (2d - 3D)$ , aus der sich bei gegebenem  $y$  die Stärke  $\delta$  berechnen läßt. Für das vorliegende Beispiel ist  $n = 8$ ,  $P = 15000$  kg,  $d = 36\sqrt{2} = 51$  cm,  $D = 14$  cm,  $\delta = 2,5$  cm, daher

$$y^2 = \frac{15000 \cdot 2 \cdot 51 - 3 \cdot 14}{8 \cdot 2,5 \cdot 250} = 180; \quad y = 13,4 \text{ cm};$$

gewählt ist  $y = 3,0 + 13,0 = 16,0$  cm.

Die Fußplatte trägt sich zwischen zwei Rippen auf die größte Länge  $x = \frac{4a}{n}$  frei und darf als an den Rippen eingespannt betrachtet werden, so daß sie für 1 cm Breite das größte Moment  $M = \frac{\sigma_m \cdot x^3}{12}$

erleidet. Aus der Gleichung  $\frac{1 \cdot \Delta^2}{6} k_b = \frac{\sigma_m}{12} \left( \frac{4a}{n} \right)^2$  ergibt sich die Plattenstärke zu

$$\Delta = \frac{2a}{n} \sqrt{\frac{2\sigma_m}{k_b}} = \frac{2 \cdot 36}{8} \sqrt{\frac{2 \cdot 11,8}{250}} = 2,8 \text{ cm};$$

gewählt sind 3,0 cm.

b) Kopf- und Fußplatte, die auf Biegung beansprucht und daher mit  $k_b = 250 \text{ kg/qcm}$  berechnet sind, erhalten eine größere Stärke als der Säulenschaft, der auf reinen Druck mit  $k = 500 \text{ kg/qcm}$  berechnet ist. Infolge dieser ungleichen Dicken kühlen sich die einzelnen Teile nach dem Guß ungleichmäßig ab, und es entstehen an den Zusammenstoßstellen von Kopf- und Fußplatte mit dem Schaft innere Gußspannungen, die um so größer werden, je größer der Unterschied in den Dicken, d. h. je stärker die Säule belastet ist. Zur Vermeidung dieser inneren Spannungen, die beim Verladen oder bei der Montage leicht den Bruch der Säule herbeiführen, wird jeder der drei Teile bei größeren Säulen für sich gesondert gegossen, um bei jedem Teil überall annähernd gleiche Wandstärken zu erzielen; die einzelnen Teile werden entsprechend der Fig. 198 aufeinander gepropft. Der gesonderte Guß des Fußes bringt daneben den Vorteil der leichteren Montage mit sich.

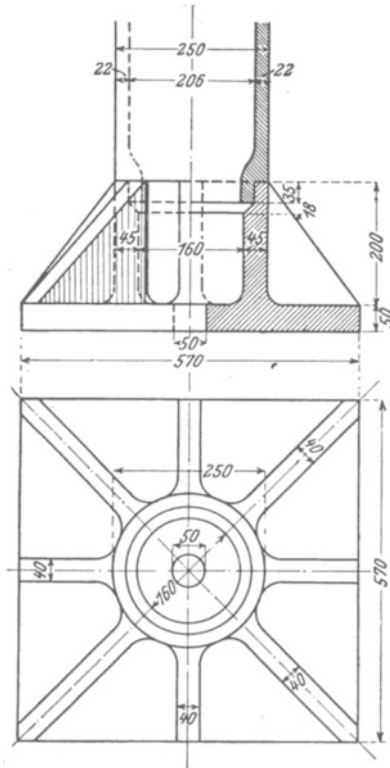


Fig. 202.

**Aufgabe 53** Es ist der Fuß der in Aufgabe 36 und 41 berechneten Gußsäule zu entwerfen.

**Auflösung.** Der Fuß ist in Fig. 202 dargestellt. Die Fußplatte hat die Fläche  $F = 57^2 - \frac{5^2 \cdot \pi}{4} = 3230 \text{ qcm}$  und das Widerstands-

moment  $W = \left( \frac{57^4}{12} - \frac{\pi \cdot 5^4}{64} \right) : 28,5 = 30860 \text{ cm}^3$ , so daß sich nach Aufg. 36 die größte

Pressung zwischen Platte und Mauerwerk zu  $\sigma_{max} = \frac{40000}{3230} + \frac{40000 \cdot 5}{30860} = 12,4 + 6,5$

$= 18,9 \text{ kg/qcm}$  ergibt. Für die Diagonalrippe darf man hinreichend genau mit der mittleren Pressung  $\sigma_m = \frac{18,9 + 12,4}{2} = 15,7 \text{ kg/qcm}$  rechnen, so daß sich  $\frac{P}{n} = \frac{57^2}{8} \cdot 15,7$

$= 6400 \text{ kg}$  und mit  $d = 57 \sqrt{2} = 80 \text{ cm}$ ,  $D = 25 \text{ cm}$ ,  $\delta = 4 \text{ cm}$  die Rippenhöhe aus der Gleichung  $y^2 = 6400 \frac{2 \cdot 80 - 3 \cdot 25}{4 \cdot 250} = 544$  zu  $y = 23,3 \text{ cm}$  ergibt; vorhanden sind  $5,0 + 20,0$

$= 25,0 \text{ cm}$ . Bei der Berechnung der Plattenstärke führt man  $\sigma_m = \sigma_{max} = 18,9 \text{ kg/qcm}$  ein und berücksichtigt die Abnahme der Pressung durch die Erhöhung der zulässigen Biegebeanspruchung auf  $k_b = 300 \text{ kg/qcm}$ ; es ergibt sich dann  $\Delta = \frac{2 \cdot 57}{8} \sqrt{\frac{2 \cdot 18,9}{300}} = 5 \text{ cm}$ .

Durch eine in der Säulenachse angebrachte Steinschraube kann das Fußstück nach der Aufstellung gegen zufällige oder böswillige Verschiebung geschützt werden.

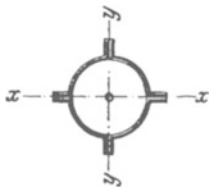
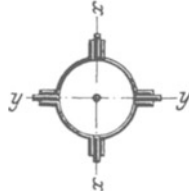


## II. Flußeiserne Säulen.

Große Auswahl in der Querschnittsform, große Baulänge, einfache Stoßverbindungen, leichter Anschluß von Trägern, Rohr-, Wellenleitungen usf., vor allem endlich die Möglichkeit, große Biegungsspannungen aufzunehmen, geben den flußeisernen Säulen bei reinen Nutzbauten den Vorzug vor den gußeisernen; aber auch bei Wohn- und Geschäftshäusern überwiegt die Anwendung des Flußeisens zu den Säulen immer mehr, weil sie wegen seiner größeren Festigkeit eine bessere Raumausnutzung und durch die mit Rücksicht auf die Feuerfestigkeit hier sowieso erforderliche Ummantelung auch die architektonische Ausbildung und Gliederung gestattet.

### 1. Querschnittsform.

a) **Der kreisringförmige Querschnitt:** gebildet aus geschweißten Rohren oder aus Quadranteisen ohne (Fig. 203<sup>a</sup>) oder aber zur Erzielung eines besseren Trägeranschlusses mit zwischengelegten Flacheisenstücken (Fig. 203<sup>b</sup>), die an der Anschlußstelle fortfallen oder durch Anschlußbleche ersetzt werden; er findet nur noch selten Verwendung, einmal weil er zu den „geschlossenen“ Querschnitten gehört, bei denen die Instandhaltung des inneren Anstrichs unmöglich ist (daher denn wohl der Hohlraum

Fig. 203<sup>a</sup>.Fig. 203<sup>b</sup>.

mit Beton ausgefüllt wird), dann aber vor allem, weil die Kopf- und Fußausbildung wie auch der Anschluß anderer Konstruktionsteile, besonders nachträglich anzubringender, schwierig ist.

b) **Der aus Profileisen zusammengesetzte Querschnitt** ist der gebräuchlichste.

α) Der Kreuzquerschnitt aus zwei (Fig. 130<sup>a</sup>) oder vier (Fig. 204) Winkleisen.

Bei im Freien stehenden Säulen müssen die nur 8 bis 20 mm weiten Zwischenräume der Fig. 204 zur Verhinderung der Ansammlung von Schmutz und Rost durch Futterbleche geschlossen werden.



Fig. 204.

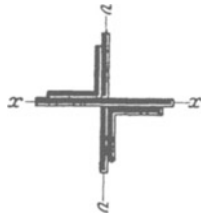


Fig. 205.



Fig. 206.

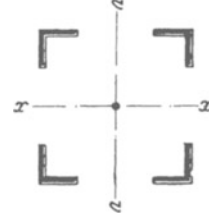


Fig. 207.

Eine Vergrößerung der Querschnittsfläche wird durch Einschaltung durchlaufender Flacheisen (Fig. 205), eine Vergrößerung des Trägheitsmoments durch Auseinanderrücken der Winkleisen (Fig. 206 und 207) erreicht.

β) Der Kastenquerschnitt, gebildet aus:

2  $\sqsubset$ -Eisen (Fig. 208), deren Lichtabstand  $i$  mindestens so groß zu wählen ist, daß  $J_v = J_x$  wird.

Die umgekehrte Lage der  $\sqsubset$ -Eisen nach Fig. 209 ist bei kleinem Lichtabstand  $e$  wegen der Schwierigkeit der Nietung und der Erneuerung des Anstrichs nicht zu empfehlen.

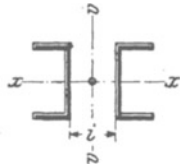


Fig. 208.

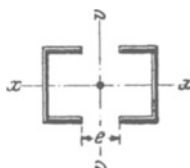


Fig. 209.

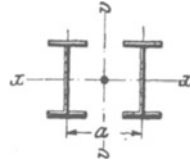


Fig. 210.

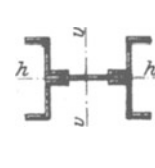


Fig. 211.

2  $\text{H}$ -Eisen (Fig. 210) mit einem durch die Bedingung  $J_v = J_x$  bestimmten Mindestabstand  $a$ .

4  $\text{Z}$ -Eisen (Fig. 211) mit oder ohne durchlaufendes Stehblech, für die die Bedingung  $J_v = J_h$  ebenfalls erfüllbar ist.

Eine Vergrößerung der Querschnittsfläche wird durch ein zwischengenietetes  $\text{H}$ -Eisen (Fig. 212) oder zur Vermeidung der schmalen Flanschen durch zwischengenietete  $\sqsubset$ -Eisen erreicht, zwischen deren Stegen nach Be-

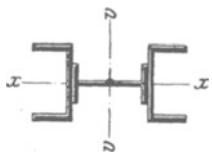


Fig. 212.

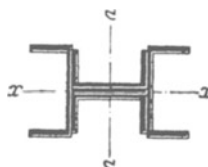


Fig. 213.

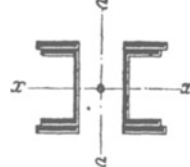


Fig. 214.

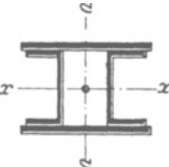


Fig. 215.

darf noch ein oder mehrere Flacheisen (Fig. 213) angeordnet werden können; solche Formen eignen sich für kurze, aber sehr schwer belastete Säulen, für deren Querschnittsbestimmung nicht das Trägheitsmoment, sondern die Fläche maßgebend ist.

Eine Vergrößerung des Trägheitsmoments wird durch Lamellen (Fig. 214) erzielt, die man vielfach auch durchlaufend (Fig. 215) anordnet,

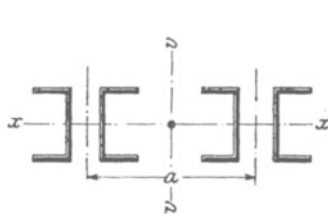


Fig. 216.

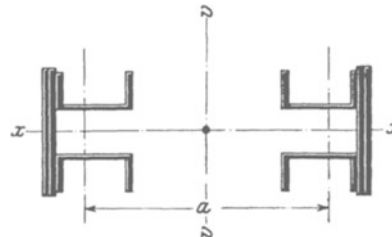


Fig. 217.

wobei dann aber der obenerwähnte Nachteil des „geschlossenen“ Querschnitts mit in Kauf genommen wird.

γ) Der Doppelquerschnitt, für fachwerkförmig gegliederte Säulen, aus  $\sqsubset$ -Eisen (Fig. 216 und 217),  $\text{I-I}$ -Eisen (Fig. 218),  $\sqsubset$ - und  $\text{I-I}$ -Eisen (Fig. 186<sup>e</sup>),



wie sie bei Licht- und Freileitungsmasten auftreten, begnügt man sich mit dem Anschluß durch 1 Niet, wie in Fig. 220 für den in Aufg. 38 berechneten Freileitungsmast dargestellt.

Sind die Horizontalriegel wie in Fig. 183a und b in den benachbarten Gitterebenen gegeneinander versetzt, so hat man in Gl. 28 für  $i_{min}$  das kleinste Trägheitsmoment eines Eckpfostenwinkels einzuführen (vgl. Auf. 38); liegen sie dagegen in derselben wagerechten Ebene und sind ebenso wie die Diagonalen mit mindestens 2 Nieten an Knotenbleche angeschlossen (Fig. 221), so darf in Gl. 28 für  $i_{min}$  das Trägheitsmoment bezogen auf die zu einem Winkelschenkel parallele Schwerachse eingeführt werden.

Als Regel gilt für alle anderen Fälle, die Gitterstäbe mit mindestens 2 Nieten anzuschließen, wenn die Rechnung nicht mehr verlangt; der exzentrische Anschluß, wie er in Fig. 222 für die in Aufg. 39 berechnete Säule dargestellt ist (vgl. auch Fig. 161), ist dabei nur für mittlere Spannkkräfte bis etwa 8 t zulässig; darüber hinaus gilt auch hier die bei den Fachwerkträgern aufgestellte Regel, daß sich alle an einem Knotenpunkt zusammentreffenden Stäbe in ein und demselben Punkt, nämlich dem Knotenpunkt selbst schneiden sollen; das in Fig. 223 für die in Aufg. 40 berechnete Säule dargestellte Beispiel ist nach den bei der Konstruktion der Fachwerkträger aufgestellten Grundsätzen durchgebildet.

### 3. Kopf- und Fußausbildung.

a) Bei den aus geschweißten Rohren oder Quadranteisen gebildeten Säulen stellt man Kopf und Fuß wohl aus Gußeisen her; die bei den Gußsäulen entwickelten Grundsätze sind dann auch hier maßgebend.

b) Bei den aus Profileisen zusammengesetzten Säulen bestehen Kopf und Fuß aus einer wagerechten, 15 bis 30 mm starken Platte und aus senkrechten, 10 bis 14 mm starken Fußblechen, die unter sich und mit dem Schaft durch wagerechte Winkel verbunden sind. Die wagerechte Fußplatte darf höchstens um das 2 bis  $2\frac{1}{2}$  fache ihrer Dicke vor den Winkelkanten vorstehen. Die Höhe der senkrechten Fußbleche ergibt sich aus der ungünstigen Annahme, daß der Säulenquerschnitt infolge mangelhafter Arbeit nicht auf der wagerechten Platte aufsteht, daher die gesamte Kraft durch die Verbindungsniete zwischen Schaft und senkrechten Blechen übertragen werden muß. Die hierfür errechnete Nietanzahl muß dann auch zwischen den Fußwinkeln und den senkrechten Blechen vorhanden sein, wobei man die den Schaft unmittelbar mit den Fußwinkeln verbindenden Niete in beiden Fällen mitzählen darf.

Zwischen Fußplatte und Auflagerstein wird zur Erzielung einer gleichmäßigen Druckübertragung eine Bleiplatte von 5 bis 6 mm oder eine Zementschicht von 10 bis 20 mm Stärke eingeschaltet.

**Aufgabe 54.** Es ist Kopf und Fuß der in Aufg. 34 und 35 berechneten Säule zu entwerfen.

**Auflösung.** Der Kopf ist in Fig. 224 für den Fall dargestellt, daß auf der Säule ein aus 2  $\text{H}$  NP. 36 gebildeter Unterzug auflagert. Zur Übertragung der Kraft  $P = 40000 \text{ kg}$  sind nach Aufg. 34  $F_s = \frac{1}{3} \cdot 33,3 = 44,4 \text{ qcm}$  Scherfläche erforderlich. Die wagerechte, 20 mm starke Kopfplatte, auf der der Unterzug unmittelbar aufruht, ist mit den Stegen der  $\text{L}$  NP. 18 durch  $\sphericalangle 120 \cdot 120 \cdot 11$  mit  $2 \times 3 = 6$  Nieten von 20 mm  $\phi$  und mit den senkrechten Kopfblechen durch  $\sphericalangle 100 \cdot 65 \cdot 11$  mit  $2 \times 2 = 4$  Nieten von 20 mm  $\phi$  und  $2 \times 3 = 6$  Nieten von 23 mm  $\phi$  verbunden, so daß insgesamt  $(6 + 4) 3,1 + 6 \cdot 4,2 = 56,2 \text{ qcm}$  Scherfläche vorhanden sind. Die Verbindung der senkrechten Bleche mit den Flanschen der  $\text{L}$  NP. 18 erfordert daher  $44,4 - 6 \cdot 3,1 = 25,8 \text{ qcm}$  Scherfläche, so daß die vorhandenen  $4 \times 4 = 16$  Niete von 20 mm  $\phi$  mit  $16 \cdot 3,1 = 49,6 \text{ qcm}$  Scherfläche reichlich genügen.

Von der Gesamtkraft  $P = 40000 \text{ kg}$  hat daher ein Steg den Anteil ein Flansch den Anteil  $\frac{3 \cdot 3,1 \cdot 900}{\frac{1}{2}(20000 - 3 \cdot 3,1 \cdot 900)} = \frac{8400}{5800} \text{ kg}$  aufzunehmen; bei  $\frac{18,0 \cdot 0,8}{6,2 \cdot 1,1} = 14,4$  qcm Fläche ergibt sich daher die Druckbeanspruchung zu  $\sigma = \frac{590}{850} \text{ kg/qcm}$ .

Die Befestigung des Unterzugs erfolgt durch wagerechte Winkelisen  $150 \cdot 100 \cdot 12$ , die mit Rücksicht auf die Montage nur an der einen Seite mit der Kopfplatte vernietet, an der andern aber aufgeschraubt sind. Zur Verbindung beider Träger und zur Aussteifung ihrer Stege genügt das zwischengelegte  $\square$  NP. 14, da eine senkrechte Verschiebung des einen Trägers gegenüber dem andern unmittelbar über der Säule ausgeschlossen ist.

Der Fuß ist in Fig. 225 dargestellt. In den Stegen sind wieder  $2 \times 3 = 6$ , in den wagerechten Fußwinkeln bzw. den Flanschen  $2 \times 7 = 14$  Niete von  $20 \text{ mm } \phi$  mit insgesamt  $20 \cdot 3,1 = 62,0 \text{ qcm}$  Scherfläche angeordnet. Die senkrechten Fußbleche sind um eine Nietteilung

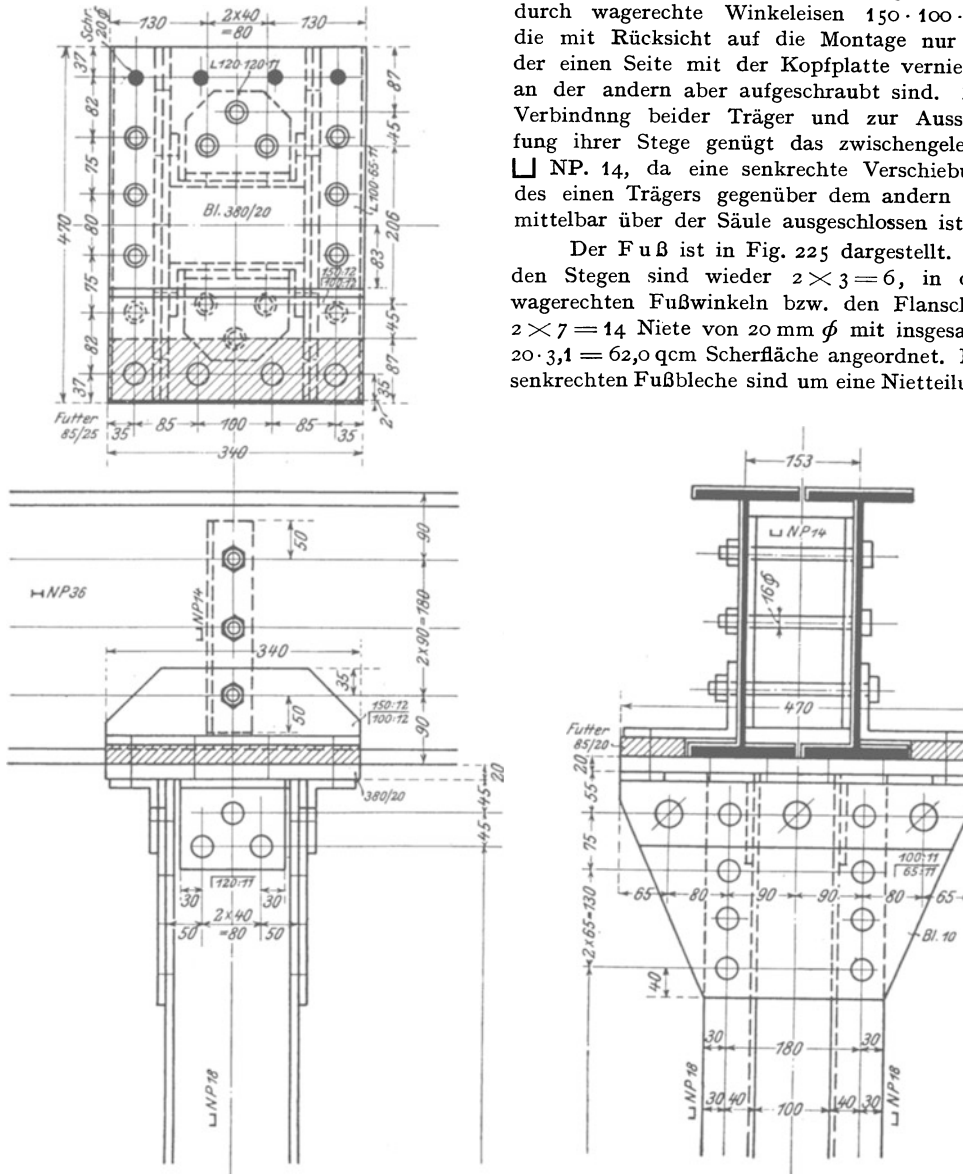


Fig. 224.

höher als erforderlich gemacht, um eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung in der Auflagerfläche herbeizuführen. Der Fuß ist durch 4 Steinschrauben gegen Verschieben gesichert.

**Aufgabe 55.** Es ist der Fuß der in Aufg. 39 und 43 berechneten Säule zu entwerfen.

**Auflösung.** Der Fuß ist in Fig. 226 dargestellt. Die größte Druckkraft in einem Gurt berechnet sich nach Aufg. 39 zu  $S_{min} = 156,8$  t und erfordert  $F_s = 156,8$  qcm Scherfläche. Die Anschlußniete haben 20 mm  $\phi$ ; soweit sie zweischnittig sind, zählen sie mit Rücksicht auf den zulässigen Lochleibungsdruck nach Gl. 5 bei 14 mm Blechstärke nur  $\frac{1,41}{\pi} \cdot 2,0 = 1,78$  fach. Bei 116,4 qcm Gesamtgurtfläche und  $\frac{156,8}{116,4} = 1,35$  ergibt sich die

erforderliche Scherfläche für

den Steg mit  $20,0 \cdot 0,85 = 17,0$  qcm Fläche zu  $17,0 \cdot 1,35 = 23,0$  qcm; vorhanden sind  $12 \cdot 3,1 = 37,2$  qcm;

den Flansch mit  $6,85 \cdot 1,15 = 7,9$  qcm Fläche zu  $7,9 \cdot 1,35 = 10,9$  qcm; vorhanden sind  $4 \cdot 3,1 = 12,4$  qcm;

die Lamellen mit  $(36,0 + 2 \cdot 8,0) 1,0 = 52,0$  qcm Fläche zu  $52,0 \cdot 1,35 = 70,2$  qcm; vorhanden sind

$$2(6 \cdot 1,78 + 1) 3,1 = 72,4 \text{ qcm};$$

insgesamt  $2 \cdot 37,2 + 4 \cdot 12,4 + 72,4 = 196,4$  qcm; die äußeren Flansche werden durch den Überschuß an Nietfläche in Stegen und Lamellen eingebunden.

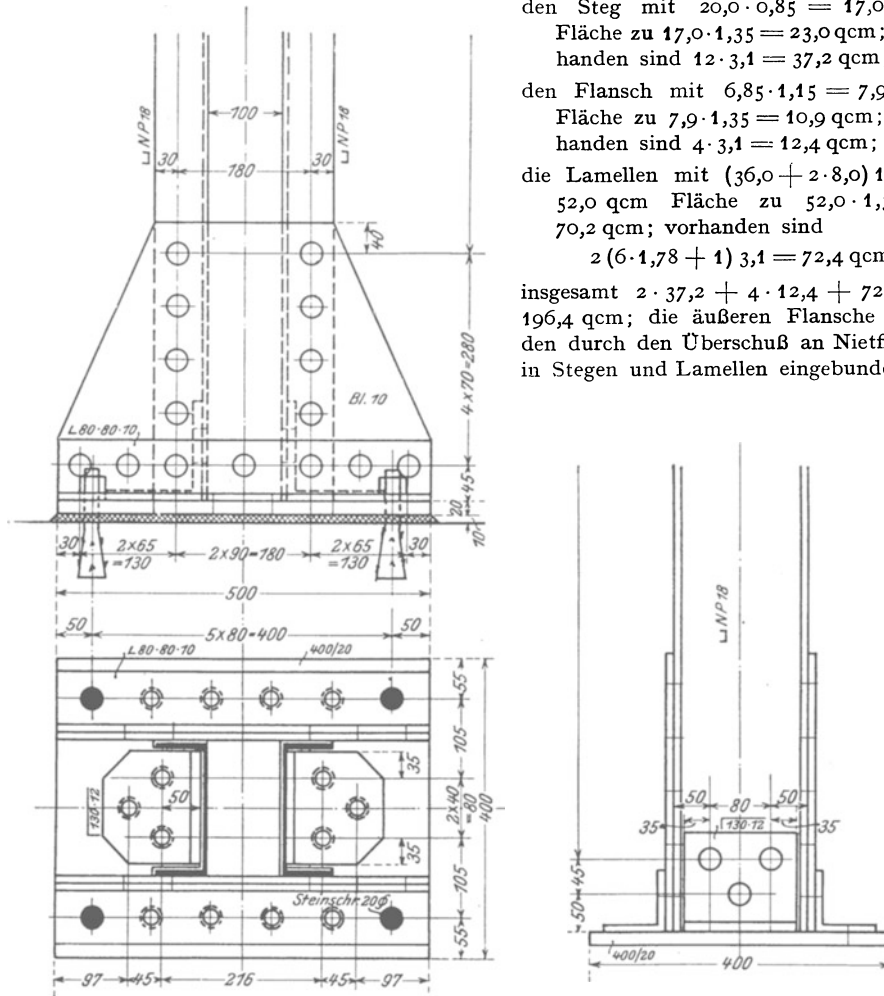


Fig. 225.

Die senkrechten Fußbleche sind an die wagerechten Fußwinkel 200·100·16 durch  $2 \times 1 = 2$  einschnittige Niete von 23 mm  $\phi$ ,  $2 \times 3^{1/2} = 7$  einschnittige und  $2 \times 3 = 6$  doppelschnittige Niete von 26 mm  $\phi$  (die aber nur  $1,4 : 2,6 \pi/8 = 1,37$  fach zählen) sowie in den kurzen zur Aussteifung der Fußwinkel dienenden Querwinkeln durch  $2 \times 2 = 4$  doppelschnittige Niete von 23 mm  $\phi$  (die aber nur  $1,0 : 2,3 \pi/8 = 1,17$  fach zählen) angeschlossen, so daß insgesamt  $(2 + 4 \cdot 1,17) 4,2 + (7 + 6 \cdot 1,37) 5,3 = 107,7$  qcm Scherfläche vorhanden sind und daher von der Gurtkraft  $S_{min}$  der Teil  $156,8 - 107,7 = 49,1$  t unmittelbar durch die senkrechten Fußbleche und die zu ihrer Aussteifung innen durchgeführten Winkeleisen  $a$  übertragen wird.

Die größte Zugkraft in einem Gurt berechnet sich nach Aufg. 42 zu  $S_{max} = \frac{39,8}{0,606} - \frac{1}{3}(24,0 + 1,2) - 30,0 = 23,7$  t, zu deren Aufnahme 23,7 qcm Scherfläche erforderlich sind.

Vorhanden sind in den Fußwinkeln  $2 \times 6\frac{1}{2} = 13$  einschnittige Niete von  $26 \text{ mm } \phi$  und  $2 \times 1 = 2$  einschnittige Niete von  $23 \text{ mm } \phi$ , in den Querwinkeln  $2 \times 2 = 4$  einschnittige Niete von  $23 \text{ mm } \phi$  mit insgesamt  $13 \cdot 5,3 + (2 + 4) \cdot 4,2 = 94,1 \text{ qcm}$  Scherfläche.

Die erforderlichen 8 Anker von  $1\frac{1}{2}'' \phi$  erfordern im Mauerwerk Gegenplatten, die entweder aus einem (Fig. 226 links) oder mehreren durchlaufenden  $\perp$ - oder  $\text{H}$ -Eisen

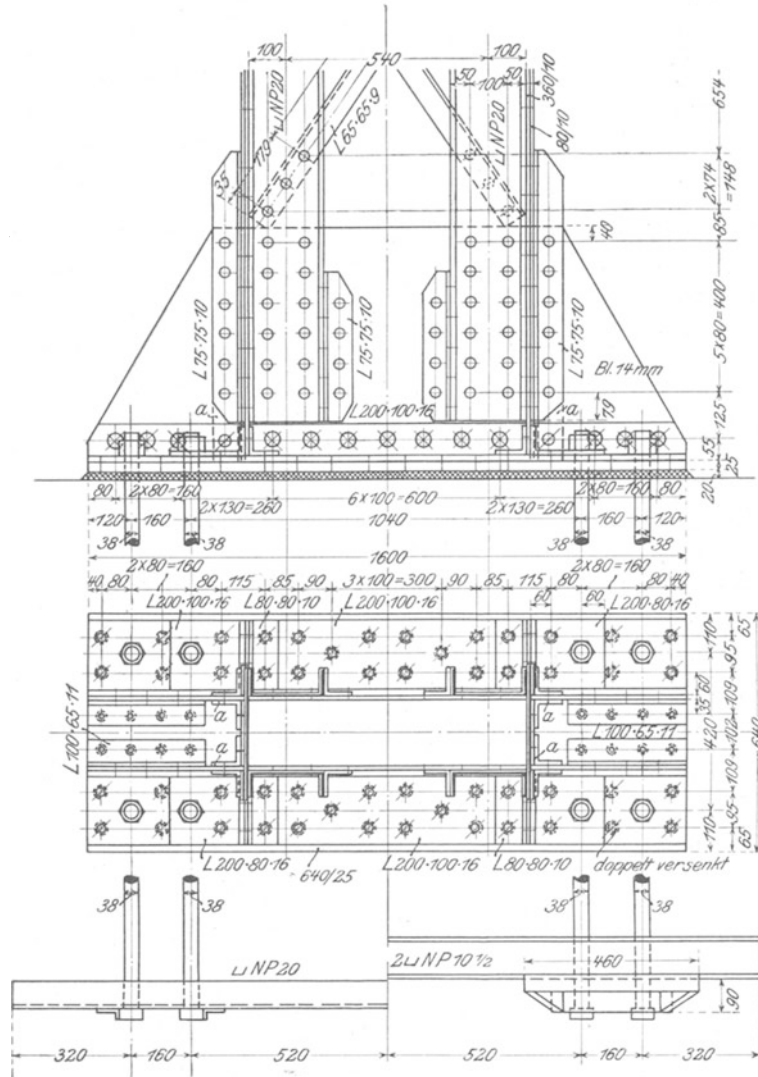


Fig. 226.

oder aber aus gußeisernen Ankerplatten oder aus einer Verbindung beider (Fig. 226 rechts) bestehen; die Fläche dieser Gegenplatten ist so groß zu wählen, daß für die größte Ankerzugkraft  $Z_{max}$  (vgl. Gl. 12) die zulässige Pressung des Mauerwerks nicht überschritten wird.

Weitere Beispiele für die Fußausbildung sind in Fig. 188 und 190 gegeben. Die in Aufg. 42 zur Ermittlung der Biegungsspannungen in der Fußplatte (Fig. 188) angewandte Berechnungsweise ist allgemein gültig. Ist der aus senkrechten und wagerechten Fuß-

blechen und ihren Verbindungswinkeln gebildete  $\perp$ -förmige Querschnitt zur Aufnahme der Biegemomente nicht ausreichend, so werden die senkrechten Bleche an den Außenkanten durch Gurtwinkel verstärkt.

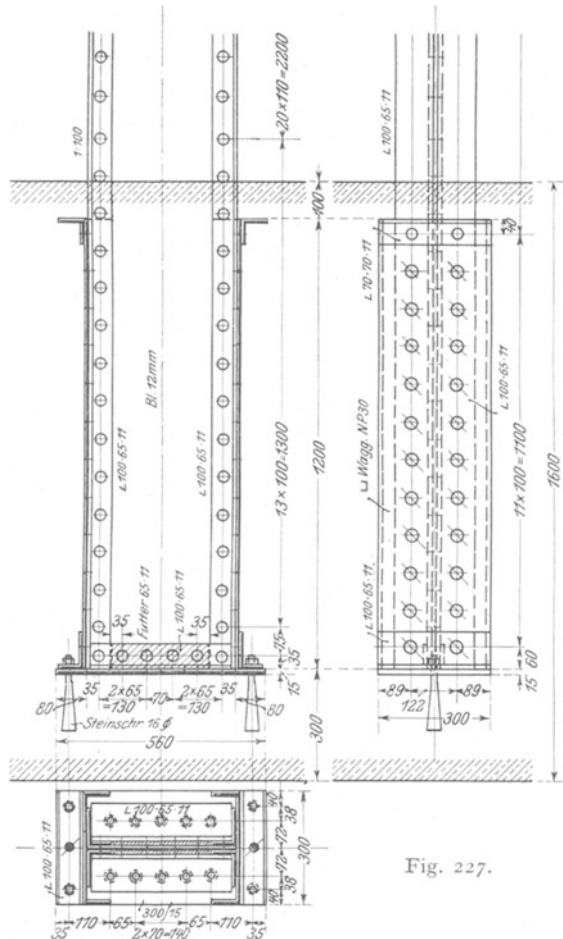


Fig. 227.

**Aufgabe 56.** Es ist der Fuß der in Aufg. 37 und 46 berechneten Säule (einstielige Bahnsteighalle) zu entwerfen.

**Auflösung.** Der Fuß ist in Fig. 227 dargestellt. Die wagerechte Fußplatte  $560 \times 300$  hat nach Aufg. 37 die größte senkrechte Kraft

$$P = 14\,200 \text{ kg}$$

zu übertragen, daher die Druckbeanspruchung des Betons

$$\sigma_m = \frac{14\,200}{56 \cdot 30} = 8,4 \text{ kg/qcm}$$

(zulässig  $20 \text{ kg/qcm}$  nach Aufgabe 46); die Beanspruchung ist mit Rücksicht auf die nur  $300 \text{ mm}$  tiefer liegende Fundamentsohle gering gehalten. Zur Erleichterung der Montage ist der Fuß durch 2 Steinschrauben mit dem Beton verbunden.

Die nach Aufg. 46 erforderliche Druckbreite  $d = 300 \text{ mm}$  (vgl. Fig. 193) ist durch ein beiderseits aufgenietetes  $\perp$ -Waggon NP. 30 erzielt, das oben und unten zur Aussteifung des Steges mit Winkelisen gesäumt ist.

## Fünftes Kapitel.

### Verbindung von Trägern mit Säulen.

Lagert ein Träger auf einer Säule auf, so hat man dafür zu sorgen, daß der Druck des Trägers möglichst zentrisch, d. h. in der Schwerachse der Säule übertragen wird, um Biegungsspannungen in ihr möglichst zu vermeiden. Besonders bei gußeisernen Säulen ist hierauf erhöhtes Augenmerk zu richten; weit ausladende Konsolen sind daher entweder ganz zu vermeiden, oder aber, wenn man wegen des äußeren Ansehens nicht auf sie verzichten will, entweder mit einigen Millimetern Spielraum gegen Trägerunterkante anzuordnen oder nachträglich aus Zink, Kupfer, Bronze oder Eisen (gegossen oder getrieben) anzuschrauben.

Je nachdem die Säule unter dem Träger endigt oder aber durch mehrere Geschosse durchgeht, hat man zwei Fälle zu unterscheiden.



## I. Die Säule endigt unter dem Träger.

Die zentrische Auflagerung bietet, wie die Fig. 199 und 224 zeigen, keine Schwierigkeiten.

Ist der Träger größeren Wärmeschwankungen ausgesetzt, wie z. B. im Freien, so wird der Widerstand, den die Säulenkopfplatte der Längsbewegung

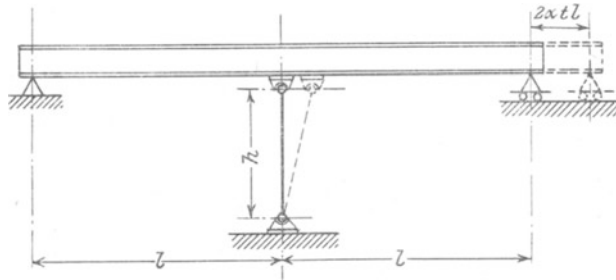


Fig. 228.

des Trägers infolge der Reibung entgegengesetzt, in der Säule selbst Biegungsspannungen erzeugen, die unter Umständen beträchtliche Zusatzspannungen verursachen können. Zur Vermeidung dieses Übelstandes bildet man die Säule als Pendelsäule (Fig. 228) aus; Kopf und

Fuß werden dabei durch Zapfenkiplager ersetzt, deren obere bzw. untere Kipplatte mit dem Träger bzw. Fundament fest verbunden ist. Bei Längenänderungen des Trägers kann sich jetzt der Säulenschaft drehen, bleibt daher stets in seiner Achse belastet; die bei der Drehung auftretende, nur kleine wagerechte Seitenkraft des Säulendrucks wird durch die Kipplatten in das feste Trägerauflager bzw. Fundament übertragen.

Liegen dabei mehrere Träger nebeneinander (Fig. 229), die durch Querrahmen fest miteinander verbunden sind, so werden die Zapfen durch Kugel-

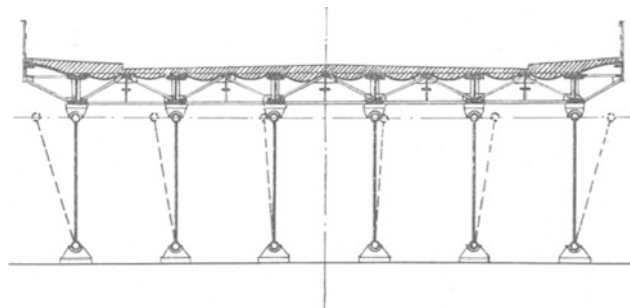


Fig. 229.

kiplager ersetzt, so daß der Säulenschaft nach allen Richtungen hin drehbar gelagert und daher auch von den durch die Längenänderungen der Querrahmen sonst entstehenden Biegungsspannungen befreit ist.

**Aufgabe 57.** In der Achse einer gußeisernen Pendelsäule von 4 m freier Höhe zwischen den Kugelzapfen wirkt die Kraft  $P = 70$  t. Es soll der Querschnitt der Säule berechnet und Kopf und Fuß entworfen werden.  $k = \frac{500}{300}$  kg/qcm für  $\frac{\text{Druck}}{\text{Zug}}$ ;  $k_s = 200$  kg/qcm.  $\zeta = 8$ .

**Auflösung.** Nach Gl. 1 wird  $F = \frac{70000}{500} = 140,0$  qcm und nach Gl. 33<sup>a</sup>:  $J_{\min} = 8 \cdot 70,0 \cdot 4,0^2 = 8960$  cm<sup>4</sup>; der in Fig. 230<sup>a</sup> dargestellte Querschnitt hat  $F = 168,9$  qcm,  $J = 9890$  cm<sup>4</sup>, daher  $\sigma = \frac{70000}{168,9} = 420$  kg/qcm.

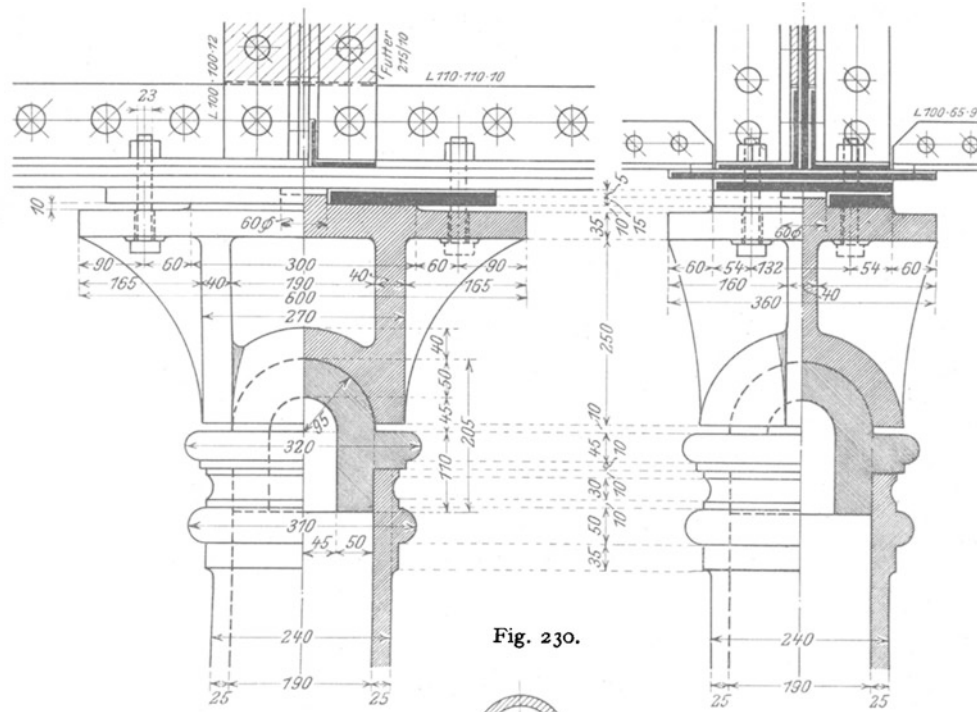


Fig. 230.

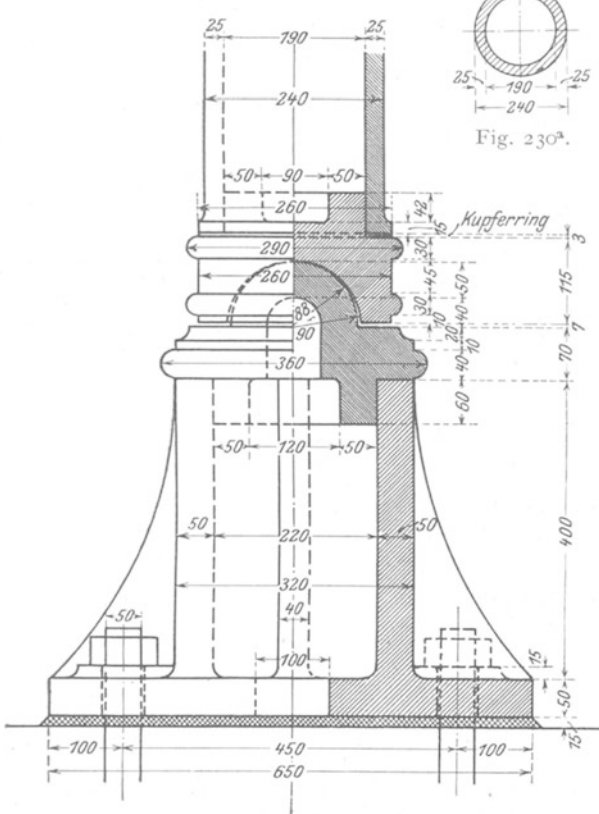


Fig. 231.

Der Kopf der Pendelsäule ist in Fig. 230 dargestellt. Die obere, fest mit dem auflagernden Blechträger verbundene Kipplatte ist an der Unterseite nach einer Hohlkugel von  $r = 95$  mm Radius abgedreht; der Kugelzapfen greift mit einem 55 mm hohen Ring in den Säulenschaft ein. Die größte Druckspannung zwischen den sich voll berührenden Halbkugeln berechnet sich nach Gl. 32 zu

$$\sigma = \frac{2 \cdot 70000}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19,0^2} = 500 \text{ kg/qcm.}$$

Das Moment für die 55 mm hohe ringförmige Nase, mit der sich der Kugelzapfen auf den Schaft auflegt, berechnet sich für 1 cm Umfang zu

$$\mathfrak{M} = \frac{420 \cdot 1 \cdot 2,5^2}{2} = 1310 \text{ cmkg,}$$

daher die Biegungsbeanspruchung zu

$$\sigma_b = \frac{1310 \cdot 6}{1 \cdot 5,5^2} = 260 \text{ kg/qcm}$$

und die Scherbeanspruchung zu

$$\sigma_s = \frac{420 \cdot 2,5}{1 \cdot 5,5} = 190 \text{ kg/qcm.}$$

Ist  $\sigma$  die nach Gl. 32 berechnete,  $k$  aber die zulässige Druckbean-

spruchung des Kugelmateriale, so berechnet sich die Stärke der Hohlkugel genau genug aus der Gleichung  $\delta = \frac{r}{2} \frac{\sigma}{k}$  zu  $\delta = \frac{9,5}{2} \cdot \frac{500}{500} = 4,75$  cm; gewählt ist  $\delta = 50$  mm. Die obere Kipplatte greift mit einem 15 mm hohen Ansatz von 60 mm  $\phi$  in eine entsprechende Aussparung der Auflagerplatte des Blechträgers ein; ihre Konsolen sind mit 10 mm Spiel gegen die Unterkante dieser Platte angeordnet.

Der Fuß der Pendelsäule ist in Fig. 231 dargestellt. Mit  $r_1 = 90$  mm,  $r_2 = 88$  mm und  $E = 1000$  t/qcm wird nach Gl. 30<sup>a</sup>:  $d = 2 \sqrt[3]{\frac{4}{3} \cdot \frac{70}{1000} \cdot \frac{9,0 \cdot 8,8}{9,0 - 8,8}} = 6,7$  cm und damit nach Gl. 31:  $\sigma = \frac{3}{2} \frac{70000}{\frac{1}{4} \pi \cdot 6,7^2} = 3000$  kg/qcm (zul. 3500 kg/qcm). Der Druck auf die Ringfläche des Fußstücks von  $\frac{\pi}{4} (32^2 - 22^2) = 424,1$  qcm Querschnitt berechnet sich zu  $\sigma = \frac{70000}{424,1} = 170$  kg/qcm, daher das Moment für die 70 mm hohe ringförmige Nase des Kugelzapfens für 1 cm Umfang zu  $M = 170 \cdot 1 \cdot \frac{5^2}{2} = 2130$  cmkg, die Biegebbeanspruchung zu  $\sigma_b = \frac{2130 \cdot 6}{1 \cdot 7^2} = 260$  kg/qcm und die Scherbeanspruchung zu  $\sigma_s = \frac{170 \cdot 5}{1 \cdot 7} = 120$  kg/qcm.

## II. Die Säule geht durch mehrere Geschosse durch.

Es gilt als Regel, stets die Säule als den tragenden Hauptkonstruktionsteil ununterbrochen durchzuführen, die Träger aber nach Bedarf zu stoßen. Die genau zentrische Übertragung des Auflagerdrucks ist nur in den wenigsten Fällen möglich; meist muß man sich damit begnügen, diesen Druck möglichst nahe der Säulennachse zu übertragen, im übrigen aber bei der Querschnittsbestimmung der Säule die durch den exzentrischen Lastangriff entstehenden Biegemomente in Rechnung zu stellen (vgl. Aufg. 36).

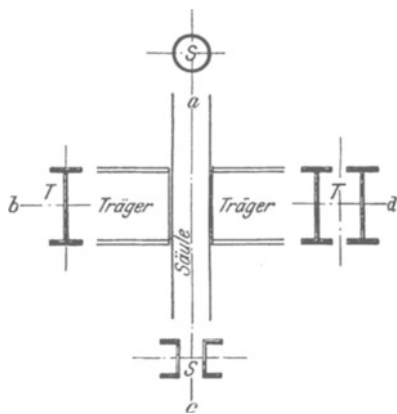


Fig. 232.

Je nachdem der Querschnitt der Säule bzw. Träger ein- oder zwei- (bzw. auch mehr-) teilig ist, hat man die in Fig. 232 übersichtlich dargestellten vier Fälle zu unterscheiden.

### 1. Säule einteilig, Träger einteilig.

a) **Gußeiserne Säulen.** Soll der Auflagerdruck genau zentrisch übertragen werden, so wird zwischen dem oberen und unteren Schaftteil ein besonderes Zwischenstück eingeschaltet, dessen Formgebung das Durchlaufen des Trägers gestattet.

**Aufgabe 58.** Es ist der Punkt *A* der in Fig. 233 dargestellten zweigeschossigen Deckenanlage zu entwerfen.

**Auflösung.** Der Punkt *A* ist in Fig. 234 dargestellt. Das zwischen dem oberen und unteren Säulenschaft eingeschaltete Zwischenstück besteht aus zwei senkrechten, 30 mm starken Wänden, die durch innere und äußere Rippen ausgesteift sind; letztere dienen gleichzeitig zum Anschluß der Deckenträger  $\text{H NP. 25}$ . Beide Wände sind oben und unten durch wagerechte, rechteckige Platten miteinander verbunden, die mit ringförmigen Ansätzen zum Anschluß an den oberen bzw. unteren Schaft versehen sind. Die untere Platte ist zur Aufnahme des Unterzugs  $\text{H NP. 40}$  oben gewölbt und mit einer 12 mm tiefen Aussparung  $60 \times 140$  mm versehen, in die ein unter den Unterzug genietetes

Flacheisen  $60/12$  eingreift, um so die feste Verbindung zwischen Säule und Träger herzustellen. Der auf sie wirkende Auflagerdruck von 30 t (Fig. 233) wird durch 4 Rippen von 30 mm Stärke auf das ringförmige Ansatzstück und durch dieses in den unteren Schaftteil übertragen.

Der obere Säulenschaft überträgt seine Druckkraft von 30 t auf das obere ringförmige Ansatzstück, dessen Biegungswiderstand sie unter Mitwirkung der oberen Platte in die senkrechten Wände weiterleitet; die geben den Druck teils unmittelbar, teils durch die außen angeordneten 4 Diagonalrippen an das untere Ringstück und durch dieses an den unteren Säulenschaft ab.

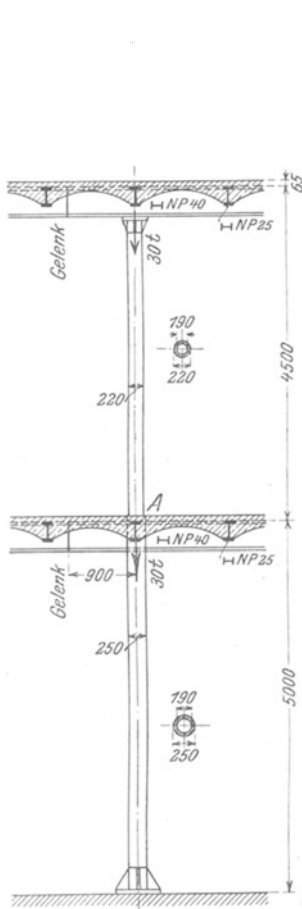


Fig. 233.

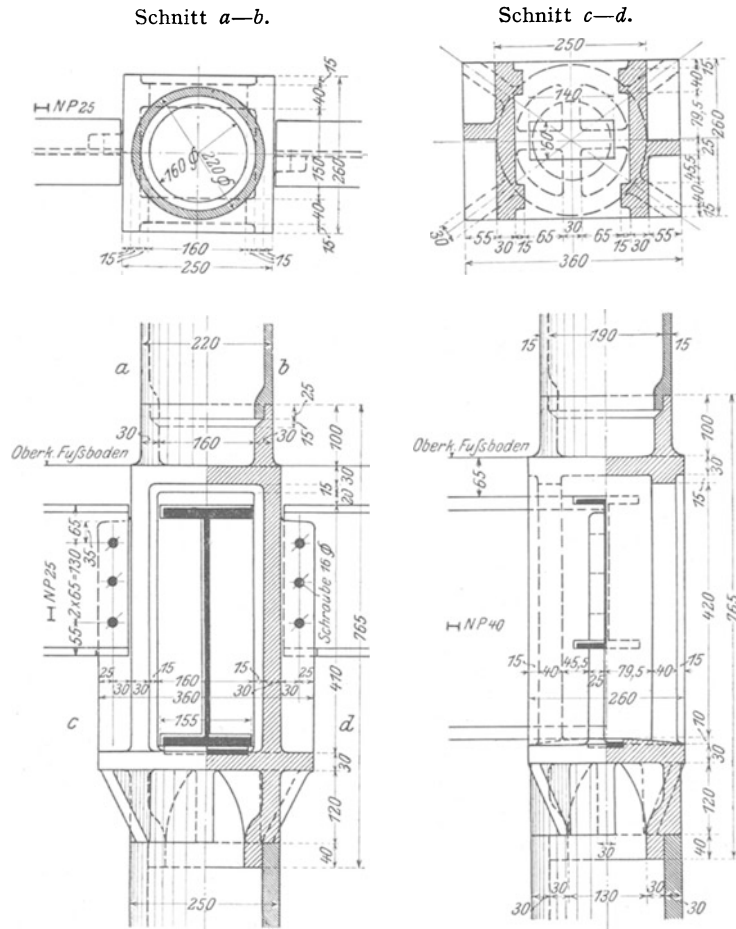


Fig. 234.

Die Anordnung eines solchen besonderen Zwischenstücks bedingt einen Mehraufwand an Zeit und Kosten und wird daher nur dann gewählt, wenn der Träger ununterbrochen durchgehen muß, weil er wie in Fig. 233 mit Gelenken ausgebildet ist. In allen anderen Fällen begnügt man sich damit, den Träger nach Fig. 235 beiderseits bis an den Säulenschaft heranzuführen, zu seiner Auflagerung kurze, durch Rippen ausgesteifte Konsolen anzugießen und ihn mit der Säule durch Winkeleisen oder winkelförmig abgebogene Bleche zu verschrauben.

Statt dieser Winkelbleche Flacheisen zu verwenden, die in Stegmitte mit den Trägern verschraubt und durch im Säulenschaft angeordnete Schlitz gesteckt sind, ist mit Rücksicht auf die unverschiebliche Verbindung von Säule und Träger nicht zweckmäßig.

b) **Flußeiserne Säulen.** Die durch den exzentrischen Trägeranschluß erzeugten Biegemomente haben hier nicht die Bedeutung wie bei dem weniger zuverlässigen Gußeisen. Die Träger werden daher in der Regel unterbrochen und durch Konsolen oder seitliche Anschlußwinkel möglichst nahe der Säulennachse angeschlossen. Ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 236: Anschluß eines Unterzugs  $\text{I-NP. 36}$  an eine aus  $2 \text{ I-NP. } 10^{1/2} + 2^{200/10}$  gebildete kastenförmige Säule; der Auflagerdruck wird durch senkrechte An-

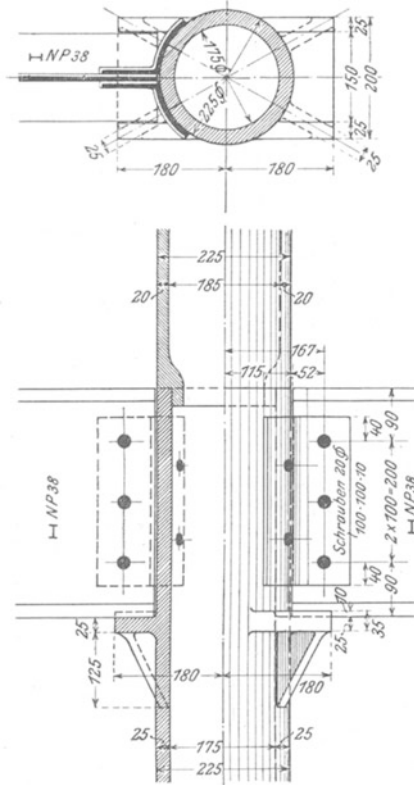


Fig. 235.

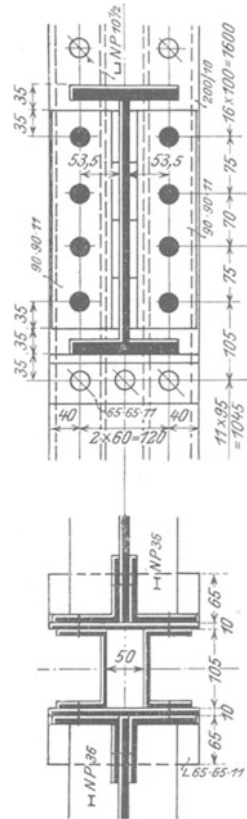


Fig. 236.

schlußwinkel  $90 \cdot 90 \cdot 11$  übertragen; die unterhalb des Trägers angebrachten Winkelisen  $65 \cdot 65 \cdot 11$  sind nicht unbedingt erforderlich, aber besonders zur Erleichterung der Montage zweckmäßig.

## 2. Säule einteilig, Träger zweiteilig.

a) **Gußeiserne Säulen.** Die Säule wird zwischen beiden Trägern durchgeführt; in der Regel ist die Einschaltung eines besonderen Zwischenstücks in der Säule erforderlich, an das sich die Träger mit ihren Stegen bzw. Stehblechen anschließen. Ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 237. Das Zwischenstück nimmt den oberen Säulenschaft unmittelbar auf und ist mit senkrechten Stegen versehen, an die die in Säulennachse gestoßenen Träger  $\text{I-NP. 45}$  angeschraubt sind; es setzt sich unten auf eine wagerechte Platte auf, die den Druck der oberen Säule durch 4 innen angeordnete Diagonalrippen von 30 mm

Stärke auf das untere Ringstück und durch dieses auf den unteren Säulenschaft überträgt. Diese Platte dient gleichzeitig zur Aufnahme des Auflagerdrucks der beiden  $\text{H-NP. 45}$  und ist daher außen durch 6 Rippen gegen das untere Ringstück abgesteift; die der Säule zugekehrten Flansche der  $\text{H-NP. 45}$  müssen oben und unten abgearbeitet werden.

b) **Flußeiserne Säulen.** Die Anordnung kann zunächst ganz entsprechend wie bei den Gußsäulen getroffen werden. Ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 238.

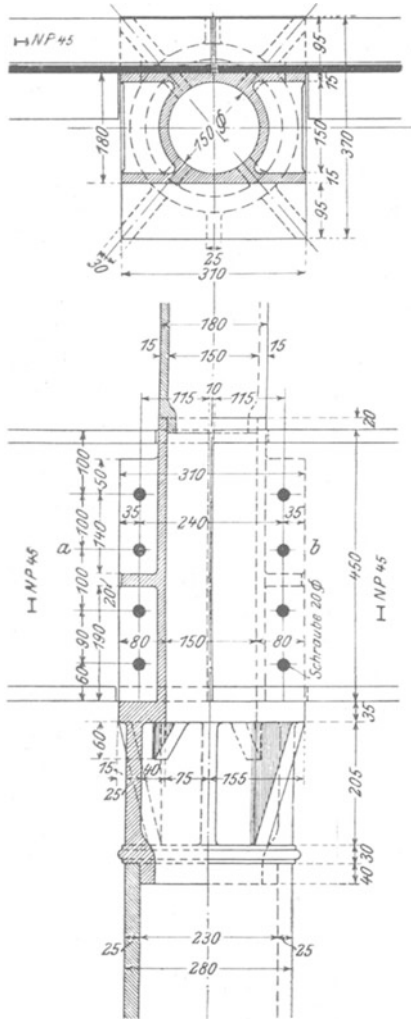


Fig. 237.

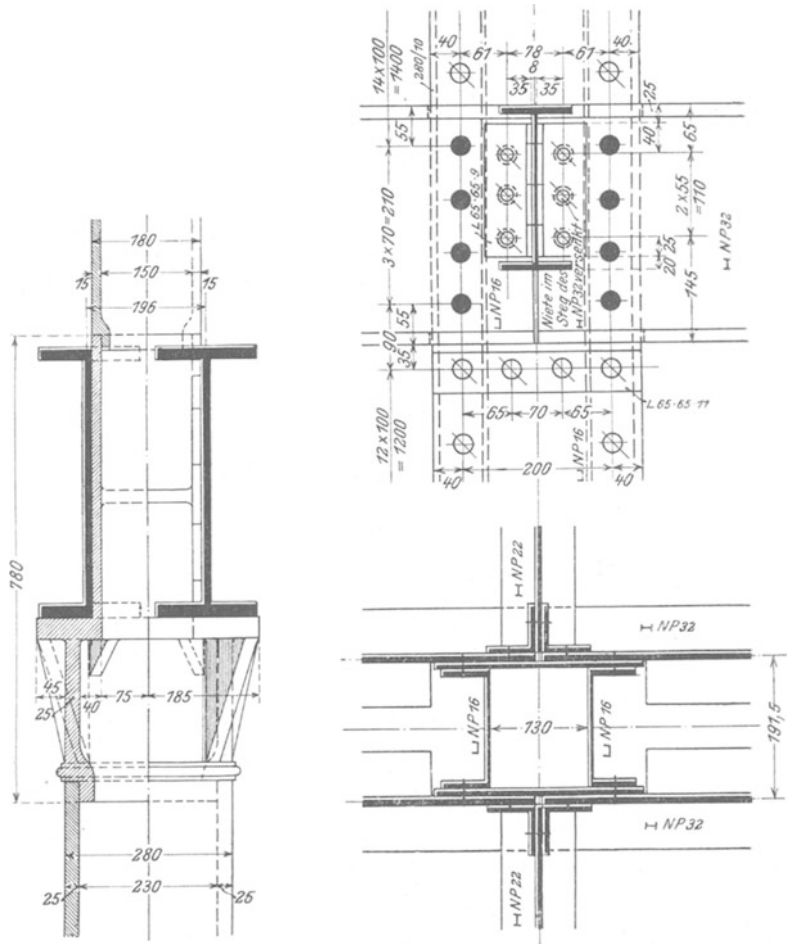


Fig. 238

An die aus  $2 \text{ L-NP. 16} + 2^{280}/_{10}$  gebildete kastenförmige Säule schließt sich der aus  $2 \text{ H-NP. 32}$  gebildete Unterzug und senkrecht zu diesem die aus  $\text{H-NP. 22}$  bestehenden Nebenträger an. Die inneren Flansche der beiden, in Säulenachse gestoßenen  $\text{H-Nr. 32}$  sind abgearbeitet, so daß ihre Stege unmittelbar auf den Säulenlamellen verschraubt werden können. Der Nebenträger ist unterbrochen und mit Winkeleisen an den Unterzug angeschlossen; die Anschlußniete sind in den Stegen der  $\text{H-NP. 32}$  versenkt. Die unterhalb

des Unterzugs angeordneten  $\times 65 \cdot 65 \cdot 11$  dienen wieder in erster Linie zur Erleichterung der Montage.

Eine zweite Art des Anschlusses, die der in Fig. 236 dargestellten entspricht, zeigt Fig. 239. Hier schließt sich ein aus 3  $\text{H-NP. 30}$  gebildeter Unterzug an eine aus 3  $\text{L-NP. } 10^{1/2} + 2^{440/10}$  bestehende kastenförmige Säule an; die Träger sind unterbrochen und mit senkrechten Winkleisen angeschlossen, von denen zur Ermöglichung der Montage nur die mittleren von vorn herein mit der Säule, die äußeren aber mit den  $\text{H-NP. 30}$  fest verbunden sind.

### 3. Säule zweiteilig, Träger einteilig.

Hier kommen nur flußeiserne Säulen in Betracht. Die Träger werden entweder unterbrochen und durch Winkleisen angeschlossen (entsprechend Fig. 236, bei der man sich die Lamellen fortfallend und durch Anschlußbleche ersetzt zu denken hat), oder aber sie gehen nach Fig. 240 zwischen beiden Säulenteilen ununterbrochen durch; die konstruktive Ausbildung entspricht dann der des Säulenkopfs. Das über dem Träger gestrichelt eingezeichnete Winkleisen  $w$  ist zur Verhinderung der seitlichen Ausbiegung des gedrückten Trägers

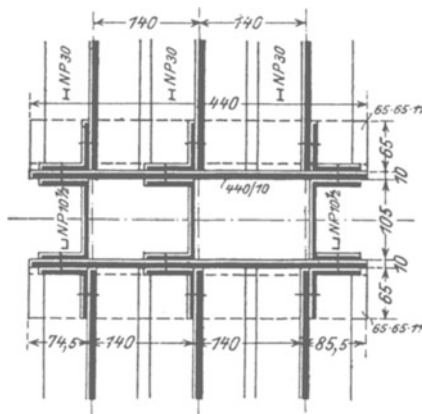


Fig. 239.

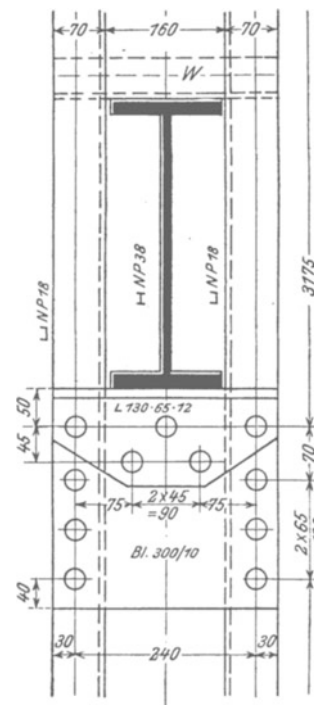


Fig. 240.

flansches nur dann erforderlich, wenn der Träger nicht schon durch die Konstruktion selbst (z. B. durch senkrecht zu ihm anschließende Nebenträger) gegen seitliche Verschiebung hinreichend geschützt ist.

### 4. Säule zweiteilig, Träger zweiteilig.

Auch hier kommen nur flußeiserne Säulen in Betracht. Die Träger werden entweder unterbrochen und entsprechend der Fig. 239 durch Winkleisen angeschlossen oder aber entsprechend der Fig. 238 seitlich der Säule ununterbrochen durchgeführt; in beiden Figuren hat man sich nur die Lamellen fortgefallen und durch Anschlußbleche ersetzt zu denken.

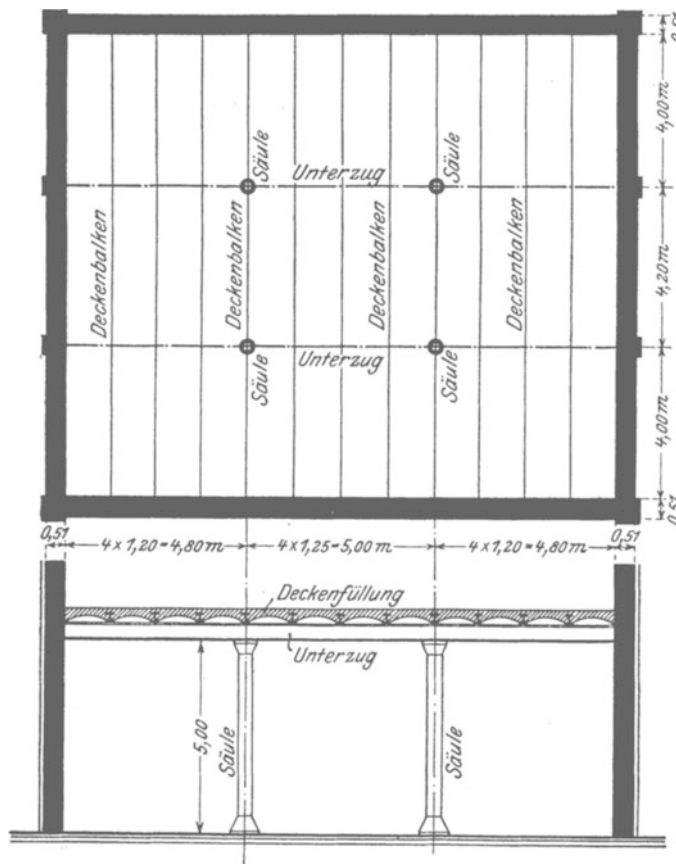
## Zweiter Abschnitt.

# Hochbaukonstruktionen.

## Sechstes Kapitel.

### Deckenkonstruktionen.

Das Eisen hat bei seiner Verwendung zu Deckenkonstruktionen gegenüber dem Holz den Vorzug größerer Tragfähigkeit bei geringerer Konstruktionshöhe sowie der Unempfindlichkeit gegen Fäulnis, Schwamm und Wurmfraß; es ist zwar nicht brennbar, aber nicht unbedingt feuersicher (vgl. 1. Kap.).



1. Kap.).

Die einzelnen Teile einer Deckenkonstruktion (Fig. 241) sind:

1. Die Füllung, die den Raum zwischen den meist in gleicher Entfernung voneinander angeordneten
2. Deckenbalken ausfüllt; diese sind entweder nur an ihren Endpunkten aufgelagert oder aber in einem oder mehreren Zwischenpunkten durch
3. Unterzüge unterstützt, die wiederum ebenfalls entweder nur an den Endpunkten aufgelagert oder aber in einem oder mehreren Zwischenpunkten durch
4. Säulen unterstützt sind.

Fig. 241.



## A. Berechnung der Deckenkonstruktionen.

Über Belastungen und zulässige Beanspruchungen vgl. Anhang Zahlentafel II.

### I. Die Deckenfüllung.

#### 1. Deckenfüllung aus Holz.

Die von Deckenbalken zu Deckenbalken freiliegenden Bretter oder Bohlen sind als Träger nach den Regeln des Kap. 3 zu berechnen.

#### 2. Deckenfüllung aus Stein.

Man unterscheidet ebene und gewölbte Füllungen.

a) **Die ebene Füllung** ist als ein beiderseits auf den Deckenbalken gelagerter Träger zu berechnen, dessen Abmessung parallel zu den Deckenbalken in der Regel zu  $b = 1$  m eingeführt wird. Geht die Füllung über mehr als 2 Felder ununterbrochen durch, so darf das größte positive Moment in Feldmitte zu  $\frac{4}{5}$  desjenigen Wertes  $M$  eingeführt werden, der sich bei frei drehbarer Auflagerung auf 2 Stützen ergeben würde, unter gleichzeitiger Berücksichtigung eines dann über den Stützen auftretenden negativen Spannungsmoments von gleicher Größe.

Da das Steinmaterial, insbesondere der Mörtel, nur eine geringe Zugfestigkeit besitzt, müssen in der Füllung zur Aufnahme der bei der Biegung auftretenden Zugspannungen Eiseneinlagen angeordnet werden. Ist für einen bestimmten Querschnitt von der Breite  $b = 1$  m

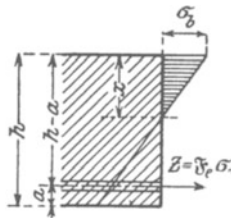


Fig. 242.

$M$  das größte auftretende Biegemoment in cmkg,

$f_e$  die Querschnittsfläche der Eiseneinlagen in qcm,

$\sigma_e$  die größte Zugspannung in der Eiseneinlage in kg/qcm,

$\sigma_b$  die größte Druckspannung im Steinmaterial in kg/qcm,

$h$  die Stärke der Füllung in cm,

$a$  der Abstand der Eiseneinlagen von der Unterkante in cm

(Fig. 242),

$$n = \frac{E_e}{E_b} = \frac{\text{Elastizitätsmodul des Eisens}}{\text{Elastizitätsmodul des Steinmaterials}} \quad (n = 15 \text{ für Beton}),$$

Beton),

so berechnet sich der Abstand  $x$  der neutralen Achse von der Oberkante zu

$$45) \quad x = \frac{n f_e}{100} \left[ \sqrt{1 + \frac{200(h-a)}{n f_e}} - 1 \right]$$

und daraus

$$46) \quad \sigma_b = \frac{2M}{100x \left( h - a - \frac{x}{3} \right)},$$

$$47) \quad \sigma_e = \frac{M}{f_e \left( h - a - \frac{x}{3} \right)}. \quad ^{1)}$$

**Aufgabe 59.** Die Belastung der in Fig. 241 dargestellten Decke beträgt von der ständigen Last  $\frac{400}{800}$  kg/qm. Die Deckenfüllung besteht aus einer ebenen Eisenbetondecke von  $h = 8$  cm Stärke, in die an der Zugseite im Abstand  $a = 1,5$  cm von der Ober- bzw. Unterkante für 1 m Breite je 8 Rundeseisen von abwechselnd 10 und 7 mm  $\phi$  mit  $f_e = 4(0,785 + 0,385) = 4,7$  qcm Fläche eingelegt sind. Es sind die in Beton und Eisen auftretenden größten Spannungen zu berechnen.

<sup>1)</sup> Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten vom 24. Mai 1907 und für Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton vom 13. Januar 1916.

**Auflösung.** Bei 1,25 m größter Entfernung der Deckenbalken entfällt auf 1 m Breite der Füllung die Gesamtkraft  $Q = 1,25 \cdot 1,0 (400 + 800) = 1500$  kg und, da die Platte über mehr als 2 Felder durchläuft, das Moment  $M = \frac{4}{5} \cdot 1500 \cdot \frac{125}{8} = 18750$  cmkg.

Daher wird nach Gl. 45:  $x = \frac{15 \cdot 4,7}{100} \left[ \sqrt{1 + \frac{200(8,0 - 1,5)}{15 \cdot 4,7}} - 1 \right] = 2,4$  cm und damit nach Gl. 46:  $\sigma_b = \frac{2 \cdot 18750}{100 \cdot 2,4 (6,5 - 0,8)} = 27,5$  kg/qcm und nach Gl. 47:  $\sigma_e = \frac{18750}{4,7 (6,5 - 0,8)} = 860$  kg/qcm

Ist  $\frac{k_b}{k_e}$  die zulässige Beanspruchung des Steinmaterials Eisens, so ergibt sich mit  $s = \frac{n k_b}{k_e + n k_b}$  die erforderliche Deckenstärke aus  $h - a = \sqrt{\frac{6 M}{(3 - s) s k_b b}}$  und die erforderliche Eisenfläche zu  $f_e = \frac{3 M}{(h - a) (3 - s) k_b}$ . Mit  $\frac{k_b}{k_e} = \frac{30}{1000}$  kg/qcm ergibt sich für die Zahlenwerte der Aufgabe 59:  $s = 0,31$ ;  $h - a = 6,7$  cm;  $f_e = 3,1$  qcm

b) Die gewölbte Füllung darf für die praktische Anwendung hinreichend genau nach den Gl. 17 bis 19 berechnet werden.

**Aufgabe 60.** Die Füllung der in Fig. 241 dargestellten Decke besteht aus 12 cm starken Ziegelsteingewölben von  $f = 0,18$  m Pfeilhöhe. Es sollen unter Zugrundelegung der Belastungen der Aufg. 59 die größten Spannungen im Gewölbe berechnet werden.

**Auflösung.** a) Volle senkrechte Belastung:  $Q = (400 + 800) 1,25 \cdot 1,0 = 1500$  kg für  $b = 1$  m Gewölbbreite. Nach Gl. 17 wird der Horizontalschub  $H = \frac{1500 \cdot 1,25}{8 \cdot 0,18} = 1300$  kg und die Druckspannung im Scheitel  $\sigma_m = \frac{1300}{100 \cdot 12} = 1,1$  kg/qcm; sie nimmt nach den Kämpfern hin nur unwesentlich zu.

$\beta$ ) Einseitige senkrechte Belastung:  $Q = 400 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 500$  kg;  $\Omega = 800 \cdot 1,25 \cdot 1,0 = 1000$  kg. Nach Gl. 17 und 18 ergibt sich der Horizontalschub zu  $\mathfrak{H} = \frac{500 \cdot 1,25}{8 \cdot 0,18} + \frac{1000 \cdot 1,25}{16 \cdot 0,18} = 900$  kg und nach Gl. 19 das größte Moment in  $\frac{1}{4}$  der Spannweite zu  $\mathfrak{M} = \pm \frac{1000 \cdot 125}{64} = \pm 2000$  cmkg. Da die Längskraft an dieser Stelle hinreichend genau gleich dem Horizontalschub  $\mathfrak{H}$  gesetzt werden darf, schneidet die Resultierende die Fuge im Abstand  $r = \frac{2000}{900} = 2,2$  cm  $> x = \frac{12}{6} = 2,0$  cm vom Schwerpunkt, also um  $\frac{12}{2} = 2,2$  = 3,8 cm von der Kante entfernt, und die größte Pressung im Gewölbe berechnet sich zu  $\sigma_m = \frac{2 \cdot 900}{3 \cdot 100 \cdot 3,8} = 1,6$  kg/qcm.

### 3. Deckenfüllung aus Eisen.

Sie kann gebildet werden durch:

a) **Wellblech**, das entweder eben als Balkenträger oder aber gebogen (bombiert) als Bogenträger zur Verwendung kommt.

**Aufgabe 61.** Die Füllung der in Fig. 241 dargestellten Decke besteht aus Wellblech; unter Zugrundelegung der Belastungen der Aufg. 59 soll das erforderliche Wellblechprofil bestimmt werden.  $k = 1000$  kg/qcm.

**Auflösung.** a) Ebene Füllung. Nach Aufg. 59 wird für 1 m Wellblechbreite das Moment  $M = 1500 \cdot \frac{125}{8} = 23440$  cmkg, daher das erforderliche Widerstandsmoment  $W = 23,4$  cm<sup>3</sup>, so daß ein Wellblech  $90 \times 70 \times 1$  mm mit  $W = 34,8$  cm<sup>3</sup> für 1 m Breite reichlich genügt.

$\beta$ ) Gewölbte Füllung. Wählt man ein Wellblech  $100 \times 30 \times 1$  cm mit  $F = 12,0$  qcm und  $W = 8,4$  cm<sup>3</sup> für 1 m Breite, so berechnet sich die größte Bean-

spruchung mit den Zahlenangaben der Aufg. 60 $\beta$  zu  $\sigma_{max} = \frac{900}{12,0} + \frac{2000}{8,4} = 75 + 240 = 315 \text{ kg/qcm}$ .

b) **Tonnen- und Buckelbleche**, die aber ebenso wie die

c) **Belageisen** bei Hochbaukonstruktionen nur selten Verwendung finden; ihre Berechnung findet sich im 11. und 12. Kapitel.

## II. Die Deckenbalken und Unterzüge.

Sie werden als Balkenträger nach den Regeln des 3. Kap. berechnet.

Geht ein Deckenbalken oder Unterzug über mehrere Felder ununterbrochen durch, so führt man die Berechnung zugunsten der Sicherheit doch meistens so durch, als ob es sich um einen Träger auf 2 Stützen mit frei drehbaren Enden handelte. Bei großen Spannweiten und schwerer Belastung ist es indessen oft vorteilhaft, den Träger mit Gelenken nach Fig. 28 auszubilden und dabei den Abstand  $x$  der Gelenke von den Stützen so zu bestimmen, daß die größten Momente im eingehängten Feld und im Kragträger annähernd gleichen Wert haben.

**Aufgabe 62.** Die Deckenbalken und Unterzüge der in Fig. 241 dargestellten Decke sollen unter Zugrundelegung der Belastungen der Aufg. 59 mit  $k = 875 \text{ kg/qcm}$  berechnet werden.

**Auflösung.** 1. Deckenbalken.  $L = 4,2 \text{ m}$ ;  $b = 1,25 \text{ m}$ ;  $p = 1200 \text{ kg/qm}$ ; daher  $Q = 4,2 \cdot 1,25 \cdot 1200 = 6300 \text{ kg}$ , zuzüglich Eigengewicht rund  $Q = 6500 \text{ kg}$ ;  $M = 6500 \cdot \frac{4,2^2}{8} = 341\,300 \text{ cmkg}$ ;  $W = \frac{341\,300}{875} = 390 \text{ cm}^3$  Gewählt ist **H** NP. 25 mit  $W = 396 \text{ cm}^3$ .

Stützdruck  $N = 3250 \text{ kg}$ ; Trägerbreite  $b = 110 \text{ mm}$ ; daher die erforderliche Auflagerlänge bei  $k_m = 12 \text{ kg/qcm}$  zulässiger Beanspruchung des Ziegelmauerwerks in Kalkzementmörtel  $a = \frac{3250}{12 \cdot 11,0} = 25 \text{ cm}$ .

2. Unterzug.  $L = 5,0 \text{ m}$ ;  $b = \frac{1}{2}(4,2 + 4,0) = 4,1 \text{ m}$ ;  $p = 1200 \text{ kg/qm}$ ; daher  $Q = 5,0 \cdot 4,1 \cdot 1200 = 24\,600 \text{ kg}$ , zuzüglich Eigengewicht für Balken und Unterzug rund  $Q = 25\,400 \text{ kg}$ ;  $M = 25\,400 \cdot \frac{5,0^2}{8} = 1\,588\,000 \text{ cmkg}$ ;  $W = \frac{1\,588\,000}{875} = 1820 \text{ cm}^3$ . Gewählt ist **H** NP. 45 mit  $W = 2040 \text{ cm}^3$ .

Stützdruck  $N = 12\,700 \text{ kg}$ ; gußeiserne Auflagerplatte  $280 \times 440 \text{ mm}$ ; daher der Druck auf das Mauerwerk in Kalkzementmörtel  $\sigma_m = \frac{12\,700}{28,0 \cdot 40,0} = 11,4 \text{ kg/qcm}$ . Platten-

stärke nach Gl. 16:  $\delta = \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{12\,700}{250} \cdot \frac{40}{28}} = 7,5 \text{ cm}$ .

**Aufgabe 63.** Der Unterzug der Aufg. 62 ist nach Fig. 243 (vgl. auch Fig. 233) als Gerberträger ausgebildet; welches **H**-Profil ist zu wählen?

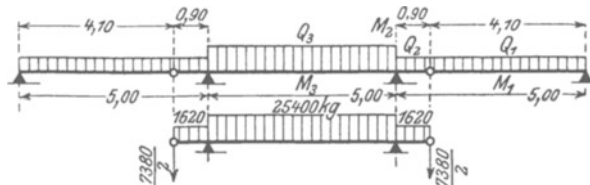


Fig. 243.

**Auflösung.** Die in Fig. 243 eingetragenen Belastungen der einzelnen Trägerstrecken berechnen sich zu:

$$Q_3 = 25\,400 \text{ kg wie in Aufg. 62;}$$

$$Q_2 = 25400 \frac{0,9}{5,0} = 4570 \text{ kg, und zwar } \frac{4,1 \cdot 0,9 \cdot 800 = 2050}{4570 - 2950 = 1620} \text{ kg von der Verkehrs- Last;}$$

$$Q_1 = 25400 \frac{4,1}{5,0} = 20830 \text{ kg, und zwar } \frac{4,1 \cdot 4,1 \cdot 800 = 13450}{20830 - 13450 = 7380} \text{ kg von der Verkehrs- Last.}$$

Damit ergeben sich die größten Momente

$$\text{im eingehängten Felde zu } M_1 = 20830 \cdot \frac{4,1}{8} = 10680 \text{ mkg;}$$

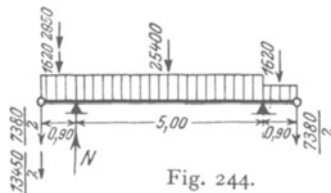
$$\text{über der Mittelstütze zu } M_2 = (4570 + 20830) \frac{0,9}{2} = 11430 \text{ mkg;}$$

$$\text{in Mitte Kragträger zu } M_3 = 25400 \cdot \frac{5,0}{8} - (1620 + 7380) \frac{0,9}{2} = 11820 \text{ mkg.}$$

Daher  $W = \frac{1182000}{875} = 1360 \text{ cm}^3$ , so daß H NP. 40 mit  $W = 1459 \text{ cm}^3$  genügt; hinzu tritt das Mehr an Eisen und Arbeit für die Ausbildung der Gelenke.

### III. Die Säulen.

Sie werden nach den Regeln des 4. Kap. berechnet. Der größte Säulendruck  $P$  ergibt sich aus den größten Stützdrücken der Unterzüge zuzüglich eines Zuschlags für das Eigengewicht.



**Aufgabe 64.** Es soll die größte Säulendruckkraft  $P$  der in Fig 241 dargestellten Decke für den Fall berechnet werden, daß die Unterzüge nach Fig. 243 als Gerberträger ausgebildet sind.

**Auflösung.** Der größte Stützdruck des Kragträgers ergibt sich bei der in Fig. 244 dargestellten Belastung, und zwar zu  $N = \frac{1}{2} \cdot 25400 + 1620 + \frac{1}{2} \cdot 7380$

$$+ \frac{1}{5,0} (2950 \cdot 5,45 + \frac{1}{2} \cdot 13450 \cdot 5,9) = 29160 \text{ kg; daher die größte Säulenkraft einschließlich des Eigengewichts rund } P = 30,0 \text{ t.}$$

## B. Konstruktion der Decken.

Die Ausbildung der Deckenbalken, Unterzüge und Säulen ist bereits im 3. bis 5. Kap. erledigt; es erübrigt die Besprechung der Deckenfüllung.

### 1. Deckenfüllung in Holz.

Bei Holzbalkendecken werden die etwa erforderlichen Unterzüge meist aus Eisen hergestellt, um an Konstruktionshöhe zu sparen. Um den gedrückten

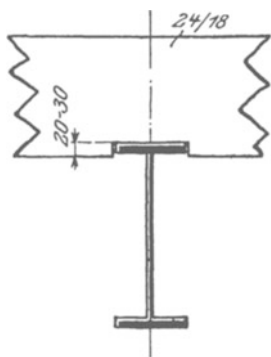


Fig. 245.

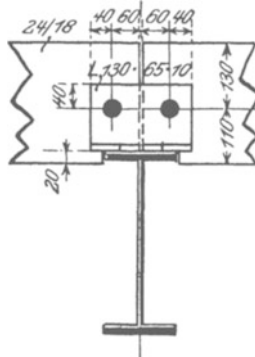


Fig. 246.

Flansch des Unterzugs gegen Ausbiegen in der wagerechten Ebene nach Fig. 81 zu schützen, werden die Holzbalken entweder 2 bis 3 cm tief eingekämmt (Fig. 245) oder aber durch Winkelleisen (ein- oder zweiseitig Fig. 246) mit dem Unterzug verbunden; letzteres ist Regel beim Stoß der Holzbalken.

Liegen Balken und Unterzug ganz oder annähernd

bündig, so werden die Balken auf wagerechten, an den Trägersteg genieteten Winkeleisen gelagert (Fig. 247); ein nebengelegtes senkrechtcs Winkeleisen bewirkt die Aussteifung des Stags und wird zur Sicherung des gedrückten

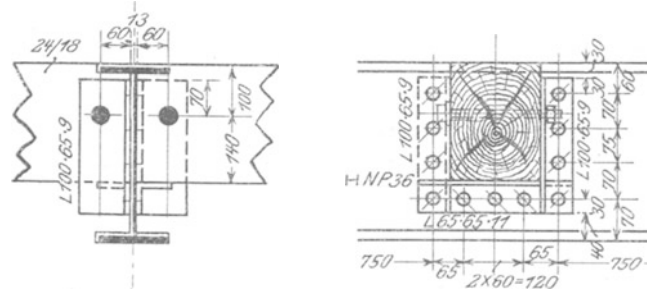


Fig. 247.

Flansches gegen seitliches Ausbiegen mit dem Holzbalken durch eine Schraube verbunden.

Überall da, wo die Gefahr der Schweißwasserbildung am Eisen vorhanden ist, müssen in den Berührungsflächen zwischen Holz und Eisen Asphalt-pappstreifen zur Verhinderung des Anfaulens eingelegt werden.

## 2. Deckenfüllung in Stein.

Wegen der Unempfindlichkeit des Steinmaterials gegen die Fehler des Holzes und Eisens, insbesondere gegen das Feuer, bei öffentlichen Gebäuden und reinen Nutzbauten durchweg verwendet.

**a) Ebene Füllung.**  $\alpha$ ) Bei Verwendung von Ziegelvoll- oder -hohlsteinen wird die Füllung auf den unteren Trägerflanschen aufgelagert (Fig. 248); die in den Fugen zur Aufnahme der auftretenden Zugspannungen angeordneten Einlagen aus Rund-, Flach- oder Profileisen müssen in Zementmörtel verlegt

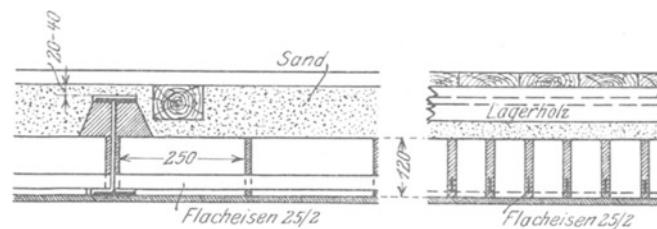


Fig. 248.

werden. Eine solche aus einzelnen Steinen gebildete Füllung erfordert eine sehr sorgfältige Überwachung sowohl der zu verwendenden Baustoffe als auch besonders der Ausführung, wenn man gegen das Herausfallen einzelner Steine genügend gesichert sein will. Wo große und einseitige Verkehrslasten und Erschütterungen auftreten, z. B. bei Tanzsälen, öffentlichen Gebäuden, Fabriken, ist stets die

$\beta$ ) Verwendung von Beton vorzuziehen. Die in Fig. 249 dargestellte Anordnung, bei der die Träger allseitig gegen den unmittelbaren Angriff der

Hitze und Flammen geschützt liegen, ergibt bei größerer Trägerhöhe ein hohes Eigengewicht, gehört aber auch ihrer statischen Wirkung nach zu den

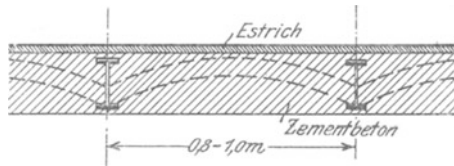


Fig. 249.

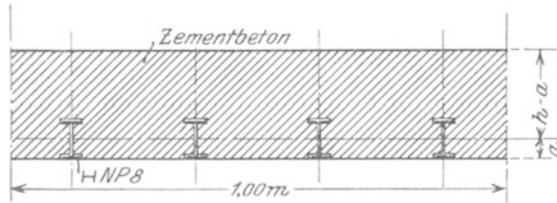


Fig. 250.

gewölbten Füllungen, wie gestrichelt angedeutet. Für große Lasten und starke Erschütterungen hat sich die in Fig. 250 dargestellte Anordnung bewährt, bei der die Betonplatte selbst gleichzeitig als Deckenbalken wirkt, die in  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  m Entfernung angeordneten H-Eiseneinlagen aber die bei der Biegung auftretenden Zugspannungen aufnehmen.

fallen die Deckenbalken fort; von Unterzug zu Unterzug ist eine 220 mm starke Betonplatte gespannt, in die für 1 m Breite je 4 HNP. 8 mit  $f_e = 4 \cdot 7,6 = 30,3$  qcm Fläche eingelegt sind. Es sind die in Beton und Eisen auftretenden größten Spannungen für eine Gesamtbelastung  $p = 1300$  kg/qm zu berechnen.

**Auflösung.** Für einen 1 m breiten Plattenstreifen wird bei 4,2 m größter Stützweite die Gesamtlast  $Q = 4,2 \cdot 1,0 \cdot 1300 = 5500$  kg und, da die Platte über mehr als 2 Felder ununterbrochen durchläuft, das Moment  $M = \frac{4}{5} \cdot 5500 \cdot \frac{4,2}{8} = 2310$  mkg. Mit  $a = \frac{80}{2} = 40$  mm wird nach Gl. 45:  $x = \frac{15 \cdot 30,4}{100} \left[ \sqrt{1 + \frac{200(22,0 - 4,0)}{15 \cdot 30,4}} - 1 \right] = 9,0$  cm,

daher nach Gl. 46:  $\sigma_b = \frac{2 \cdot 231000}{100 \cdot 9,0 (18,0 - 3,0)} = 34,2$  kg/qcm

und nach Gl. 47:  $\sigma_e = \frac{231000}{30,4 (18,0 - 3,0)} = 500$  kg/qcm.

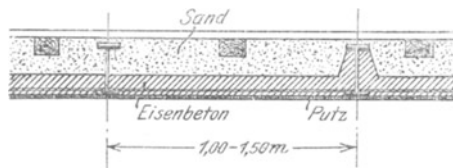


Fig. 251.

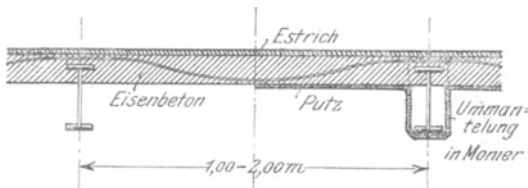


Fig. 252.

Bei zwischen den Deckenbalken liegenden Eisenbetonplatten werden entweder die unteren (Fig. 251) oder die oberen (Fig. 252) Flanschen zur Auflagerung benutzt.

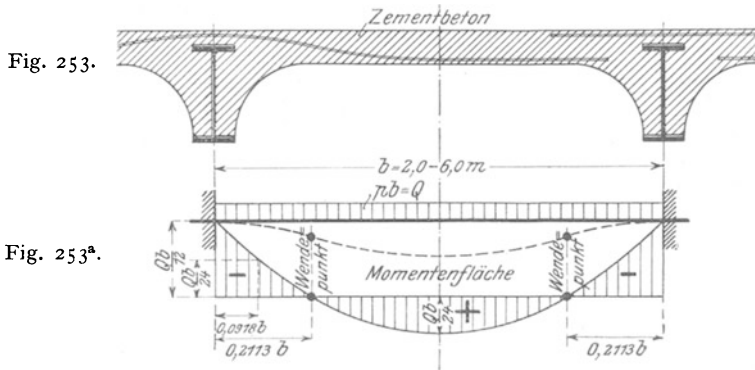
Im Falle der Fig. 252 bildet die Füllung einen über mehrere Öffnungen durchlaufenden Träger (Fig. 27), bei dem über den Stützpunkten, das sind hier die Deckenbalken, negative Momente auftreten, die in den oberen Fasern Zugspannungen erzeugen; daher die allmähliche Überführung der Eiseneinlagen von der Plattenunterkante in Feldmitte zur Oberkante über den Deckenbalken.

Treten große bewegliche Lasten auf, so werden 2 Eiseneinlagen, eine an der Ober- und eine an der Unterkante, eingelegt.

Eine wesentliche Verstärkung der Tragfähigkeit erzielt man durch die Anordnung von Vouten, indem der Beton nach Fig. 253 bogenförmig auf

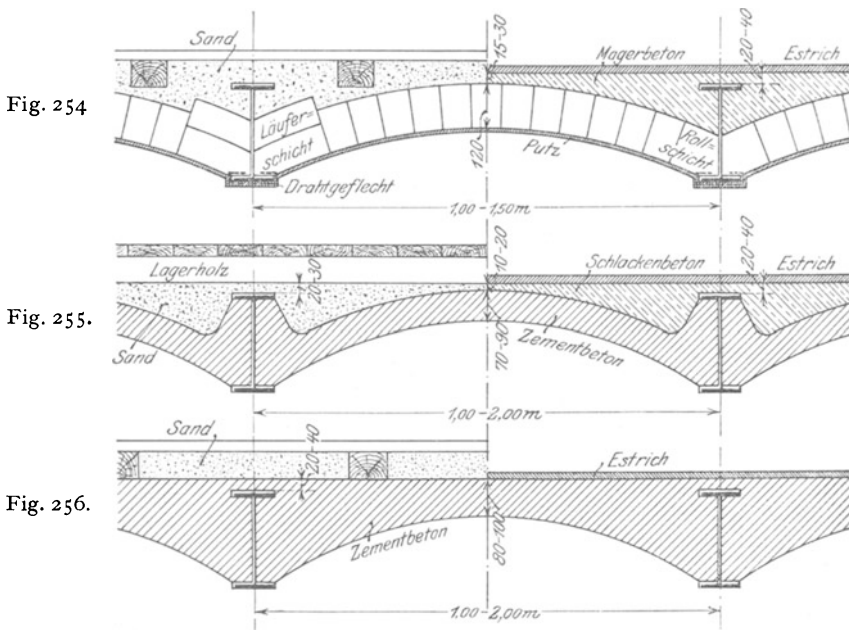
die unteren Trägerflansche hinabgeführt wird; die Eiseneinlagen werden entweder abgebogen, wie in Fig. 253 links, oder aber bei größeren beweglichen Verkehrslasten in doppelter Lage, wie in Fig. 253 rechts, ausgeführt.

Die Wirkung der Vouten besteht darin, daß sie die Träger und damit die Eisenbetonplatte selbst an der freien Drehung hindern, d. h. die Platte nach Fig. 26 ein-



spannen. Die bei Voraussetzung einer vollkommenen Einspannung bei gleichförmig verteilter Belastung auftretenden Biegemomente sind in Fig. 253<sup>a</sup> dargestellt; in Feldmitte ergibt sich  $M_{max} = \frac{Qb}{24}$ , über den Stützpunkten  $M_{min} = -\frac{Qb}{12}$ . Will man an beiden Stellen mit derselben Fläche  $f_e$  der Eiseneinlagen auskommen, so muß die Stärke der Betonplatte an den Auflagern mindestens zweimal so groß wie in Feldmitte sein.

Da eine vollkommene Einspannung praktisch niemals erreichbar ist, so hat man bei ihrer Annahme die zulässigen Beanspruchungen um 10 bis 15% gegenüber den sonst üblichen zu ermäßigen.



**b) Gewölbte Füllung.** α) Bei Verwendung von Ziegelvoll- oder hohlsteinen (Fig. 254) erhalten die Gewölbe bei Spannweiten bis zu 1,5 m

eine Stärke von  $\frac{1}{2}$  Stein. Um an den Kämpfern zu kleine Steinstücke zu vermeiden, wird dort eine Roll- oder eine doppelte Läuferschicht angeordnet. Die Auffüllung der Gewölbe erfolgt bei Holzfußböden in trockenem Sand, sonst in Magerbeton (Bims- oder Schlackenbeton; Schlacken mit Schwefelgehalt auszuschließen, da Schwefel das Eisen angreift!). Die Unterfläche erhält einen Putz, der gleichzeitig als Feuerschutz für die Trägerunterflanschen dient; man verwendet auch wohl besonders geformte Kämpfersteine, die den Trägerflansch umfassen.

$\beta$ ) Bei Verwendung von Beton (mit oder ohne Eiseneinlagen) werden die Träger zweckmäßig auf ihre ganze Höhe umstampft (Fig. 255), um ein gutes Widerlager für die Gewölbe zu schaffen. Bei Auffüllung der Gewölbe mit Beton ist zur Vermeidung der zweierlei Art von Beton für Gewölbe und Auffüllung die in Fig. 256 dargestellte Anordnung zweckmäßiger. In allen Fällen muß die Auffüllung die Deckenträger 2 bis 4 cm überragen.

### 3. Deckenfüllung in Eisen.

Sie kann gebildet werden durch:

a) **Riffelblech**, das in Stärke von 6 bis 8 mm unmittelbar auf die oberen Trägerflansche genietet wird; wegen seiner geringen Tragfähigkeit nur bei enger Teilung der Deckenbalken und geringer Nutzlast verwendbar, z. B. zur Abdeckung von Laufstegen an Brücken, Kranen, Maschinen und zu Treppenstufen.

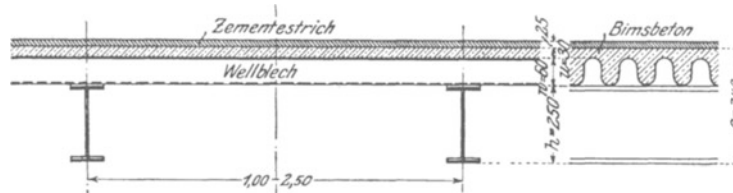


Fig. 257.



Fig. 258.

Fig. 259.

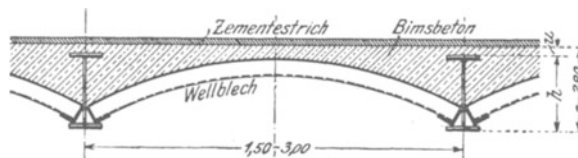


Fig. 260.

b) **Wellblech**, bei Decken nur noch selten verwendet.

$\alpha$ ) Ebenes Wellblech. Die Lage auf den oberen Trägerflanschen nach Fig. 257 erfordert eine große Gesamtdicke  $c$  der Decke; diese läßt sich um die Wellblechhöhe  $w$  verringern, wenn die unteren Flanschen nach Fig. 258 als Auflager benutzt werden, wodurch aber ein großes Gewicht der Auffüllung



(Sand oder Magerbeton) bedingt wird; man lagert daher wohl das Wellblech nach Fig. 259 auf besondere, seitlich an den Steg genietete Winkeleisen, nimmt dabei aber den Mehraufwand an Eisen und Nietarbeit in Kauf.

$\beta$ ) Gebogenes (bombiertes) Wellblech spannt sich als Kappengewölbe zwischen die Deckenbalken (Fig. 260); um es am Kämpfer mit seiner ganzen Fläche zur Auflagerung zu bringen, wird ein durchlaufendes Winkeleisen angeordnet, das sich unmittelbar gegen den Träger oder aber gegen einen zwischen Steg und Flansch eingebrachten Betonzwickel stützt.

c) **Tonnen- und Buckelbleche** sowie **Belageisen** werden bei Decken nur selten bei sehr schweren Lasten verwendet; über ihre Konstruktion vgl. 11. und 12. Kap.

## Siebentes Kapitel.

### Dachkonstruktionen.

Die einzelnen Teile einer Dachkonstruktion (Fig. 261) sind:

1. Die Dachdeckung oder Dachhaut, die das Gebäude nach außen wasser-, wärme- und feuersicher abschließen soll; sie wird von den

0,8 bis 1,25 m voneinander entfernten

2. Sparren oder auch unmittelbar von den

3. Pfetten (Trauf-, Zwischen- und Firstpfetten) getragen, die meist in gleichen wagerechten Entfernungen (Fachweiten)  $a = 2,5$  bis  $3,5$  m angeordnet und durch die

4. Binder unterstützt sind. Die Entfernung der einzelnen Binder voneinander, die „Binderweite“ wird meist gleich groß und zwar zu  $b = 3,5$  bis  $10,0$  m gewählt; sie sind die Hauptträger der ganzen Dachkonstruktion, die deren ganze Last auf die Seitenmauern und durch diese in den Baugrund übertragen. Um eine Drehung des einzelnen Binders um die Verbindungslinie seiner Auflagerpunkte und ein Herausreten der Knotenpunkte

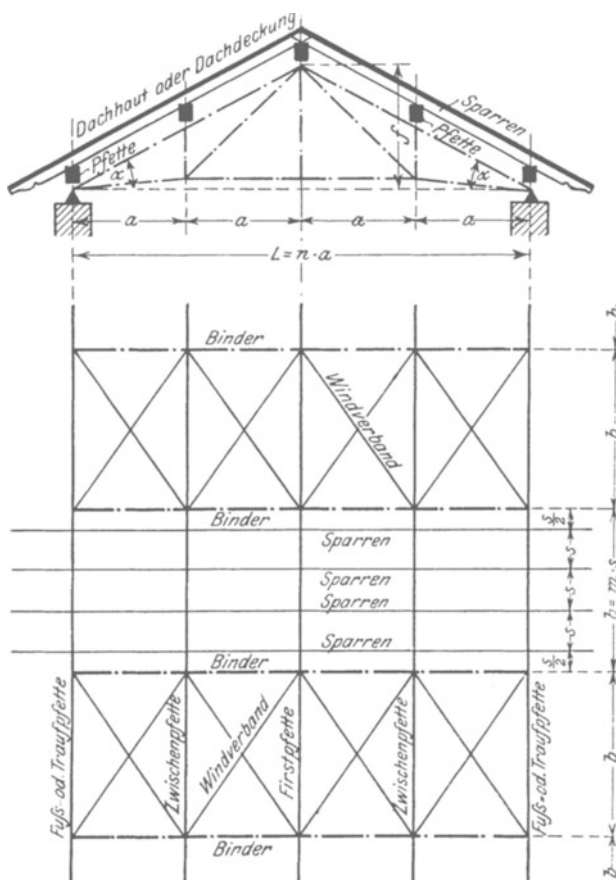


Fig. 261.

des gedrückten Obergurts aus der Binderebene heraus zu verhindern, werden je zwei Binder durch den in der Obergurtebene liegenden

5. Windverband miteinander verbunden.
6. Rinnen von 0,8 bis 1,0 qcm mittlerem Querschnitt für jedes Quadratmeter der Grundfläche des zu entwässernden Dachs; sie werden mit einem Gefälle von 1 : 125 bis 1 : 100 verlegt und in Entfernungen von 15 bis 25 m durch Abfallrohre von 13 bis 15 cm  $\phi$  entwässert.

## A. Berechnung der Dachkonstruktionen.

Über Belastungen und zulässige Beanspruchungen vgl. Anhang Zahlentafel III.

### I. Die Dachdeckung.

#### 1. Wellblechdeckung.

Das Wellblech kommt entweder eben auf eiserner Unterkonstruktion oder aber gebogen (bombiert) freitragend zur Verwendung.

**a) Ebene Wellblechdeckung.** Das ebene Wellblech ist als ein von Pfette zu Pfette freiliegender Träger zu berechnen, dessen Breitenabmessung (parallel zu den Pfetten) meist gleich 1 m eingeführt wird.

**Aufgabe 66.** Die in Fig. 261 dargestellte Dachkonstruktion von  $L = 12$  m Stützweite ist mit Wellblech gedeckt. Die Gesamtbelastung beträgt 150 kg/qm Grundriß. Es ist das erforderliche Wellblechprofil zu bestimmen.  $k = 1200$  kg/qcm.

**Auflösung.** Die Spannweite des Wellblechs stimmt mit der Fachweite  $a = \frac{L}{4} = 3,0$  m überein (vgl. Fig. 33); daher ergibt sich die Gesamtlast für 1 m Breite zu  $Q = 150 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 450$  kg und das größte Moment zu  $M = 450 \cdot \frac{3,00}{8} + 100 \cdot \frac{3,00}{4} = 16900 + 7500 = 24400$  cmkg, wenn in Mitte eine Einzellast von 100 kg für einzelne, das Dach bei Wiederherstellungs- oder Reinigungsarbeiten betretende Arbeiter angenommen wird.  $W = \frac{24400}{1200} = 20,4$  cm<sup>3</sup>; gewählt ist Wellblech NP. 100 · 50 · 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> mit  $W = 24,0$  cm<sup>3</sup> für 1 m Breite.

**b) Gebogene Wellblechdeckung** (freitragende oder bombierte Wellblechdächer). Das Wellblech spannt sich als Kappengewölbe mit einer Pfeilhöhe  $f = \frac{L}{4}$  bis  $\frac{L}{6}$  (Fig. 42) zwischen eiserner auf den Seitenmauern gelagerte Längsträger, die zum Ausgleich des Gewölbeschubs in Entfernungen  $a = 2,0$  bis 4,0 m durch Anker miteinander verbunden sind.

$\alpha$ ) Das Wellblechgewölbe kann hinreichend genau nach den Gl. 17 bis 19 berechnet werden.

**Aufgabe 67.** Ein freitragendes Wellblechdach von  $L = 20,0$  m Stützweite und  $f = 3,6$  m Pfeilhöhe ist durch Eigengewicht mit 50 kg/qm, durch Schnee mit 70 kg/qm und durch Wind mit 20 kg/qm Grundriß (vgl. S. 23) belastet; es ist das erforderliche Wellblechprofil zu bestimmen.  $k = 1200$  kg/qcm.

**Auflösung.** Bei voller Schneebelastung und Winddruck wird für 1 m Breite die Gesamtlast  $Q = 20,0 \cdot 1,0 (50 + 70) = 2400$  kg bzw.  $\Omega = 20,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 400$  kg, daher nach Gl. 17 und 18 der Horizontalschub  $H = \frac{2400 \cdot 20,0}{8 \cdot 3,6} + \frac{400 \cdot 20,0}{16 \cdot 3,6} = 1800$  kg und nach Gl. 19 das Moment in  $\frac{1}{4}$  der Spannweite  $M = \pm \frac{400 \cdot 20,0}{64} = \pm 125$  mkg. Bei einseitiger Schneelast und Winddruck wird  $Q = 20,0 \cdot 1,0 \cdot 50 = 1000$  kg;  $\Omega = 20,0 \cdot 1,0 (70 + 20) = 1800$  kg;

$\mathfrak{H} = \frac{1000 \cdot 20,0}{8 \cdot 3,6} + \frac{1800 \cdot 20,0}{16 \cdot 3,6} = 1320 \text{ kg}$ ;  $\mathfrak{M} = \pm \frac{1800 \cdot 20,0}{64} = \pm 560 \text{ mkg}$ . Da die Längskraft an dieser Stelle genau genug gleich dem Horizontalschub  $\mathfrak{H}$  eingeführt werden darf, so erleidet das gewählte Wellblechprofil  $100 \cdot 100 \cdot 1\frac{1}{4} \text{ mm}$  (dessen Stärke für die Ausführung mit Rücksicht auf die Rostgefahr zu  $2 \text{ mm}$  gewählt ist) mit  $F = 32,1 \text{ qcm}$  und  $W = 72,4 \text{ cm}^3$  für  $1 \text{ m}$  Breite die Beanspruchung

$$\sigma = \frac{1320}{32,1} + \frac{56000}{72,4} = 410 + 770 = 1180 \text{ kg/qcm.}$$

β) Die Anker erhalten, wenn  $H_{max}$  der größte Horizontalschub für  $1 \text{ m}$  Gewölbebreite und  $a$  die Ankerentfernung (Fig. 262) ist, die größte Zugkraft

$$48) \quad Z = aH_{max}.$$

**Aufgabe 68.** Für das in Aufg. 67 berechnete Wellblechdach trägt die Ankerentfernung  $a = 3,0 \text{ m}$ ; es ist der erforderliche Ankerquerschnitt zu bestimmen;  $k = 800 \text{ kg/qcm}$ .

**Auflösung.** Nach Aufg. 67 ist  $H_{max} = 1800 \text{ kg}$ , daher  $Z = 3,0 \cdot 1800 = 5400 \text{ kg}$ . Gewählt ist ein Rundeisen  $1\frac{3}{8}'' \phi$  mit  $6,8 \text{ qcm}$

Kernfläche, daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{5400}{6,8} = 790 \text{ kg/qcm}$ .

Werden die Anker nach Fig. 263 oder 264 gegabelt ausgeführt, so ergeben sich die Zugkräfte für

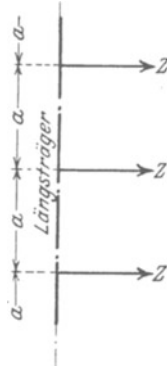


Fig. 262.

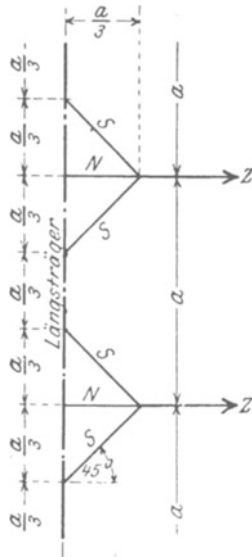


Fig. 263.

Fig. 263:

- im Hauptanker 49<sup>a</sup>)  $Z = aH_{max}$ ;
- Nebenanker 49<sup>b</sup>)  $N = \frac{a}{3} H_{max}$ ;
- Schräganker 49<sup>c</sup>)  $S = \frac{a}{3 \sin 45^\circ} H_{max}$   
 $= \frac{N}{\sin 45^\circ}$ .

Fig. 264:

- im Hauptanker 50<sup>a</sup>)  $Z = aH_{max}$ ;
- Schräganker 50<sup>b</sup>)  $S = \frac{a}{2 \sin 45^\circ} H_{max}$ .

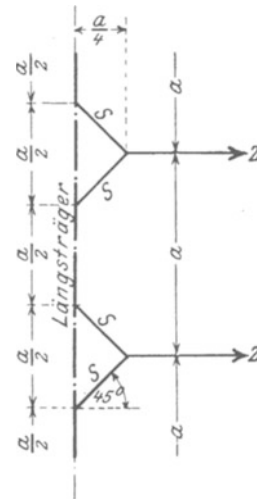


Fig. 264.

Den Neigungswinkel der Schräganker zu  $45^\circ$  zu wählen, ist nicht erforderlich, aber empfehlenswert.

γ) Die Längsträger (Fig. 262 bis 264) liegen entweder wagerecht und sind dann ihrer ganzen Länge nach durch Mauern oder Träger unterstützt, oder aber schräg (Fig. 265) und sind dann meist nur in einzelnen, der Ankerentfernung  $a$  entsprechenden Punkten aufgelagert.

aa) Wagerechte, durchlaufend unterstützte Längsträger werden nur durch den Horizontalschub beansprucht und zwar

| in  | Fig. 262                            | Fig. 263   | Fig. 264   |
|---|-------------------------------------|--|--|
| durch das Moment<br>und<br>durch die Längskraft | 51) $M = \frac{4}{5} Z \frac{a}{8}$ | 52 <sup>a</sup> ) $M = \frac{4}{5} \frac{Za}{72}$<br>52 <sup>b</sup> ) $L = \frac{Z}{3}$ | 53 <sup>a</sup> ) $M = \frac{4}{5} \frac{Za}{32}$<br>53 <sup>b</sup> ) $L = \frac{Z}{2}$ |

Der den Momenten zugefügte Beiwert  $\frac{4}{5}$  ist nur dann zulässig, wenn der Längsträger über mehr als 2 Felder ununterbrochen durchläuft.

bb) Schrägliegende, nur in den Ankerangriffspunkten unterstützte Längsträger (Fig. 265) werden durch den Horizontalschub  $H$  und den senkrechten Stützdruck  $N$  beansprucht. Zerlegt man diese Kräfte nach den Hauptachsen  $xx$  und  $yy$  des Längsträgers, so ergeben sich die Momente

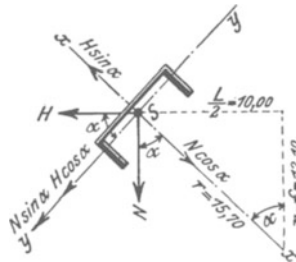


Fig. 265.

in der Ebene  $xx$  zu  $M_x = \frac{4}{5}(H \sin \alpha - N \cos \alpha) \frac{a}{8}$ ,

in der Ebene  $yy$  zu  $M_y = \frac{4}{5}(H \cos \alpha + N \sin \alpha) \frac{a}{8}$ ,

wobei auch hier der Beiwert  $\frac{4}{5}$  nur dann einzuführen ist, wenn der Längsträger über mehr als 2 Felder ununterbrochen durchläuft. Die Achse  $yy$  fällt mit der Bogentangente im Kämpfer zusammen.

**Aufgabe 69.** Die schrägliegenden, über 3 Felder ununterbrochen durchlaufenden Längsträger des in Aufg. 67 berechneten Wellblechdachs sind aus  $\square$  NP. 26 mit  $W_x = 371 \text{ cm}^3$  und  $W_y = 48 \text{ cm}^3$  gebildet; es ist die größte auftretende Spannung zu ermitteln.

**Auflösung.** Nach Aufg. 67 wird für 1 m Breite und 3,0 m Ankerentfernung bei voller Schneebelastung und Winddruck  $N_1 = 3(1200 + \frac{3}{8} \cdot 400) = 4050 \text{ kg}$ ,  $N_2 = 3(1200 + \frac{1}{8} \cdot 400) = 3750 \text{ kg}$  und  $H = 3 \cdot 1800 = 5400 \text{ kg}$ , bei einseitiger Schneelast und Winddruck  $N_1 = 3(500 + \frac{3}{8} \cdot 1800) = 3525 \text{ kg}$ ,  $N_2 = 3(500 + \frac{1}{8} \cdot 1800) = 2175 \text{ kg}$  und  $\xi = 3 \cdot 1320 = 3960 \text{ kg}$ . Mit dem Bogenradius  $r = \frac{10,0^2 + 3,6^2}{2 \cdot 3,6} = 15,7 \text{ m}$  wird  $\sin \alpha = \frac{10,7}{15,7} = 0,64$  und  $\cos \alpha = \frac{15,7 - 3,6}{15,7} = 0,77$ , daher

| bei                               | voller Schneelast und Wind                 |  | einseitiger Schneelast und Wind            |  |                                |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--------------------------------|
|                                   | linken Kämpfer                             | rechten Kämpfer                            | linken Kämpfer                             | rechten Kämpfer                            |                                |
| $H \sin \alpha - N \cos \alpha =$ | $5400 \cdot 0,64 - 4050 \cdot 0,77 = 340$  | $5400 \cdot 0,64 - 3750 \cdot 0,77 = 570$  | $3960 \cdot 0,64 - 3525 \cdot 0,77 = -180$ | $3960 \cdot 0,64 - 2175 \cdot 0,77 = 860$  | kg                             |
| $H \cos \alpha + N \sin \alpha =$ | $5400 \cdot 0,77 + 4050 \cdot 0,64 = 6750$ | $5400 \cdot 0,77 + 3750 \cdot 0,64 = 6560$ | $3960 \cdot 0,77 + 3525 \cdot 0,64 = 5310$ | $3960 \cdot 0,77 + 2175 \cdot 0,64 = 4440$ |                                |
| $M_x = \frac{4}{5} \cdot$         | $340 \cdot \frac{300}{8} = 10200$          | $570 \cdot \frac{300}{8} = 17100$          | $180 \cdot \frac{300}{8} = 5400$           | $860 \cdot \frac{300}{8} = 25800$          | cmkg                           |
| $M_y = \frac{4}{5} \cdot$         | $6750 \cdot \frac{300}{8} = 202500$        | $6560 \cdot \frac{300}{8} = 196800$        | $5310 \cdot \frac{300}{8} = 159000$        | $4440 \cdot \frac{300}{8} = 133200$        |                                |
| $\sigma_x = M_x : W_y =$          | 210  | 360  | 110  | 540  | $\frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$ |
| $\sigma_y = M_y : W_x =$          | 550  | 530  | 430  | 360  |                                |
| $\sigma_{max} =$                  | 760  | 890  | 540  | 900  | $\frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$ |

## 2. Glasdeckung.

Die Glastafeln werden in der Regel an ihren Langseiten aufgelagert; sie bilden Träger auf 2 Stützen, deren zulässige Beanspruchung für <sup>geblasenes</sup> Rohglas zu  $\frac{125}{85}$  kg/qcm, für Drahtglas zu 165 kg/qcm eingeführt werden kann.

Die Stärke  $\delta$  der Glastafeln kann der nachfolgenden Zusammenstellung entnommen werden, in der die Sprossenweite  $s$  gleich der Stützweite der Glastafeln ist.

| Sprossenweite $s =$ |                    | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | mm |
|---------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----|
| $\delta =$          | geblasenes Rohglas | 4   | 5   |     |     |     |     |      |      |      | mm |
|                     | gegossenes Rohglas |     | 6   | 7   | 8   | 9   | 11  | 12   |      |      | mm |
|                     | Drahtglas          |     | 5   | 6   | 6   | 7   | 7   | 8    | 9    | 10   | mm |

## II. Die Sparren.

Die Sparren bilden schrägliegende Träger nach Fig. 33<sup>b</sup>, die sich von Pfette zu Pfette freitragen.

Bei einem Dachneigungswinkel  $\alpha \leq 25^\circ$  (Fig. 261) genügt es, ständige Last, Schnee und Winddruck als lotrechte, gleichmäßig über den Grundriß verteilte Gesamtlast einzuführen, also die wagerechte Seitenkraft des Winddrucks zu vernachlässigen.

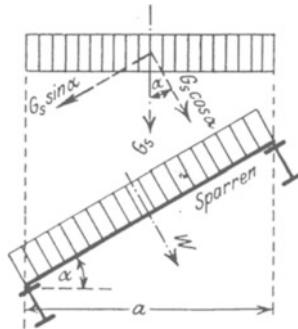


Fig. 266.

Ist  $\alpha > 25^\circ$ , so ist der Winddruck  $W$  (Fig. 266) senkrecht zum Sparren wirkend einzuführen, und die aus ständiger Last und Schnee zusammengesetzte lotrechte Belastung  $G_s$  senkrecht und parallel zum Sparren in die Seitenkräfte  $G_s \cos \alpha$  und  $G_s \sin \alpha$  zu zerlegen; den Einfluß der letzteren, im Sparren als Zug- oder Druckkraft wirksamen Seitenkraft darf man bei der Querschnittsermittlung des Sparrens in der Regel

vernachlässigen; sie wird durch die Pfetten auf die Binder übertragen, wie unter III. erläutert.

## III. Die Pfetten.

### 1. Ermittlung der äußeren Lasten.

Man hat 2 Fälle zu unterscheiden, je nachdem die Mittellinie der Pfette rechtwinklig zur Dachfläche oder aber lotrecht steht.

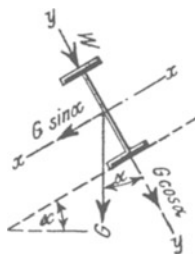


Fig. 267.

a) Die Mittellinie der Pfette steht rechtwinklig zur Dachfläche (Fig. 267). Die gesamte senkrechte Last  $G$  (ständige Last + Schnee) ist in die Seitenkräfte  $G \cos \alpha$  und  $G \sin \alpha$  zu zerlegen. Für das durch  $G \cos \alpha$  und den senkrecht zur Dachfläche wirkenden Winddruck  $W$  erzeugte

Biegemoment kommt das Widerstandsmoment  $W_x$  in bezug auf die  $x$ -Achse, für das durch  $G \sin \alpha$  aber erzeugte Moment das kleinere Widerstandsmoment  $W_y$  in bezug auf die  $y$ -Achse in Betracht.

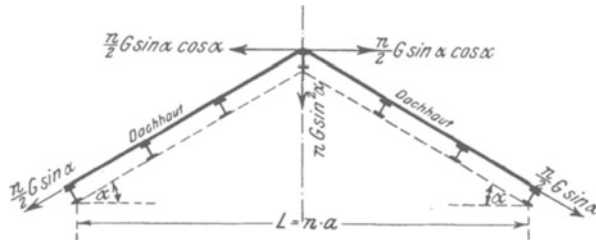


Fig. 268.

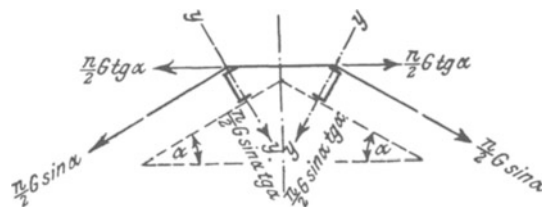


Fig. 269.

$G \sin \alpha$  die senkrechte Zusatzlast  $n G \sin^2 \alpha$ ; die beiden wagerechten Seitenkräfte  $\frac{n}{2} G \sin \alpha \cos \alpha$  heben sich bei voller Schneebelastung auf.

Ist die Firstpfette zweiteilig (Fig. 269), so erhält jeder Teil die senkrecht zur Dachfläche gerichtete Zusatzkraft  $\frac{n}{2} G \sin \alpha \tg \alpha$ ; die beiden wagerechten Seitenkräfte  $\frac{n}{2} G \tg \alpha$  heben sich bei voller Schneebelastung auf, erfordern aber die Verbindung der beiden Pfettenteile miteinander.

In beiden Fällen findet eine Biegebungsbeanspruchung der Zwischenpfetten parallel zur Dachfläche nicht statt.

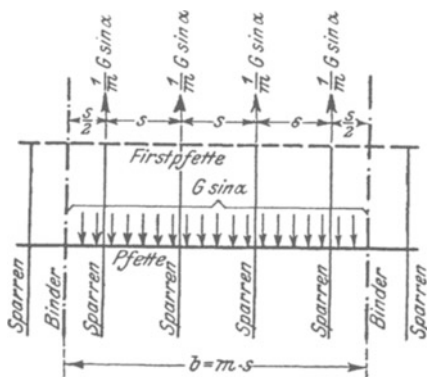


Fig. 270.

$\alpha$ ) Bildet die Dachhaut eine ununterbrochene durchlaufende, mit den Pfetten fest verbundene Platte, z. B. aus Eisenbeton, so nimmt diese die Seitenkräfte  $G \sin \alpha$  sämtlicher Pfetten einer Dachhälfte auf und überträgt sie entweder auf die Traufpfetten, die dann parallel zur Dachfläche entsprechend biegefest ausgebildet sind, oder aber meist auf die Firstpfette.

Ist die Firstpfette einteilig (Fig. 268), so erhält sie von den  $n$  Kräften

$\beta$ ) Ist die Dachhaut auf Sparren gelagert (Fig. 270) und sind  $m$  Sparren in einem Bänderfeld vorhanden, so nimmt jeder Sparren die Kraft  $\frac{n}{2} \frac{G \sin \alpha}{m}$  als Zugkraft auf und überträgt sie nach Art der Fig. 268 oder 269 auf die Firstpfette. Jede Zwischenpfette wird parallel zur Dachfläche nur durch ihr eigenes Gewicht  $G_p$  auf Biegung beansprucht, und zwar bei der Sparrenentfernung  $s$  durch das Moment

$$M_p = \frac{4}{5} \frac{G_p \sin \alpha}{m} \frac{s}{8} = \frac{G_p s \sin \alpha}{10 m},$$

das aber bei der geringen Größe von  $G_p$  in der Regel vernachlässigt werden darf.

Ist die Pfette aus einem Z-Eisen gebildet (Fig. 271), dessen Hauptachse  $yy$  mit der Mittellinie des Stegs den Winkel  $\varphi$  einschließt (vgl. Anhang Zahlentafel XI), so zerlegt man die senkrechte Kraft  $G$  und den Winddruck  $W$  in die Seitenkraft  $G \cos(\alpha - \varphi) + W \cos \varphi$  in der Richtung der  $y$ -Achse und in  $G \sin(\alpha - \varphi) - W \sin \varphi$  in der Richtung der  $x$ -Achse und berechnet die Momente  $M_y$  und  $M_x$ . Mit Hilfe der in Zahlentafel XI des Anhangs angegebenen zusammengehörigen Werte  $\frac{J_x}{w}$  und  $\frac{J_y}{v}$  bzw.  $\frac{J_x}{\xi}$  und  $\frac{J_y}{\eta}$  bzw.

$\frac{J_x}{w_0}$  und  $\frac{J_y}{v_0}$  berechnen sich dann die Spannungen in den Punkten  $A, C$  und  $B$ . Damit das in der  $x$ -Achse wirkende Moment  $M_x$  möglichst klein wird, ist das Z-Eisen nach Fig. 271 so anzuordnen, daß sein oberer Flansch zum First zeigt. In der umgekehrten Lage wäre  $\sphericalangle \varphi$  negativ einzuführen; die in die  $y$ -Achse fallende Seitenkraft nähme dann den etwas kleineren Wert  $G \cos(\alpha + \varphi) + W \cos \varphi$ , die in die  $x$ -Achse fallende aber den erheblich größeren Wert  $G \sin(\alpha + \varphi) + W \sin \varphi$  an.

b) Die Mittellinie der Pfette steht lotrecht (Fig 272). Zerlegt man den senk-

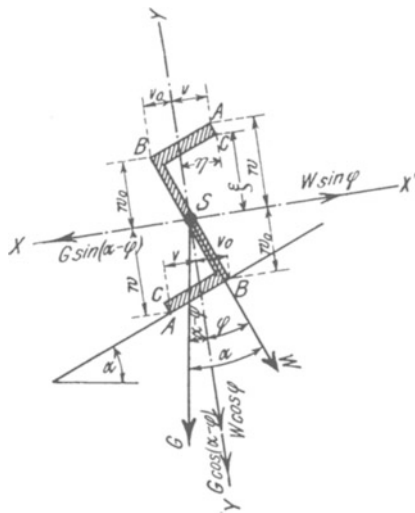


Fig. 271.

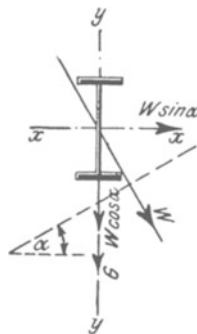


Fig. 272.

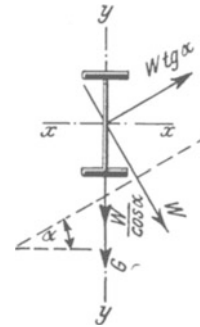


Fig. 273.

recht zur Dachfläche wirkenden Winddruck  $W$  in die wagerechte und senkrechte Seitenkraft  $W \sin \alpha$  und  $W \cos \alpha$ , so kommt für das durch die gesamte senkrechte Last  $G$  und  $W \cos \alpha$  erzeugte Biegemoment das größere Widerstandsmoment  $W_x$ , für das durch  $W \sin \alpha$  erzeugte das kleinere  $W_y$  in Betracht; da  $W \sin \alpha$  in der Regel  $< G \sin \alpha$  (Fig. 267) ist, so ist die lotrechte Lage der Pfette theoretisch die günstigere.

Ist die Pfette durch die ununterbrochen durchlaufende Dachhaut oder durch die Sparren gegen Ausbiegen parallel zur Dachfläche geschützt, so zerlegt man  $W$  nach Fig. 273 in  $\frac{W}{\cos \alpha}$  lotrecht und  $W \operatorname{tg} \alpha$  parallel zur Dachfläche; letztere Seitenkraft wird entweder auf die Traufpfette oder aber meist nach Fig. 268 bzw. 269 auf die Firstpfette übertragen.

## 2. Ermittlung der Biegemomente.

Geht die Pfette über ein oder mehrere Binderfelder ununterbrochen durch, so wird das größte Biegemoment wie bei einem Balken auf 2 Stützen berechnet.

Ist die Pfette dagegen nach Fig. 28 mit Gelenken versehen, so wählt man meist die in Fig. 274 dargestellte Anordnung, bei der die Gelenke im Abstand

$$54^a) \quad x = \frac{b}{2} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0,1464 b \text{ in den Mittelfeldern bzw.}$$

$$54^b) \quad y = \frac{b}{8} \text{ im Endfeld}$$

von den benachbarten Stützen liegen, weil dann die Momente  $M_1$  im einge-

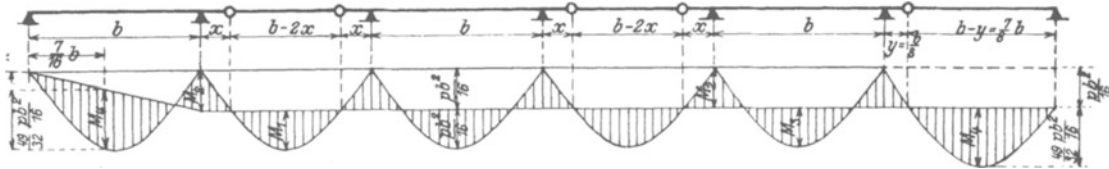


Fig. 274.

hängten Feld,  $M_2$  über der Stütze und  $M_3$  in Mitte Kragträger gleich groß, nämlich

$$55) \quad M_1 = -M_2 = M_3 = \frac{p b^2}{16}$$

werden; die größten Momente in den Endfeldern treten dabei im Abstand  $\frac{7}{18} b$  von der Endstütze auf und berechnen sich zu

$$56) \quad M_4 = \frac{49}{32} \frac{p b^2}{16}$$

Bei Binderentfernungen  $b > 8 \text{ m}$  werden die Pfetten als Fachwerkträger ausgebildet, auf die das Vorhergehende sinngemäße Anwendung findet.

#### IV. Die Binder.

1. Die Binder werden meist als Fachwerkträger ausgebildet, deren Berechnung folgende Belastungen zugrunde zu legen sind.

a) Ständige Last, bestehend aus dem Gewicht der Dachdeckung, Sparren und Pfetten, dem Eigengewicht der Binder einschließlich des Windverbands, endlich aus etwa an dem Binder angehängten unveränderlichen Lasten, z. B. eine am Untergurt

aufgehängte Decken- oder Gewölbekonstruktion (Fig. 328), angehängte Rohr-, Wellen- oder Lichtleitungen (Fig. 331).

b) Schneelast, die als eine über den Grundriß gleichförmig verteilte Belastung von  $75 \cos \alpha \text{ kg/qm}$  anzunehmen ist, wenn  $\alpha$  den Dachneigungswinkel (Fig. 261) bedeutet. Bei ganz steilen Dächern ( $\alpha \geq 60^\circ$ ), an denen nur geringfügige Schneemassen haften können, ist eine Schneelast nicht weiter in Be-

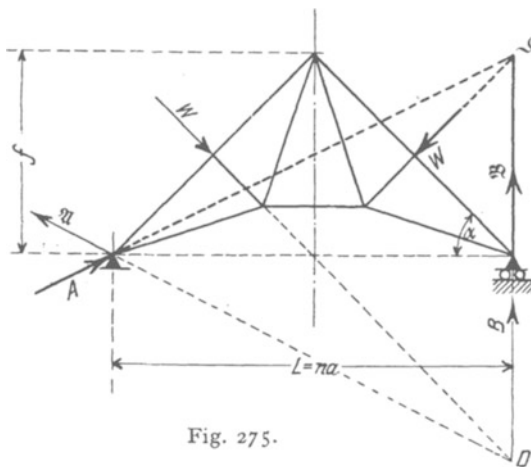


Fig. 275.



tracht zu ziehen, sofern sich nicht bei Durchdringung benachbarter Dächer Schneesäcke bilden können.

c) Winddruck, der in der Regel mit  $w = 125 \text{ kg/qm}$  rechtwinklig getroffener Fläche anzunehmen ist; nur für hohe Bauwerke auf kleiner Grundfläche (Türme) ist der Winddruck auf  $w = 150 \text{ kg/qm}$  zu erhöhen. Ist  $b$  die Binderentfernung,  $f$  die Binderhöhe (Fig. 275), so berechnet sich der auf die schräge Dachfläche rechtwinklig zu ihr wirkende Winddruck zu

$$W = wb \cdot \frac{L}{2 \cos \alpha} \cdot \sin^2 \alpha \text{ oder}$$

$$57) \quad W = wbf \sin \alpha.$$

Ist der Binder nach 275 mit einem festen und einem beweglichen Auflager versehen, so hat man den Wind einmal von der Seite des festen Auflagers (Stützdrücke  $A$  und  $B$ ) und dann von der Seite des beweglichen Auflagers (Stützdrücke  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$ ) wirkend anzunehmen und für beide Kraftangriffe die Stabkräfte zu bestimmen.

Ist dagegen der Binder beiderseits festaufgelagert (z. B. auf eisernen Säulen, Fig. 276), so darf man hinreichend genau

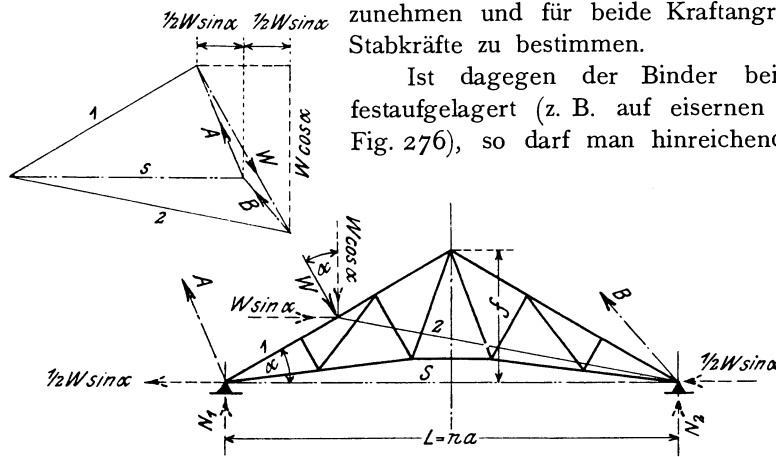


Fig. 276.

annehmen, daß die wagerechte Seitenkraft  $W \sin \alpha$  von beiden Auflagern zu gleichen Teilen aufgenommen wird; die senkrechten Stützdrücke berechnen sich zu

$$N_1 = \frac{3}{4} W \cos \alpha - \frac{f}{2L} W \sin \alpha,$$

$$N_2 = \frac{1}{4} W \cos \alpha + \frac{f}{2L} W \sin \alpha,$$

können aber auch leicht durch ein Seilpolygon (1, 2, s in Fig. 276) ermittelt werden; hier genügt eine einmalige Bestimmung der Stabkräfte. Vgl. auch 8. Kap. II, 1,  $a\alpha$ ).

d) Bewegliche Lasten, z. B. die Nutzlast eines am Binder angehängten Flaschenzugs oder einer auf dem Untergurt verschieblichen Laufkatze oder einer am Binder angehängten Decke.

2. Ist  $p$  die gleichförmig verteilte senkrechte Belastung für 1 qm Grundriß, so ergeben sich die senkrechten Knotenlasten zu  $P = pab$  für die freien und zu  $P' = \frac{1}{2} pab$  für die Auflagerknotenpunkte (Fig. 261). Der Winddruck  $W = wbf \sin \alpha$  erzeugt die senkrecht zur Dachfläche wirkenden Knoten-

lasten  $P_w = \frac{2W}{n}$  in den Knotenpunkten zwischen First und Traufe bzw.

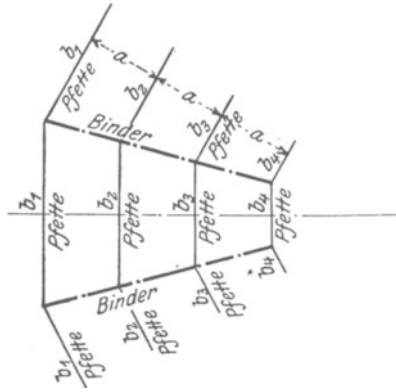


Fig. 277.

$P'_w = \frac{W}{n}$  im First- und Traufpunkt.

Sind die Binder im Grundriß nicht parallel zueinander (Fig. 277), so tritt an Stelle der unveränderlichen Binderweite  $b$  für jeden Knotenpunkt die zugehörige mittlere Binderentfernung ( $b_1, b_2, b_3$  und  $b_4$  in Fig. 277). Ganz ähnlich hat man bei veränderlichem Pfettenabstand  $a$  sowie bei einem Wechsel des Dachneigungswinkels  $\alpha$  vorzugehen.

3. Die aus den Knotenlasten rechnerisch oder zeichnerisch ermittelten Stabkräfte bilden die Grundlage für die nach den Regeln des 3. Kap. durchzuführende Querschnittsbestimmung.

## V. Der Windverband.

Für Gebäude, deren Umfassungswände für sich ohne Zuhilfenahme der Dachkonstruktion standfest ausgeführt sind, erübrigt sich die Berechnung des Windverbands.

Wird dagegen die Standfestigkeit der Längs- und Giebelmauern gegen Winddruck erst durch die Mitwirkung der eisernen Dachkonstruktion herbeigeführt, so erfolgt die Berechnung des Windverbands nach den Regeln des 8. Kapitels.

## B. Konstruktion der eisernen Dächer.

### I. Die Dachdeckung.

Erfolgt die Eindeckung der eisernen Dächer in Biberschwänzen, Dachpfannen, Falzziegeln, Schiefer, Holzzement oder Asphaltpappe, so finden die für die Holzdächer gültigen Regeln Anwendung.

Liegt das Dach über einem Raum, in dem sich ständig Arbeiter aufhalten, bei dem daher auf die Wärmesicherheit der Eindeckung besonderer Wert zu legen ist (Fabrikräume, Werkstätten), oder soll die Dachdeckung gegen die Übertragung des Feuers, insbesondere von außen her beim Brand eines Nachbargebäudes, unempfindlich sein, so wird die Bretterschalung der Holzdächer durch eine massive ebene oder gewölbte Dachplatte ersetzt, die man zur Verringerung des Eigengewichts aus Hohlsteinen oder Bimsbeton herstellt. Bei Ziegeldeckungen auf Latten werden die Holzlatten überall da durch eiserne, meist winkelförmige Latten (Fig. 320) ersetzt, wo Hitze und Flammen unmittelbar das Dach angreifen können (Gießereien, Stahlwerke).

### i. Wellblechdeckung.

Der Hauptvorteil des Wellblechs als Dacheindeckungsmittel ist seine im Verhältnis zum Eigengewicht große Tragfähigkeit, die die Wahl großer Fachweiten ( $a$  Fig. 261) ermöglicht und ein geringes Eisengewicht der Unterkonstruktion (Pfetten und Binder) bedingt, zumal wegen der guten Wasserabfüh-

zung in den Wellentälern ein kleiner Dachneigungswinkel gewählt werden kann. Demgegenüber stehen als schwerwiegende Nachteile die leichte Zerstörbarkeit durch Rost und die gute Wärmeleitung.

Man hat den ersteren Nachteil durch Auffüllung der Wellen mit Bimsbeton und Aufkleben einer einfachen oder doppelten Papplage, den letzteren durch eine besondere, unterhalb der Wellblechdecke angebrachte wärmeschützende Verschalung (z. B. aus Gipsdielen oder Rabitzputz) zu umgehen gesucht; indessen sind diese Maßregeln, da sie den Hauptvorzug des Wellblechs, nämlich das geringe Gewicht der Eindeckung preisgeben, nur als Notbehelf bei bestehenden Dächern anzusehen. Bei Neuanlagen kommt das Wellblech fast nur noch für offene Hallenbauten zur Verwendung.

Das Wellblech wird stets verzinkt, 1 bis 2 mm stark, verwendet und zwar je nach der Größe der Wellen in Tafeln von 1,5 bis 4,5 m Länge und 0,6 bis 0,9 m Nutzbreite; die tatsächlich anzuliefernde Breite einer Tafel übertrifft diese Nutz- oder Baubreite (Fig. 278) beiderseits um etwa  $\frac{1}{4}$  der Wellenbreite. Bei Pfettendächern kommt flaches oder Trägerwellblech, bei bombierten Dächern stets Trägerwellblech zur Verwendung.

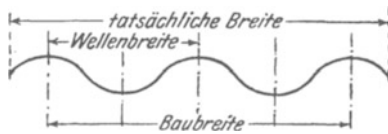


Fig. 278.

In der schrägen Dachfläche entstehen senkrechte, vom First zur Traufe laufende Fugen, in denen die Tafeln der Breite nach, und wagerechte, parallel den Pfetten laufende Fugen, in denen sie der Länge nach zusammenstoßen. In beiden Fugen müssen sich die Tafeln zur Herbeiführung der Dichtigkeit gegenseitig überdecken; die zu ihrer Verbindung erforderlichen Niete müssen stets in den Wellbergen sitzen, da etwa in den Wellentälern befindliche Nietköpfe den Abfluß des Regenwassers verzögern und dadurch zur Rostbildung Anlaß geben.

**a) Senkrechte Fugen.** Die Tafeln überdecken sich gegenseitig um etwa  $\frac{1}{4}$  der Wellenbreite (Fig. 279) und werden in Abständen von 400 bis 600 mm



Fig. 279.

durch Niete von 6 bis 8 mm  $\phi$  zusammengeheftet, wobei unter den Nietköpfen zur Vergrößerung der Gesamtlechdicke kleine Rundplättchen aus Zink- oder verzinktem Eisenblech angeordnet werden. Die Überdeckungsfuge wird tunlichst windab, d. h. mit

der herrschenden Windrichtung gelegt, um ein Hineintreiben des Regenwassers zu verhindern.

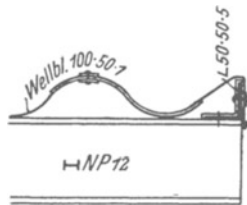


Fig. 280.

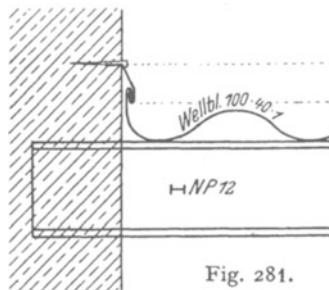


Fig. 281.



Fig. 281a.

Die Abschlußfuge am Giebel wird bei offenen Hallen durch ein über die Pfetten gelegtes Winkelisen (Fig. 280) gebildet, an das das Wellblech un-

mittelbar oder unter Einschaltung eines besonderen Endstücks angeschlossen ist, bei durch Giebelmauern geschlossenen Gebäuden aber durch einen Deckblechstreifen (Fig. 281), der mit Haken an der Mauer befestigt wird; um schräge Fugen im Mauerwerk zu vermeiden, wird dieser Deckstreifen aus einzelnen trapezförmigen Blechen (Fig. 281<sup>a</sup>) zusammengesetzt.

**b) Wagerechte Fugen.** Die Wellblechtafeln überdecken sich

|  |               |                 |               |                 |               |
|--|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| bei einer Dachneigung $\operatorname{tg} \alpha =$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2,5}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3,5}$ | $\frac{1}{4}$ |
| um etwa  | $u = 12$      | 14              | 16            | 18              | 20 cm.        |

Der Stoß wird am besten über einer Pfette angeordnet (Fig. 282). Der obere Rand der unteren Tafel wird in jedem zweiten bis vierten Wellental durch oben versenkte Niete von 8 bis 10 mm  $\phi$  mit dem Pfettenflansch verbunden

und von dem unteren Rand der oberen Tafel überdeckt; letztere wird gegen Abheben durch Haften aus verzinktem Eisenblech ( $\frac{30}{4}$  bis  $\frac{50}{6}$ ) gesichert, die in jedem zweiten

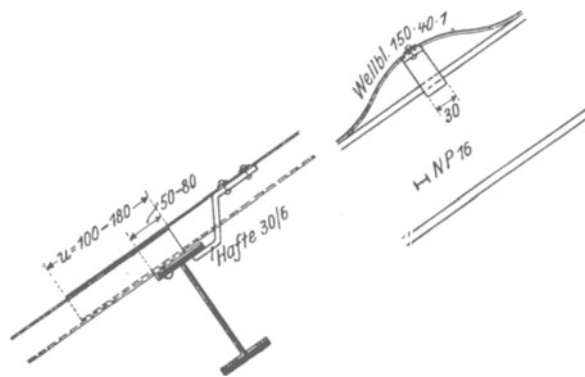


Fig. 282

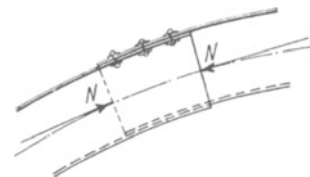


Fig. 283.

bis dritten Wellenberg durch 2 bis 3 Niete von 6 bis 8 mm  $\phi$  befestigt sind und unter den Pfettenflansch greifen, wobei mit Rücksicht auf die Längenänderungen des Wellblechs bei Temperaturschwankungen ein genügender Spielraum gewahrt bleiben muß. Eine Vernietung beider Tafeln in den wagerechten Fugen ist bei Pfettendächern nur schädlich, dagegen bei bombierten Dächern

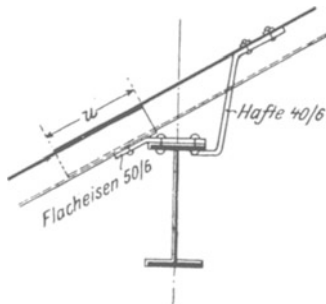


Fig. 284.

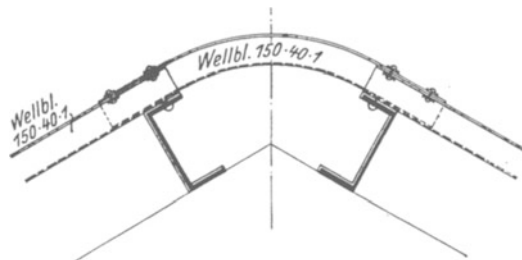


Fig. 285.

stets erforderlich, da die Niete (Fig. 283) hier den Längsdruck  $N$  des Gewölbes zu übertragen haben.

Liegt die Pfettenachse lotrecht (Fig. 284), was insbesondere bei den Trauf- und Firstpfetten vorkommt, so werden die Wellblechtafeln durch einzelne Flacheisen oder auch durchlaufende Bleche von 5 bis 6 mm Stärke an den oberen Pfettenflansch angeschlossen.

In der Firstfuge erfolgt die Abdichtung durch einen gebogenen Wellblechstreifen von demselben Profil (Fig. 285), der in den Wellbergen mit den Tafeln durch 2 bis 3 Niete von 6 bis 8 mm  $\phi$  verbunden ist.

Die Trauffuge erfordert noch für die bombierten Dächer eine besondere Besprechung. In der Regel werden die Längsträger schräg angeordnet (Fig. 286) und an den Angriffspunkten der Anker durch guß- oder flußeiserne Auflagerböcke unterstützt. Der Horizontalschub des Gewölbes wird durch  $\Pi$ -förmige Blechschuhe  $b$  von 1 bis 3 mm Stärke auf den Längsträger übertragen; sie sind je nach der Größe des Schubs in jedem ersten bis dritten Wellenberg ange-

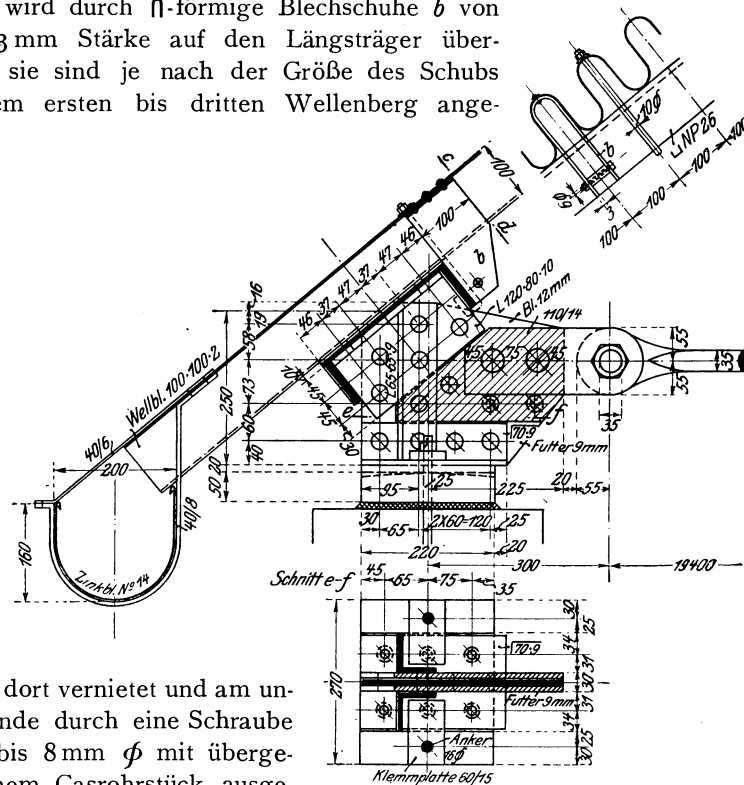


Fig. 286.

ordnet, dort vernietet und am unteren Ende durch eine Schraube von 6 bis 8 mm  $\phi$  mit übergeschobenem Gasrohrstück ausgesteift. Das Abheben der untersten Wellblechtafel wird durch

in jedem zweiten bis vierten Wellenberg angeordnete Schrauben von 6 bis 10 mm  $\phi$  verhindert, die unten abgebogen sind und den Flansch des Längsträgers umfassen. Die Anker greifen an den Auflagerböcken an und werden zur Vermeidung einer zu großen Durchbiegung in Abständen von 2,5 bis 4,0 m durch Rundeisen von 8 bis 13 mm  $\phi$  oder Flacheisen  $40/8$  bis  $60/10$  am Wellblechgewölbe aufgehängt; in der Mitte werden sie zur richtigen Ablängung mit Spannschlössern versehen; vgl. über die konstruktive Ausbildung IV 2 b.

Statt der Rundeisen werden, insbesondere bei nach Fig. 263 oder 264 gegabelten Ankern, auch L- oder U-Eisen verwendet.

## 2. Glasdeckung.

Die zur Verwendung kommenden Glassorten sind:

Gebblasenes Rohglas, 3 bis 5 mm stark, hergestellt durch Blasen eines Hohlzylinders, der nachher der Länge nach durchgeschnitten und abgewickelt wird.

Gegossenes Rohglas, 6 bis 12 mm stark, hergestellt durch Gießen der flüssigen Glasmasse auf vorgewärmte Metallplatten.

Drahtglas, 5 bis 10 mm stark, hergestellt aus Rohglas, in das an der einen Tafelseite ein Drahtnetz von 1 mm Stärke eingelegt ist; große Tragfähigkeit, daher größere Sprossenentfernungen und damit Ersparnis an Eisen; Feuer-sicherheit, insofern es fast bis zum Schmelzpunkt der Glasmasse dicht bleibt; Fortfall der sonst unter den Glasflächen zum Schutz gegen Herabfallen zerbrochener Scheiben erforderlichen Drahtnetze, da das eingebettete Drahtnetz erfahrungsgemäß die einzelnen Glasstücke auch nach dem Bruch noch zusammenhält.

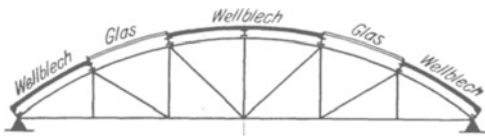


Fig. 287.

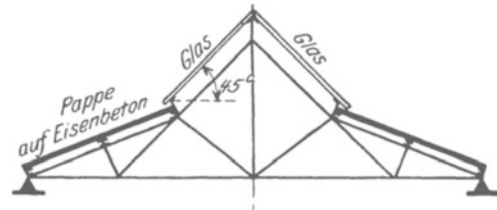


Fig. 288.

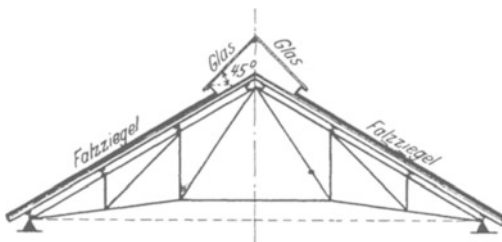


Fig. 289.

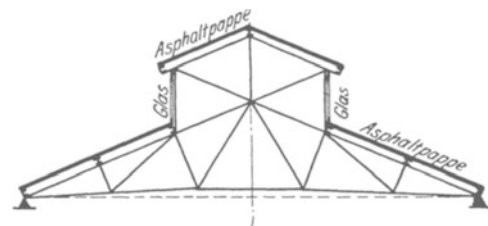


Fig. 290.

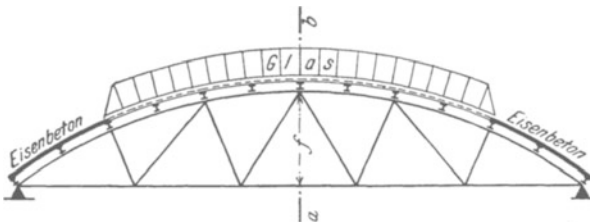
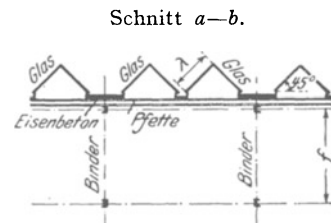


Fig. 291.

Fig. 291<sup>a</sup>.

Die Glasflächen liegen entweder in der Dachfläche (Fig. 287), oft unter Vergrößerung des Dachneigungswinkels (Fig. 288,  $61^{\text{n. o. p. v.}}$ ), oder aber in Form einer Laterne erhöht (unter  $45^{\circ}$  Fig. 289 oder weniger gut unter  $90^{\circ}$  Fig. 290) oder endlich in eine Anzahl kleiner Satteldächer so aufgelöst, daß deren Längsachse rechtwinklig zur Längsachse des Hauptdachs liegt (Fig. 291); man wählt dabei den Neigungswinkel der Glasflächen zu  $45^{\circ}$  und ihre Länge  $\lambda$  (Fig. 291<sup>a</sup>) so, daß sie mit der im Handel gebräuchlichen Länge einer Glas-tafel (1,0 bis 2,5 m) überdeckt werden kann; diesen Vorteilen steht als Nach-teil die verwickeltere und daher teurere Eisenkonstruktion gegenüber.

In der Obezlichtfläche bilden sich genau wie beim Wellblechdach wage-rechte und senkrechte Fugen. Alle Fugen müssen gegen das Eindringen und Eintreiben von Regen und Schnee dicht sein; daher soll vor allem die

Neigung des Glasflächen nicht zu klein sein, am besten  $\text{tg } \alpha = 1$  ( $\alpha = 45^\circ$ ), jedenfalls nicht kleiner als  $\text{tg } \alpha = \frac{1}{3,5}$  ( $\alpha = 16^\circ$ ).

**a) Wagerechte Fugen.** Die Glastafeln überdecken sich je nach der Dachneigung um 40 bis 140 mm. Man unterscheidet:

**$\alpha$ ) Enge Fugen von 2 bis 6 mm;** die Dichtung erfolgt entweder durch Kitt, der nach Fig. 292 auf die ganze Überdeckungs­länge oder nach Fig. 298 nur auf einen 10 bis 15 mm breiten Kantenstreifen eingebracht wird, oder aber, weil der Kitt, wenn er nicht sorg-

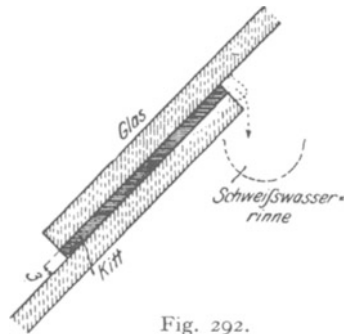


Fig. 292.

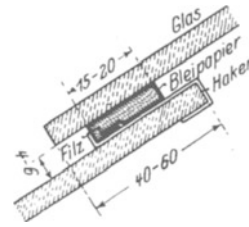


Fig. 293.

fältig in Anstrich gehalten wird, schnell verwittert, besser durch einen in  $\frac{1}{4}$  mm starkes Bleipapier eingeschlagenen Filzstreifen (Fig. 293), der durch Haken aus Zink-, Kupfer- oder verzinktem Eisenblech an der unteren Glastafel aufgehängt wird; auch verwendet man Streifen aus zusammengerolltem Bleipapier, Gummi oder endlich in Wasserglas verlegte Glasstreifen.

Infolge der ungleichmäßigen Wärme innen und außen bildet sich auf der Unterfläche des Glases Schweiß- oder Schwitzwasser, das im Innern abtropft, sodald es auf die wagerechte Glaskante trifft (Fig. 292). Soll der abgedeckte Raum vollständig dicht und tropfsicher sein, so muß dieses Schweißwasser durch eine besondere, innen angebrachte Schweißwasserrinne aufgefangen werden.

**$\beta$ ) Weite Fugen,  $> 6$  mm;** zur Dichtung verwendet man ein H- oder U-förmiges Profileisen (Fig. 294), das in Tafelmitte schwach abgelenkt und

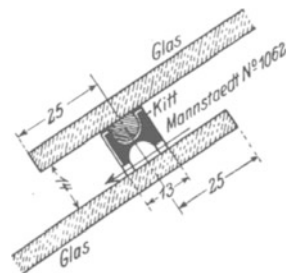


Fig. 294.

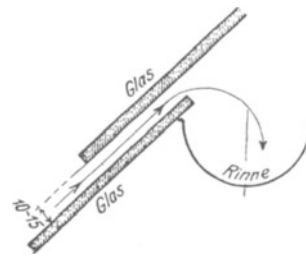


Fig. 295.

dort zur Ableitung des Schweißwassers mit einem Bohrloch versehen wird. Oft verzichtet man aber ganz auf eine besondere Dichtung und bringt im Innern zur Ableitung des eindringenden Regenwassers eine Rinne an (Fig. 295), die in die senkrechten Fugen entwässert.

In beiden Fällen erfolgt die Sicherung der Glastafeln gegen Abgleiten und Abheben in den senkrechten Fugen.

Die wagerechten Fugen sind auf die Dauer sehr schwierig dicht zu halten; man sucht sie deshalb so weit wie möglich zu vermeiden.

**b) Senkrechte Fugen.** Die Glastafeln werden von den Sparren getragen, die hier Sprossen heißen und deren Entfernung etwas größer als die (durch 3 teilbar zu wählende) Glastafelbreite ist, meist 0,5 bis 0,8 m. Nur bei kleinen Oberlichtflächen ist es zulässig, die Dichtung zwischen Glas und Sprosse so auszuführen, daß beide Teile fest miteinander verbunden sind; bei größeren Flächen muß die freie Beweglichkeit des Eisens gegenüber dem Glas gewahrt bleiben, damit bei den unvermeidlichen Bewegungen der Eisenkonstruktion, insbesondere bei Wärmeschwankungen, kein Bruch eintritt. Die Sprossen müssen den Glastafeln eine genügende Auflagerfläche bieten, deren Breite mindestens 5 mm betragen soll. Man unterscheidet:

a) Geschlossene Sprossen aus  $\perp$ - oder  $+$ -Eisen. Die Glastafeln erhalten eine Kittunterlage von 2 bis 5 mm Stärke (Fig. 296) und werden gegen Abheben durch Stifte von 6 bis 8 mm  $\phi$  gesichert, die 2 bis 3 mm über der Glasoberfläche und 100 bis 200 mm von

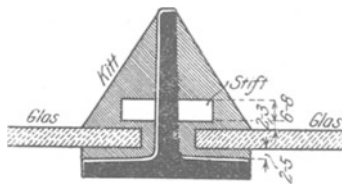


Fig. 296.

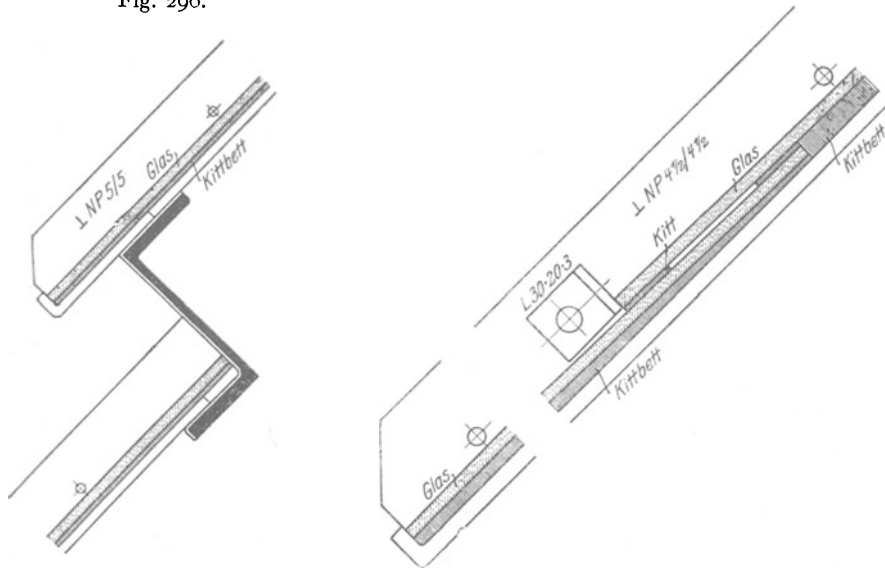


Fig. 297.

Fig. 298.

den Tafelrändern entfernt durch den Steg gesteckt sind. Die Dichtung erfolgt durch Glaserkitt (Leinöl + gemahlene Kreide), der zur Verhinderung des Verwitterns sorgfältig in Anstrich zu halten ist. Das Abgleiten der Glastafeln wird durch Umbiegen des Flansches (an der Traufe Fig. 297) oder aber durch Vornieten von kurzen Winkeleisenstücken (Fig. 298, 305 und 306) verhindert.

Wie aus Fig. 298 ersichtlich, muß das Kittbett keilförmig ausgebildet werden, wenn wagerechte Fugen in der Oberlichtfläche vorhanden sind; statt dessen bei überall gleich starkem Kittbett die Sprossen an der Überdeckungsfuge abzubiegen (zu „kröpfen“), ist wenig empfehlenswert; dagegen ist die treppenförmige Anordnung des Oberlichts nach Fig. 297 eine zur Vermeidung



des keilförmigen Kittbetts und der wagerechten Überdeckungsfuge selbst zweckmäßige konstruktive Maßregel.

Soll Vorsorge zur Ableitung des Schweißwassers getroffen werden, so wird über die Sprosse eine Rinne aus Zinkblech gehängt (Fig. 299), die entweder unmittelbar nach außen oder aber in die wagerechte Längsrinne (Fig. 292 und 295) entwässert. Da sich aber erfahrungsgemäß auch an der eisernen Sprosse selbst Schweißwasser bildet, weil sie oben von der Außenluft, unten von der wärmeren Innenluft umspült ist, so ist es zweckmäßiger, die Schweißwasserrinne nach Fig. 300 unter die Sprosse zu

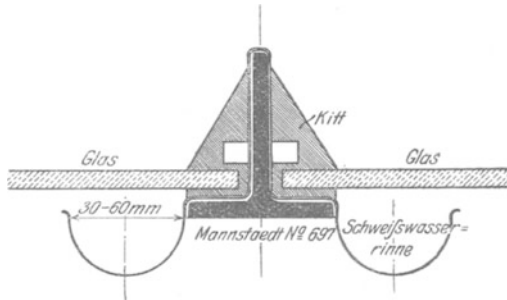


Fig. 299.

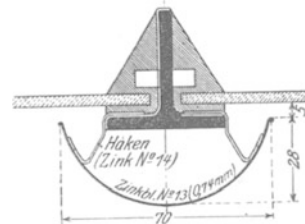


Fig. 300.

hängen und in 0,8 bis 1,5 m Entfernung durch Haken aus Zink, Kupfer oder verzinktem Eisenblech zu befestigen (vgl. auch Fig. 311 rechts).

Die Firstfuge wird entweder durch Kitt oder besser durch ein Abdeckblech gedichtet. Ein Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 301; das 5 mm starke

Fig. 301<sup>a</sup>.

Fig. 302<sup>a</sup>.

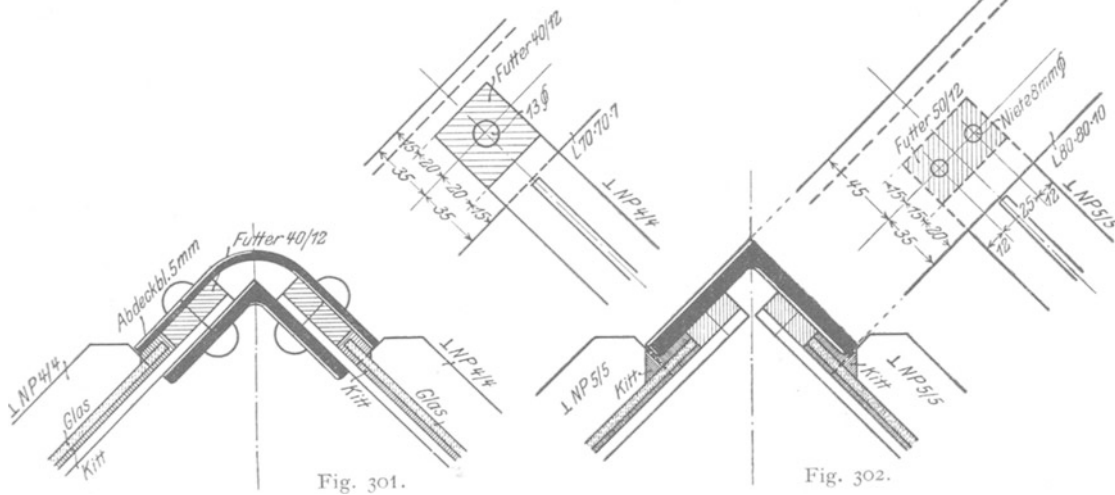


Fig. 301.

Fig. 302.

Dichtungsblech ist unter Einschaltung von Futterstücken mit den Flanschen der  $\perp$ -Sprossen und mit der aus einem Winkeleisen gebildeten Firstpfette vernietet; in den durch die Futterstücke gebildeten Hohlraum werden die Glastafeln eingeschoben und durch Kitt gedichtet. Eine Abänderung dieser Anordnung zeigt Fig. 302, bei der das Winkeleisen der Firstpfette unmittelbar als Abdichtungsblech verwendet wird. Die nach demselben Grundsatz ausgeführte Dichtung des Firstpunktes eines Sheddachs zeigt Fig. 303; das hier zur Bildung des Hohlraums aufgenietete  $\perp$  NP.  $\frac{9}{9}$  hat gleichzeitig die Aufgabe,

den Widerstand der Firstpfette gegen Biegung parallel der flachen Dachfläche zu vergrößern. Die Dichtung der Firstfuge mit Kitt ist in Fig. 304 für den Knickpunkt der Mansardendachfläche Fig. 61P dargestellt.

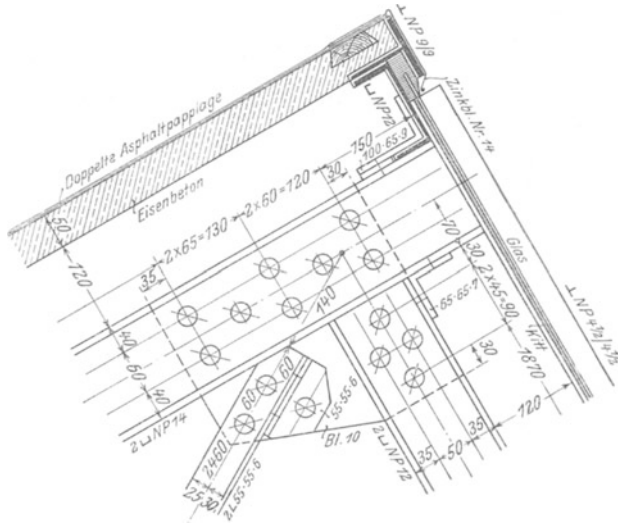


Fig. 303.

Die Trauffuge entwässert entweder unmittelbar (Fig. 305) oder durch eine besondere Rinne (Fig. 306) auf die anschließende Dachfläche. Die Abdichtung und Rinnenausbildung zwischen satteldachförmigen Oberlichtern nach Fig. 291<sup>a</sup> ist in Fig. 311 rechts dargestellt; zur Befestigung des den Raum zwischen den Sprossenflanschen ab-

dichtenden Zinkblechs wird ein durchlaufendes Flacheisen (<sup>30</sup>/<sub>5</sub> in Fig. 311 rechts) oder Winkleisen (30 · 30 · 4 in Fig. 311 links)

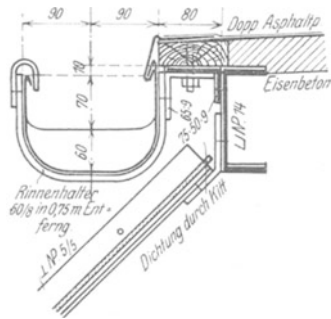


Fig. 304.

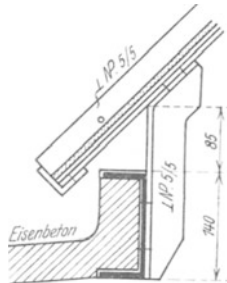


Fig. 305.



Fig. 306.

angeordnet. Die nach Fig. 300 unter die Sprosse gehängte Schweißwasser- rinne entwässert entweder wie in Fig. 311 in eine innere Längsrinne oder

aber, wegen der schwierigen Dichtung und wegen der größeren erforderlichen Konstruktionshöhe weniger gut, in die äußere Rinne.

β) Rinnensprossen, die den großen Vorzug freier Beweglichkeit der Eisenkonstruktion gegenüber den Glastafeln haben. Diese ruhen nämlich

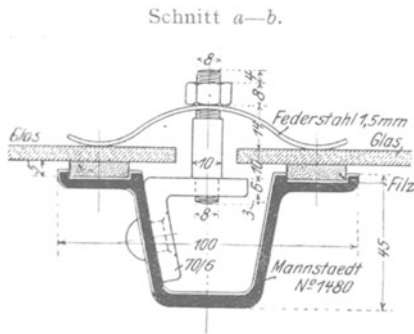


Fig. 307<sup>b</sup>.

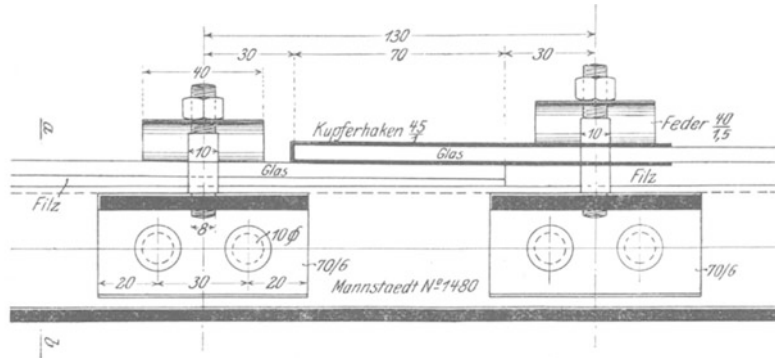


Fig. 307<sup>a</sup>.

unter Zwischenschaltung eines Streifens aus Filz, Filz in Bleipapier oder Gummi lose auf den Flanschen der Rinnensprossen (Fig. 307 und 308) und werden nur durch Federn aus 1 bis 2 mm starkem, 30 bis 50 mm breitem Federstahl

Schnitt a-b. Schnitt c-d.

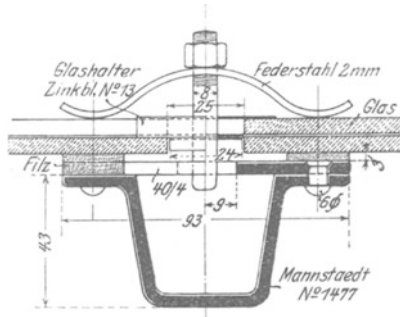


Fig. 308<sup>b</sup>.

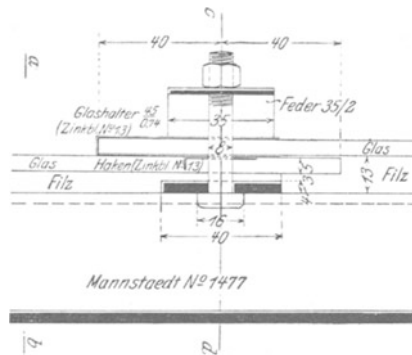


Fig. 308<sup>a</sup>.

angepreßt; um den Bruch des Glases zu vermeiden, muß der Federdruck mitten über dem Zwischenstreifen angreifen. Die Federn werden durch Bolzen von 9 bis 10 mm  $\phi$  niedergehalten, die unten in Bügeln sitzen; diese Bügel

sind entweder winkelförmig an den Steg (Fig. 307<sup>b</sup>) oder als Flacheisen auf die Flanschen (Fig. 308) der Sprosse genietet. In der wagerechten Überdeckungsfuge der Glastafeln wird entweder nach Fig. 307 für jede Tafel eine besondere oder aber nach Fig. 308 und 309 nur eine einzige, beide Tafeln nieder-

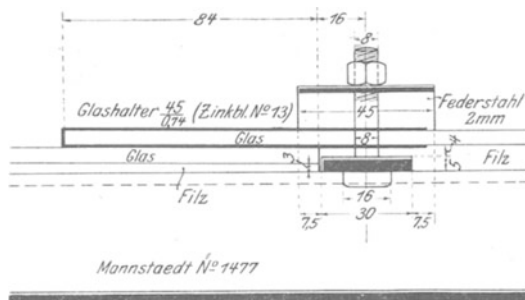


Fig. 309.

haltende Feder angeordnet, die außerhalb (Fig. 309) oder mitten in der Überdeckungsfuge (Fig. 308) sitzen kann. Das Abgleiten der Tafeln wird durch „Glashalter“ verhindert, das sind Haken aus Zink-, Kupfer- oder verzinktem Eisenblech, die über die Federbolzen geschoben werden; um ihre Drehung um diesen Bolzen beim Einschieben der Glastafeln zu verhindern, werden sie an der Unterfläche mit einem hakenförmig abgebogenen Blechstück versehen (Fig. 308), dessen Breite 1 bis 2 mm kleiner als der Lichtraum zwischen den Glastafeln ist.

Sind wie in Fig. 307—309 wagerechte Fugen vorhanden, so müssen die Filzstreifen wegen der erforderlichen Überdeckung der Glastafeln keilförmig ausgebildet werden, wenn man das Aufnieten keilförmiger Flacheisen auf die Flanschen oder das Abkröpfen der Sprossen vermeiden will; auch werden zur Herbeiführung vollständiger Tropfsicherheit Rinnen zur Ableitung des sich an Glas und Sprosse bildenden Schweißwassers erforderlich. Diese beiden Nach-

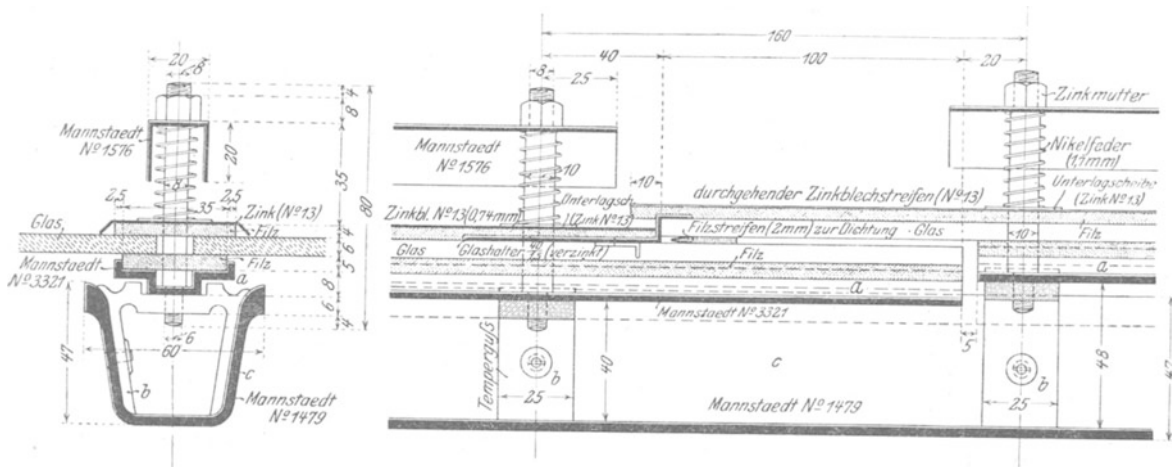


Fig. 310. System Anti-Pluvius D.R.P.

teile werden bei der in Fig. 310 dargestellten Anordnung vermieden, bei der für die unmittelbare Auflagerung der Glastafeln ein besonderer Träger *a* aus Flach- oder Profileisen vorhanden ist, der in Abständen von 0,5 bis 0,8 m durch Bügel *b* gegen die eigentliche Rinnensprosse *c* abgestützt ist; das sich an den Glastafeln und am Glasträger *a* bildende Schweißwasser tropft unmittelbar in die Rinne *c* ab, die selbst, weil allseitig nur von der Innenluft umgeben, der Schweißwasserbildung entzogen ist. An der Überdeckungsstelle der Glastafeln werden die Träger *a* durch höhere Bügel *b* um die Glasstärke höher gerückt, so daß die Keilform der Filzunterlagen vermieden ist. Statt der Blattfedern (Fig. 307 und 308) sind hier Spiralfedern verwendet, die sich mit Unterlagscheiben auf den, den äußeren Filzstreifen schützenden, lang durchlaufenden Zinkblechstreifen auflegen. Das über den Federn auf die Bolzen geschobene  $\sqcup$ -Eisen dient bei Wiederherstellungs- und Reinigungsarbeiten zur Auflagerung von Rüstbrettern, da das Betreten der Glasflächen selbst vermieden werden muß.

Die Firstfuge wird durch ein gebogenes Blech aus Zink, Kupfer oder verzinktem Eisen gedichtet, das durch die obersten Sprossenfedern gehalten wird (Fig. 311); ist die Firstpfette einteilig, so werden zur Sprossenbefestigung

abgebogene Flacheisen entsprechend Fig. 284 angeordnet. Die Firstfuge im Knickpunkt der Mansardendachfläche Fig. 61P ist in Fig. 329 dargestellt. Den

Traufabschluß zeigt Fig. 312 links; zwischen den Sprossen ist zur Befestigung des Abdichtungsblechs ein durchlaufendes Winkeleisen angeordnet, das sich an ein über die Sprosse gelegtes Flacheisen anschließt, das

Fig. 311.

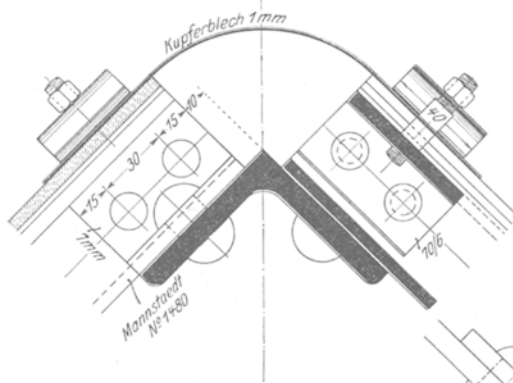
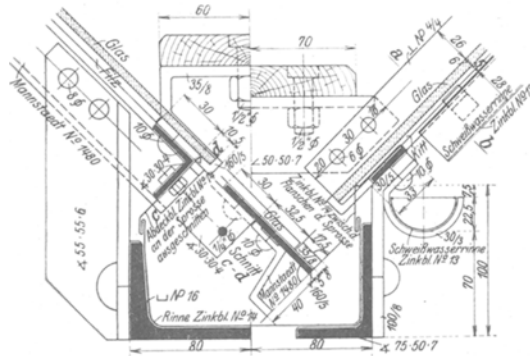


Fig. 312.

Schnitt a—b vgl. Fig. 300.



gleichzeitig das Abgleiten der Glastafeln verhindert und einen Bügel zur Auflagerung eines Laufbretts trägt, das die Reinigung des Oberlichts erleichtert und die Schneeanhäufung in der Rinne verhindert.

Überall hat die Befestigung der Rinnensprossen an den Pfetten durch seitlich angebrachte Winkeleisen oder abgebogene Flacheisen so zu erfolgen, daß jede Bohrung im Rinnenboden vermieden wird.

## II. Die Sparren.

Die Entfernung  $s$  der Sparren voneinander (Fig. 261) beträgt  $s = 0,75$  bis  $1,25$  m. Die Einteilung erfolgt meist so, daß der Binder zwischen zwei Sparren liegt.

**1. Holzsparren** erhalten rechteckigen Querschnitt ( $b/h = 2/3$  bis  $5/7$  bis  $3/4$ ) und werden mit den Holzpfetten durch eine 2 bis 3 cm

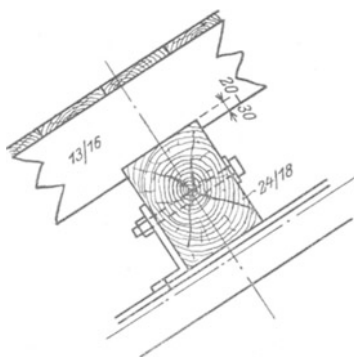


Fig. 313.

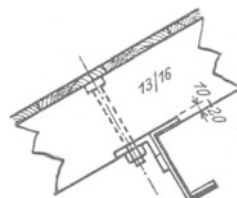


Fig. 314.

tiefe Einkämmung (Fig. 313), mit den Eisenpfetten durch Einkämmen und Winkeleisenstücke (Fig. 314 und 315) verbunden. Im First wird die gegenseitige Verbindung der gegenüberliegenden Sparren durch Scherzapfen und Schraube bewirkt (Fig. 316).

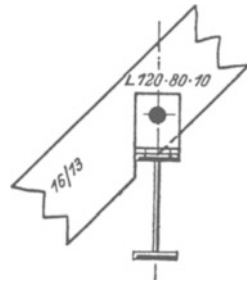


Fig. 315.

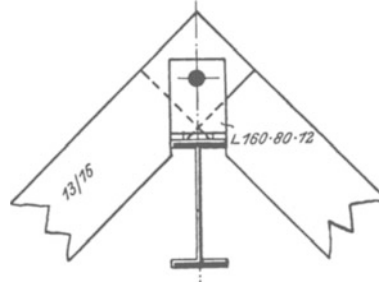


Fig. 316.

2. Eisensparren erhalten  $\perp$ -seltener  $\text{H}$ -förmigen Querschnitt und werden mit den Pfetten durch Winkeleisenstücke nach Fig. 317 oder zur Vermeidung der Nietverschwächung im Pfettenflansch nach Fig. 318 oder 319

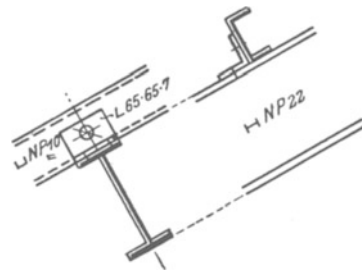


Fig. 317.

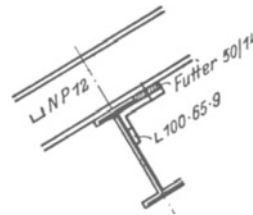


Fig. 318.

verbunden. Der Anschluß der gegenüberliegenden Sparren im First durch Bleche oder Winkeleisen ist für zwei- und einteilige Firstpfetten in Fig. 319 und 320 dargestellt.

Die in Fig. 320 zur Auflagerung der Falzziegel verwendeten eisernen Latten wer-

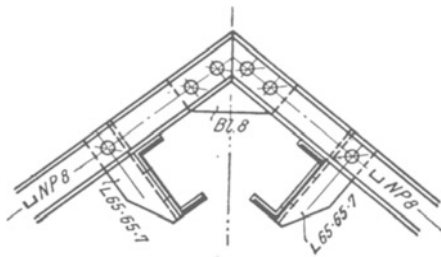


Fig. 319.

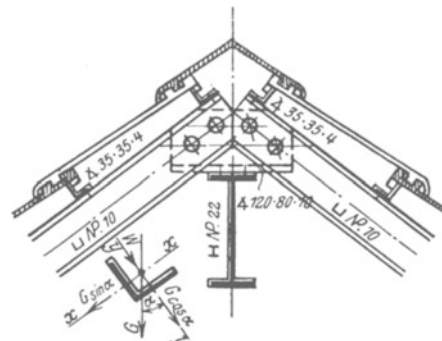


Fig. 320.

den durchweg aus Winkeleisen hergestellt; die durch  $G$  und  $W$  (vgl. Fig. 266) hervorgerufene größte Biegungsspannung nimmt den kleinsten Wert an, wenn die liegenden Winkelschenkel wie in Fig. 320 zum First zeigen.

### III. Die Pfetten.

1. Holzpfetten erhalten rechteckigen, eiserne Pfetten  $\text{H}$ ,  $\text{L}$ ,  $\text{Z}$ , bei Binderentfernungen über 8 m auch fachwerkförmig gegliederten Querschnitt. Die Mittellinie der Pfette muß stets durch den zugehörigen Binderknotenpunkt gehen. Für eine genügende Sicherheit der Pfette gegen Gleiten und Kanten und für ihre dauernd sichere Verbindung mit dem Binderobergurt ist in allen

Fällen besonders Sorge zu tragen; ein bloßes Vernieten bzw. Verschrauben der Pfette oder ihrer Flanschen mit dem Obergurt oder ihre Abstützung durch abgebogene Flacheisen ist nicht gestattet.

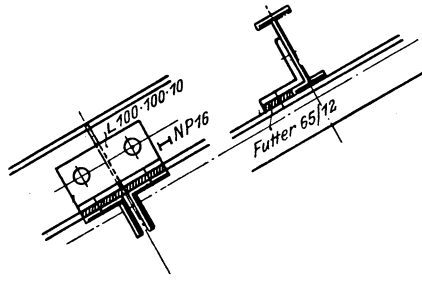


Fig. 321.

a) Die Mittellinie der Pfette steht rechtwinklig zur Dachfläche. Ihre Befestigung erfolgt in einfachster Weise durch ein vorgelegtes Winkeleisen (Fig. 313), das bei  $\text{H}$ -förmigem Querschnitt die Einschaltung eines Futterstücks be-

dingt (Fig. 321); diese Befestigungswinkel werden in der Werkstatt auf den Binderobergurt genietet und gewährleisten dadurch in der Ausführung eine gerade durchlaufende Lage der Pfettenachse.

Sind keine Gelenkpunkte vorhanden, so liegt der Pfettenstoß unmittelbar über dem Binder (Fig. 321).

Die Firstpfette wird zweiteilig ausgebildet (Fig. 322); man kann ihr ebenso wie der Traufpfette durch Einschaltung von Futterblechen ein von der Höhe der Zwischenpfetten unabhängiges Profil geben. Da beide Pfettenteile außerhalb des Firstknotenpunkts

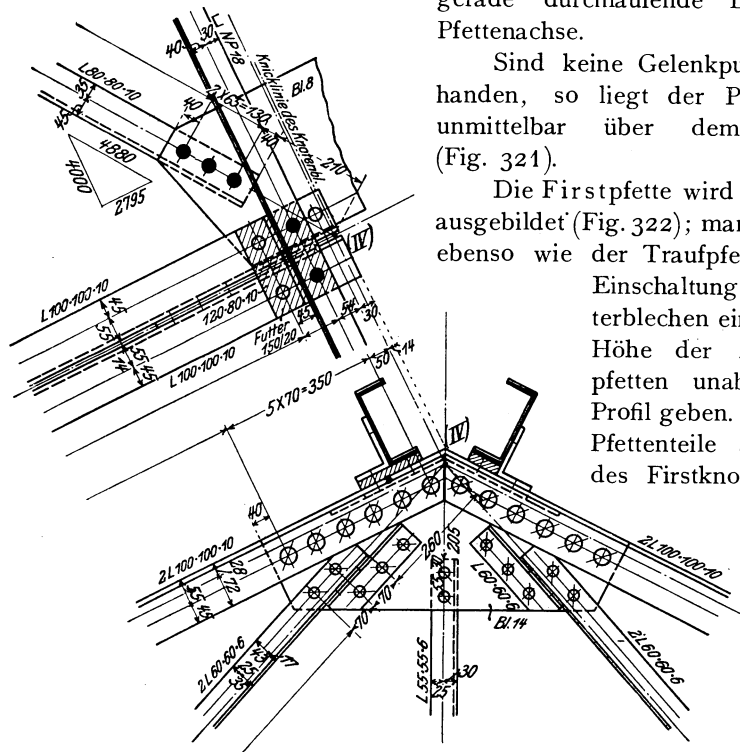


Fig. 322. Knotenpunkt IV, des Binders Fig. 61<sup>k</sup>.

auf dem Obergurt aufrufen, so entstehen in diesem zusätzliche Biegespannungen, zu deren Aufnahme das Knotenblech entsprechend groß auszubilden ist.

b) Die Mittellinie der Pfette steht lotrecht. Ihre Befestigung mit dem Binderberggurt kann auf zwei Wegen erfolgen.

α) Bei Holzpfetten und ununterbrochen durchlaufenden, z. B. mit Gelenken versehenen eisernen Pfetten wird das Knotenblech über den Obergurt hinaus

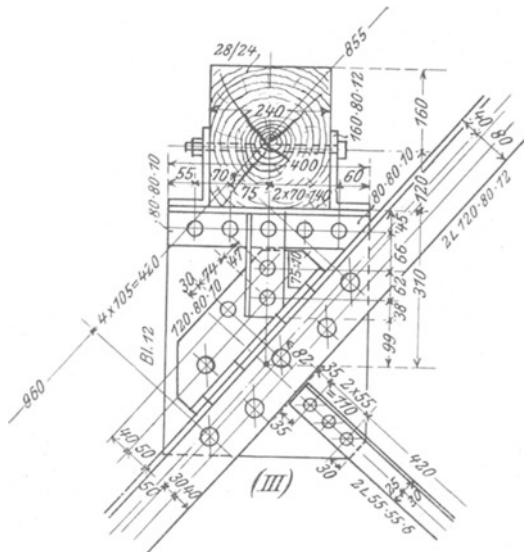


Fig. 323.

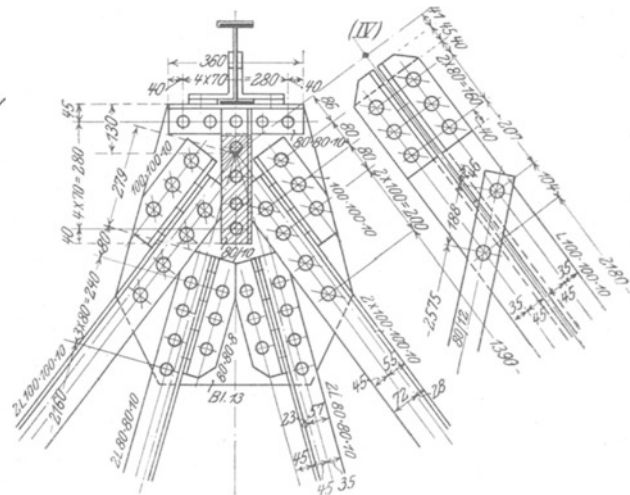


Fig. 324.

verlängert und mit wagerechten Winkelleisen gesäumt (Fig. 323 und 324); auf diesen wird die Pfette aufgelagert und durch nebengelegte Winkelleisen gegen Verschieben und Kanten gesichert. Besondere Sorgfalt ist auf die seitliche

Aussteifung des vorstehenden dünnen Knotenblechs durch seitlich angenietete Winkelleisen zu legen, um das Blech gegen Abbiegen und den Obergurtnotenpunkt gegen Knicken aus der Binder Ebene heraus zu schützen. Es gilt als Regel, diese Aussteifung so zu bewirken, daß jeder beliebige durch das Knotenblech gelegte Schnitt mindestens einen der Auflager- bzw. Aussteifungswinkel trifft.

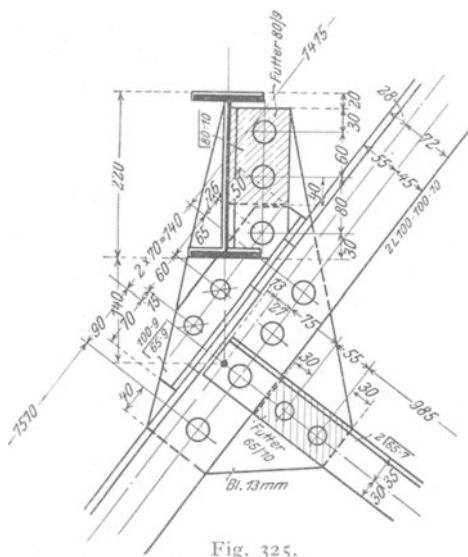


Fig. 325.

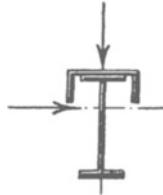
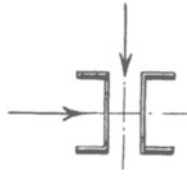
β) Bei in den Knotenpunkten gestoßenen eisernen Pfetten kann die Pfette an das vorstehende Knotenblech durch senkrechte Winkel angeschlossen werden (Fig. 325), die je nach der Größe des zu übertragenden Stützdrucks ein oder zweiseitig angeordnet werden. Auch hier erfordert die Aussteifung des vorstehenden Knotenblechs besonderes Augenmerk.

Wenn auch theoretisch die lotrechte Lage der Pfettenmittellinie vorteilhafter ist (vgl. A III b), so wird dieser Vorteil durch den zum Anschluß der Pfette und zur Aussteifung des Knotenblechs erforderlichen Mehraufwand an Eisen und Arbeit weit übertroffen; daher man denn auch die lotrechte Pfettenlage nur bei steilen Dächern (Fig 327)



und da wählt, wo die Pfetten im Grundriß keinen rechten Winkel mit den Bindern bilden (Fig. 277).

Sind die Pfetten weder durch eine ununterbrochen durchlaufende Dachhaut, z. B. aus Eisenbeton, noch durch Sparren gegen Durchbiegung parallel zur Dachfläche gesichert, so werden sie entweder zwischen der Bindern durch Rund- oder Winkeleisen, die gleichsam die Sparren ersetzen, miteinander verbunden, oder aber, besonders bei steilen Dächern, nach Fig. 326<sup>a</sup> oder 326<sup>b</sup> nach zwei Ebenen biegefest ausgebildet.

Fig. 326<sup>a</sup>.Fig. 326<sup>b</sup>.

2. Bei Gebäuden von mehr als etwa 20 m Länge werden die Pfetten mit teils festen, teils beweglichen Gelenken nach Fig. 274 versehen, einmal der Eisen-

ersparnis wegen, dann aber vor allem, um den Längenänderungen bei Temperaturwechsel Rechnung zu tragen. Die Ausbildung dieser Gelenke erfolgt nach Fig. 20, 99 und 100; sie liegen stets in denjenigen Binderfeldern, die ohne Windverbanddiagonalen sind.

## IV. Die Binder.

### 1. Rein eiserne Binder.

Die im 3. Kap. für die Ausbildung der Stabquerschnitte und Knotenpunkte der Fachwerkträger aufgestellten Regeln sind in ihrer Anwendung auf Dachbinder wie folgt zu ergänzen.

a) **Gurtstäbe.** a) Die gebräuchlichsten Querschnitte sind bei reiner Längsbeanspruchung der Stäbe die aus 2 gleichschenkligen oder ungleichschenkligen Winkeleisen zusammengesetzten (Fig. 119 und 128); kreuzförmige Querschnitte (Fig. 121 und 130) werden für den Obergurt meist nur bei lotrechter Pfettenlage verwendet. Treten infolge Stabkrümmung oder Belastung zwischen den Knotenpunkten Biegemomente auf, so wird der aus 2 bzw. bei Tonnendächern nach Fig. 139 aus 1  $\perp$ -Eisen gebildete Querschnitt gewählt.

Der lichte Abstand der beiden nebeneinander liegenden Profileisen, d. i. die Knotenblechdicke  $\delta$  wird in der Regel mindestens so groß gewählt, daß für den kleinsten Nietdurchmesser  $d_{min}$  bei einschnittigen Nieten  $\delta \geq \frac{\pi}{8} d_{min}$ , bei zweischnittigen  $\delta \geq \frac{\pi}{4} d_{min}$  ist; darnach beträgt bei Spannweiten von 8 bis 24 m die Stärke  $\delta$  etwa 8 bis 16 mm.

Kastenförmige Querschnitte mit doppelten Knotenblechen werden wegen der teureren Nietarbeit nur bei schwer belasteter Konstruktion von großer Spannweite gewählt.

β) Der kleinste Nietdurchmesser ist  $d_{min} = 16 \text{ mm}$ , und da das Niet senkrecht zur Krafrichtung  $1,5d$  vom Rand abstehen soll, so ergibt sich als kleinste zu verwendende Profildbreite 55 mm; bei mehr als 10 bis 12 m Spannweite geht man bei Verwendung von Winkeleisen besser nicht unter  $\sphericalangle 65 \cdot 65 \cdot 7$  hinab.

Diese Regel ist besonders bei den Untergurtstäben aus zwei Gründen zu beachten. Einmal würde nämlich eine genaue Anpassung der auszuführenden Querschnittsfläche an





Knotenblech nach unten vorstehen darf; hier liegt der Gurtwinkelstoß unmittelbar im Knotenpunkt; die wagerechten Winkelschenkel sind durch abgebogene Hilfswinkel in das Knotenblech eingebunden; ein Geraderecken dieser Hilfswinkel ist wegen ihrer festen Verbindung mit dem Knotenblech ausgeschlossen.

Ist der Untergurt mehrfach geknickt (Fig. 61<sup>g, i, k</sup>), so wird an jeder Knickstelle ein Stoß angeordnet, der dann auch den Wechsel des Profils gestattet. Neben dem bereits in Fig. 148 vorgeführten Beispiel ist in Fig. 348 der Knotenpunkt (2) des Binders Fig. 332 dargestellt, der ein Rabitzgewölbe zu tragen hat, dessen Gewicht durch die angehängten  $\sqsubset$ NP. 16 auf die unteren Knotenpunkte übertragen wird.

**b) Füllungsstäbe.** *a)* Die gebräuchlichsten Querschnitte werden aus 2 gleich- oder ungleichschenkligen Winkeleisen (Fig. 119 und 128) gebildet, die man bei langen Druckstäben zur Vergrößerung des Trägheitsmoments auch über Kreuz (Fig. 130<sup>a</sup>) oder mit abgewendeten Schenkeln (Fig. 131<sup>a</sup>) anordnet. Bei kastenförmigem Gurtquerschnitt wird vielfach auch 1  $\sqsubset$ -Eisen gewählt, dessen Höhe gleich dem um die doppelte Knotenblechdicke verminderten Lichtabstand der beiden Gurteile ist.

*β)* Der kleinste Nietdurchmesser beträgt für  $\frac{\text{gedrückte}}{\text{gezogene}}$  Stäbe  $d_{min} = \frac{16}{23}$  mm, daher die kleinste zu verwendende Profilbreite  $\frac{55}{45}$  mm; bei Stablängen über 3,0 bis 3,5 m geht man bei Verwendung von Winkeleisen besser nicht unter 65·65·7 bzw. 55·55·6 hinab. Die Zahl der Anschlußniete muß, auch wenn die Rechnung weniger ergibt, mindestens zwei betragen.

**c) Auflagerung.** *a)* Zur Auflagerung auf Mauerwerk kommen bei Bindern bis etwa 24 m Spannweite meist Gleitlager zur Verwendung. Die Mitte der Auflagerplatte muß stets mit der Senkrechten durch den

Auflagerknotenpunkt zusammenfallen; hierauf ist besonders bei den Pultdächern zu achten, für deren Auflagerung in Fig. 333 als Ausführungsbeispiel der Knotenpunkt (IV) des Binders Fig. 61<sup>m</sup> dargestellt ist. Das Knotenblech wird in einem passenden, je nach der Binderart frei zu wählenden Abstand  $a$  wagerecht abgeschnitten und durch wagerechte Winkeleisen gesäumt; diese liegen unter Einschaltung einer 15 bis 20 mm starken Platte unmittelbar auf dem Gleitlager. Ist das Knotenblech nicht schon durch die Gurtwinkel

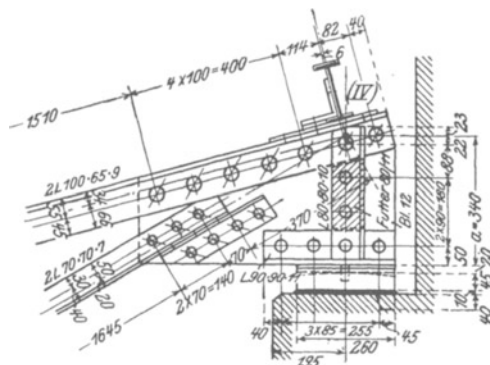


Fig. 333.

Knotenpunkt (IV) des Binders Fig. 61<sup>m</sup>.

selbst bis zur Auflagerebene ausgesteift, wie in Fig. 335, die den Knotenpunkt (0) des Binders Fig. 328 darstellt, so muß diese Aussteifung durch besondere senkrechte Auflagerwinkel erfolgen, die einfach (Fig. 333) oder doppelt (als  $\perp$ -Eisen Fig. 334) beiderseits mit Futterstücken über Obergurt- und Saumwinkel durchzuführen sind.

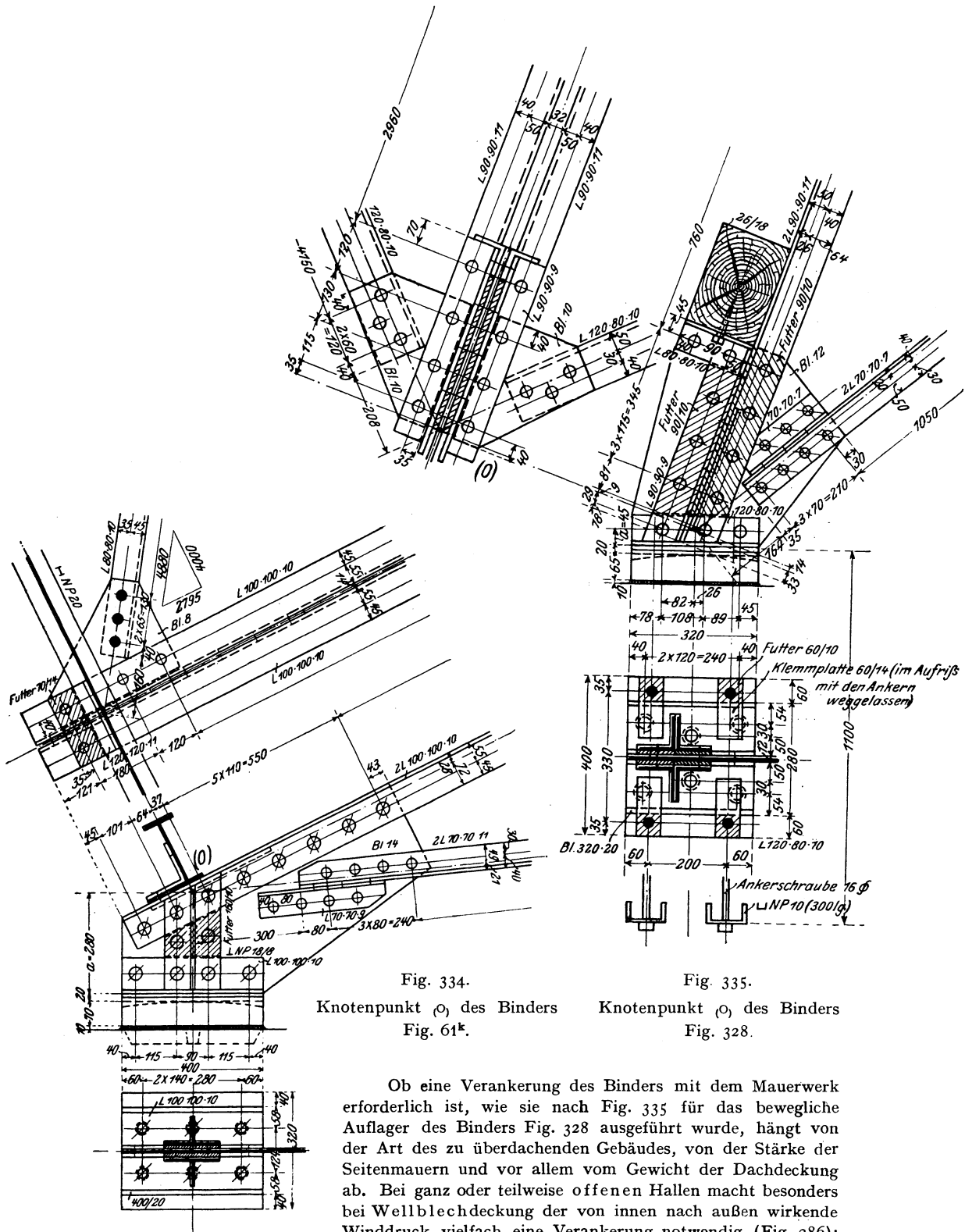


Fig. 334.  
 Knotenpunkt O, des Binders  
 Fig. 61<sup>k</sup>.

Fig. 335.  
 Knotenpunkt O, des Binders  
 Fig. 328.

Ob eine Verankerung des Binders mit dem Mauerwerk erforderlich ist, wie sie nach Fig. 335 für das bewegliche Auflager des Binders Fig. 328 ausgeführt wurde, hängt von der Art des zu überdachenden Gebäudes, von der Stärke der Seitenmauern und vor allem vom Gewicht der Dachdeckung ab. Bei ganz oder teilweise offenen Hallen macht besonders bei Wellblechdeckung der von innen nach außen wirkende Winddruck vielfach eine Verankerung notwendig (Fig. 286);

aber auch bei geschlossenen Räumen ist die feste Verbindung der Umfassungsmauern mit den Bindern immer dann erforderlich, wenn ihre Standfestigkeit erst durch Mitwirkung der Dachkonstruktion gewährleistet ist (vgl. 8. Kap.).

**β)** Bei der Auflagerung der Binder auf einer Säule oder einem Unterzug fallen die Gleitlager fort, im übrigen bleibt aber die Durchbildung des

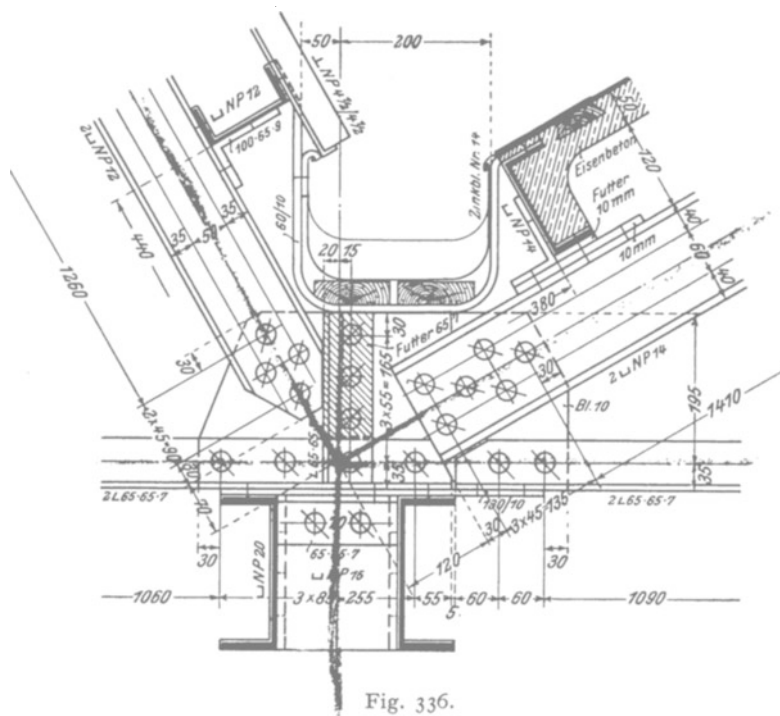


Fig. 336.

Knotenpunkts grundsätzlich dieselbe (Fig. 354). Ein Ausführungsbeispiel für die Auflagerung zweier Sheddachbinder (Fig. 61<sup>n</sup>) auf einem aus 2  $\square$  NP. 20 gebildeten Unterzug zeigt Fig. 336; die Rinne ist zur Reinigung der Glasflächen genügend breit und begehbar einzurichten.

## 2. Gemischt eiserne Binder.

**a) Holz-Eisen-Binder.** Die Binder werden nach dem Polonceausystem mit winkelrecht zum Obergurt stehenden Vertikalstäben (Fig. 6<sup>f, i, k</sup>) ausgeführt (Fig. 337).

**α)** Querschnittsform der Stäbe. Der Obergurt wird in Holz ausgeführt, und zwar mit  $\frac{\text{quadratischem}}{\text{rechteckigem}}$  Querschnitt, wenn  $\frac{\text{nur in}}{\text{auch zwischen}}$  den Knotenpunkten Pfetten angeordnet sind. Alle auf Zug beanspruchten Stäbe, also der Untergurt und die Diagonalen werden aus Flußeisen mit rundem Querschnitt ausgeführt; jeder Zugstab muß mit einer Spannvorrichtung versehen sein, um die genaue Stablänge und etwaige Ungenauigkeiten in der Ausführung regeln zu können; daher wird entweder das Stabende mit Gewinde und Mutter versehen, wie bei Stab  $(0)-(1)$ , Fig. 337 und 338, oder aber der Stab erhält ein Spannschloß wie Stab  $(1)-(2)$  und  $(1)-(II)$ , Fig. 337. Bei Längen über 4,5 bis 5,0 m werden die Zugstangen zur Vermeidung einer zu großen Durchbiegung in der Mitte aufgehängt, wie Stab  $(1)-(2)$ , Fig. 337.

Die auf Druck beanspruchten Vertikalen werden aus Gußeisen mit kreuzförmigem Querschnitt (Fig. 340) ausgeführt.

β) Ausbildung der Knotenpunkte. Die Achsen aller an einem Knotenpunkt zusammentreffenden Stäbe sollen sich in diesem Knotenpunkt selbst schneiden.

Von dieser Regel geht man zur Ermöglichung einer einfacheren Herstellung nur bei Diagonalen mit geringen Spannkraften in den Knotenpunkten des Obergurts ab. So ist

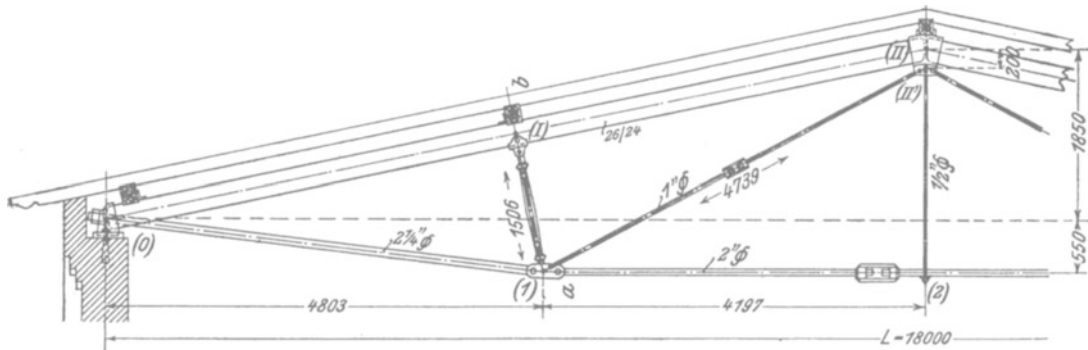


Fig. 337.

der Stab (1)–(II), Fig. 337 im First um 200 mm unterhalb des theoretischen Knotenpunkts in (II') angeschlossen. Dieser exzentrische Anschluß ist ohne Bedeutung, solange die beiden symmetrisch zu (2)–(II) liegenden Diagonalen gleich große Spannkraften erleiden und daher in (II) nur eine lotrechte Resultierende ergeben, was bei voller gleichförmiger Belastung zutrifft. Ungleiche Spannkraften entstehen nur bei einseitiger Wind- und Schneebelastung; sie sind aber meist so klein, daß das durch ihre waagrechten Seitenkräfte in (II) er-

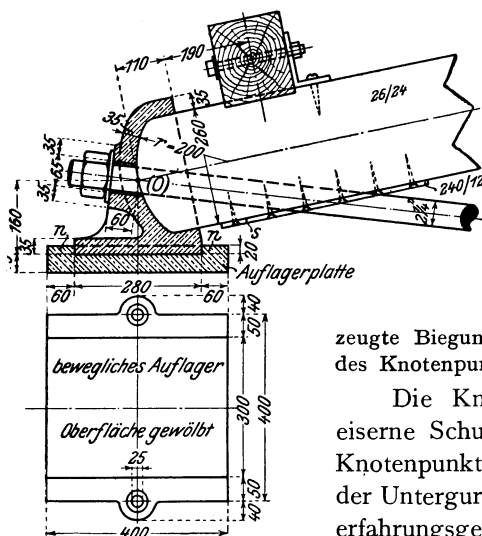


Fig. 338.

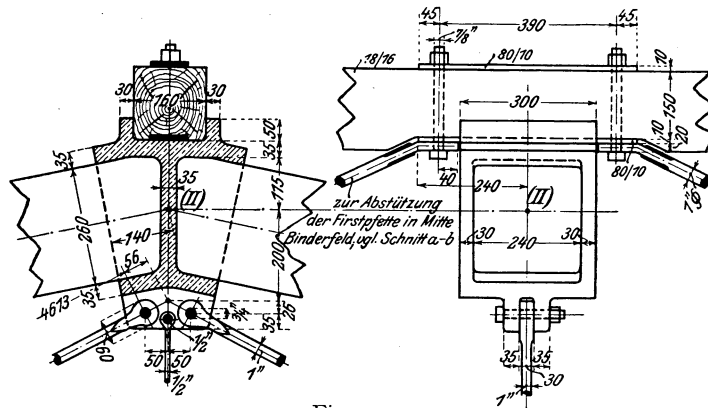


Fig. 339

zeugte Biegemoment durch eine entsprechend kräftige Ausbildung des Knotenpunkts (Fig. 339) unschwer aufgenommen werden kann.

Die Knotenpunkte des Obergurts werden durch gußeiserne Schuhe gebildet, wie in den Fig. 338 bis 340 für die Knotenpunkte (0) bis (II) dargestellt. Bei Punkt (0) durchdringt der Untergurtstab (0)–(1) den Obergurt (Fig. 338); das hierbei erfahrungsgemäß leicht eintretende Aufspleißen der unteren Holzfasern wird zweckmäßig durch eine aufgeschraubte Eisenplatte (s in Fig. 338) verhindert. Der Auflagerschuh in Punkt (0) liegt auf der eigentlichen Auflagerplatte, die nur beim festen Auflager mit den Vorsprüngen n (Fig. 338) versehen ist.

Die Knotenpunkte des Untergurts werden durch doppelte Knotenbleche (Fig. 341) gebildet, an die sich die einzelnen Stäbe mit zweischnittigen Bolzen anschließen. Um die Biegungsbeanspruchung dieser Bolzen in engen Grenzen zu halten, wird der Lichtraum  $i$  zwischen den Knotenblechen nur gerade so groß gewählt, wie es die Übertragung der Kräfte und der zulässige Lochleibungsdruck fordern. Die Stärke der Knotenbleche ist mindestens so groß zu wählen, daß jeder Querschnitt bei Abzug der Bolzenlöcher die größte in ihm auftretende Stabkraft ohne Überschreitung der zulässigen Beanspruchung aufnehmen kann.

$\gamma$ ) Querverbindungen. Wegen der geringen Seitensteifigkeit der Rundeseisen sind die Knotenpunkte des Untergurts in besonderem Maße der Gefahr des Ausbiegens aus der senkrechten Binderebene ausgesetzt. Daher ist es bei Spannweiten von mehr als 10 bis 12 m erforderlich, in den Ebenen der Vertikalstäbe Querverbindungen zwischen den benachbarten Bindern anzuordnen, deren konstruktive Durchbildung aus Fig. 340<sup>a</sup> hervorgeht. Dienen diese Querverbindungen wie in Fig. 340<sup>a</sup> gleichzeitig zur Unterstützung der Pfetten, so sind sie in allen Binderfeldern anzuordnen; tragen sich die Pfetten dagegen von Binder zu Binder frei, so genügt es, abwechselnd zwischen je zwei Bindern Querverbände einzuschalten.

**b) Eisenbeton-Eisen-Binder.** Die Dachkonstruktion besteht aus einem in Eisenbeton hergestellten, außen mit doppelter Asphaltpappe abgedichteten Kappengewölbe (Fig. 342), dessen Pfeil zu  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$ , am besten  $\frac{1}{5}$  der Spannweite gewählt wird. Die zur Aufnahme und zum Ausgleich des Gewölbeschubs erforderliche, aus Längsträgern und Ankern (Fig. 262 bis 264) bestehende Ankerkonstruktion wird in Flußeisen hergestellt. Wegen ihrer vollständigen Wasser-, Tropf- und Wärmesicherheit sowie wegen

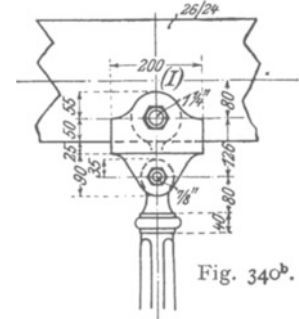


Fig. 340<sup>b</sup>.

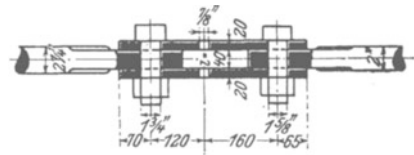


Fig. 341.

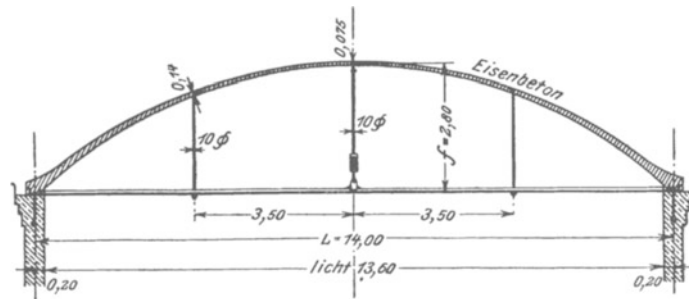
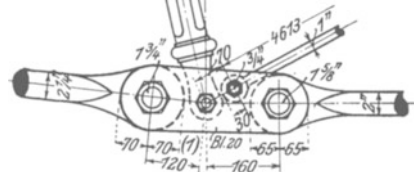
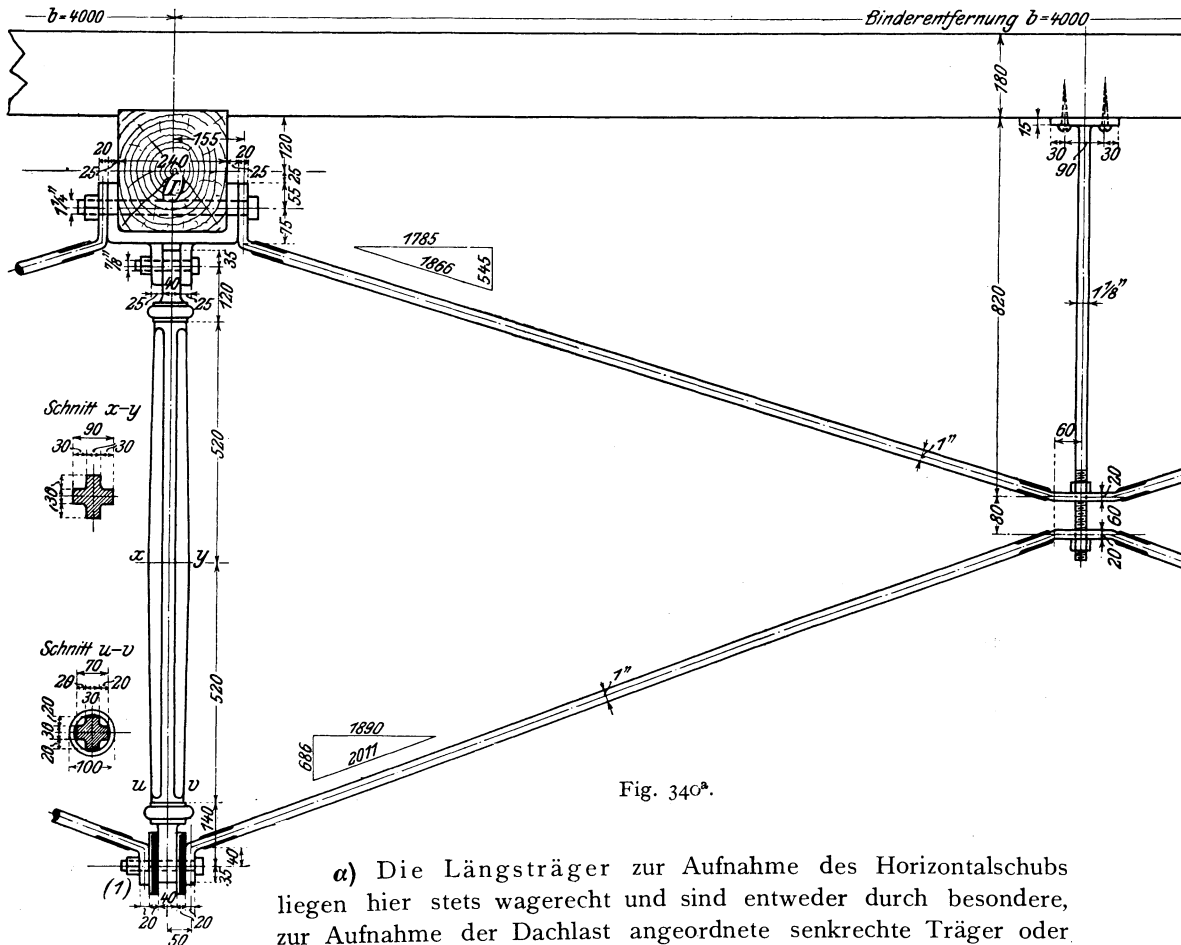


Fig. 342.

ihrer Unempfindlichkeit gegen von außen her übertragenes Feuer sind diese Dächer für reine Nutzbauten von großer Bedeutung; dazu bedarf es nur der Ummantelung der Anker, um auch vom Innenraum her Feuersicherheit zu erzielen.



Fig. 340<sup>a</sup>.

α) Die Längsträger zur Aufnahme des Horizontalschubs liegen hier stets wagerecht und sind entweder durch besondere, zur Aufnahme der Dachlast angeordnete senkrechte Träger oder aber unmittelbar von den durchlaufenden Seitenmauern unterstützt und mit diesen zum Schutz gegen Verschieben in Entfernungen von 2,0 bis 4,0 m durch 0,5 bis 1,0 m lange Maueranker von 16 bis 20 mm  $\phi$  verbunden (Fig. 343<sup>b</sup>). Sie erhalten  $\perp$ - und nur bei sehr großen Ankerentfernungen (*a* Fig. 262)  $\text{H}$ -förmigen Querschnitt; der äußere Flansch ist oben mit einem Winkeleisen 30·30·4 bis 45·45·5 (Fig. 343<sup>b</sup>, 344, 345) gesäumt, um das Herauspringen der Eiseneinlagen des Gewölbes beim Stampfen des Betons zu verhindern. Der Stoß wird stets an dem Angriffspunkt eines Ankers angeordnet; hier ist das Moment gleich Null und es genügt daher zur Stoßdeckung ein über (Fig. 343<sup>c</sup>) oder unter (Fig. 345) den Steg gelegtes Flacheisen.

**Aufgabe 70.** Die Anker der in Fig. 342 dargestellten Dachkonstruktion sind nach Fig. 263 mit  $a = 5,4$  m gegabelt angeordnet. Der größte Horizontalschub aus ständiger Schnee- und Windlast beträgt  $H_{max} = 2810$  kg für 1 m Gewölbekbreite. Es sind die Anker und Längsträger zu berechnen.  $k = 1000$  kg/qcm.

**Auflösung.** 1. Die Längsträger erhalten als über 6 Felder von je 1,8 m Weite ununterbrochen durchlaufende Träger mit  $Z = 5,4 \cdot 2810 = 15200$  kg (vgl. Gl. 49<sup>a</sup>) nach Gl. 52<sup>a</sup> das Moment  $M = \frac{4}{5} \cdot 15200 \cdot \frac{5,4}{72} = 912$  mkg und nach Gl. 52<sup>b</sup> die Längskraft  $L = \frac{15200}{3} = 5100$  kg; das an der Giebelwand um 0,9 m überkragende Ende (Fig. 343<sup>a</sup>)

erhält die Last  $Q = 0,9 \cdot 2810 = 2530 \text{ kg}$  und daher das Moment  $M_1 = 2530 \cdot \frac{0,9}{2} = 1139 \text{ mkg}$ . Das gewählte  $\square$  NP. 16 hat  $F = 24,0 \text{ qcm}$  und  $W = 116 \text{ cm}^3$ , erleidet

$$\text{daher die Beanspruchung } \sigma = \frac{5100}{24,0} + \frac{91200}{116} = 210 + 790 = 1000 \text{ kg/qcm}$$

$$\text{bzw. } \sigma_1 = \frac{113900}{116} = 980 \text{ kg/qcm.}$$

2. Die Anker. a) Die Nebenanker erhalten nach Gl. 49<sup>b</sup> die Zugkraft  $N = \frac{5,4}{3} \cdot 2810 = 5060 \text{ kg}$ . Gewählt ist  $\frac{75}{12}$  mit  $(7,5 - 2,0) 1,2 = 6,6 \text{ qcm}$ ; daher  $\sigma = \frac{5060}{6,6} = 770 \text{ kg/qcm}$ .

Die Wahl eines Flacheisens ist hier bei der geringen Länge von 1,8 m zulässig, weil die Anker durch die stets vorhandene Anspannvorrichtung genau abgelängt werden können. Die Stärke der Flacheisen soll aber nicht unter 12 mm und ihre Beanspruchung nicht bis an die zulässige Grenze hinan gewählt werden.

b) Die Hauptanker erhalten nach Gl. 49<sup>a</sup> die Zugkraft  $Z = 5,4 \cdot 2810 = 15200 \text{ kg}$ . Gewählt sind  $2 \times 75 \cdot 75 \cdot 10$ , deren wagerechte Schenkel mit

$$2 (7,5 - 2,0) 1,0 = 11,0 \text{ qcm}$$

die Zugkraft

$$15200 - 5060 = 10140 \text{ kg}$$

und deren senkrechte Schenkel mit

$$2 (6,5 - 2,0) 1,0 = 9,0 \text{ qcm}$$

die Zugkraft  $N = 5060 \text{ kg}$  zu übertragen haben.

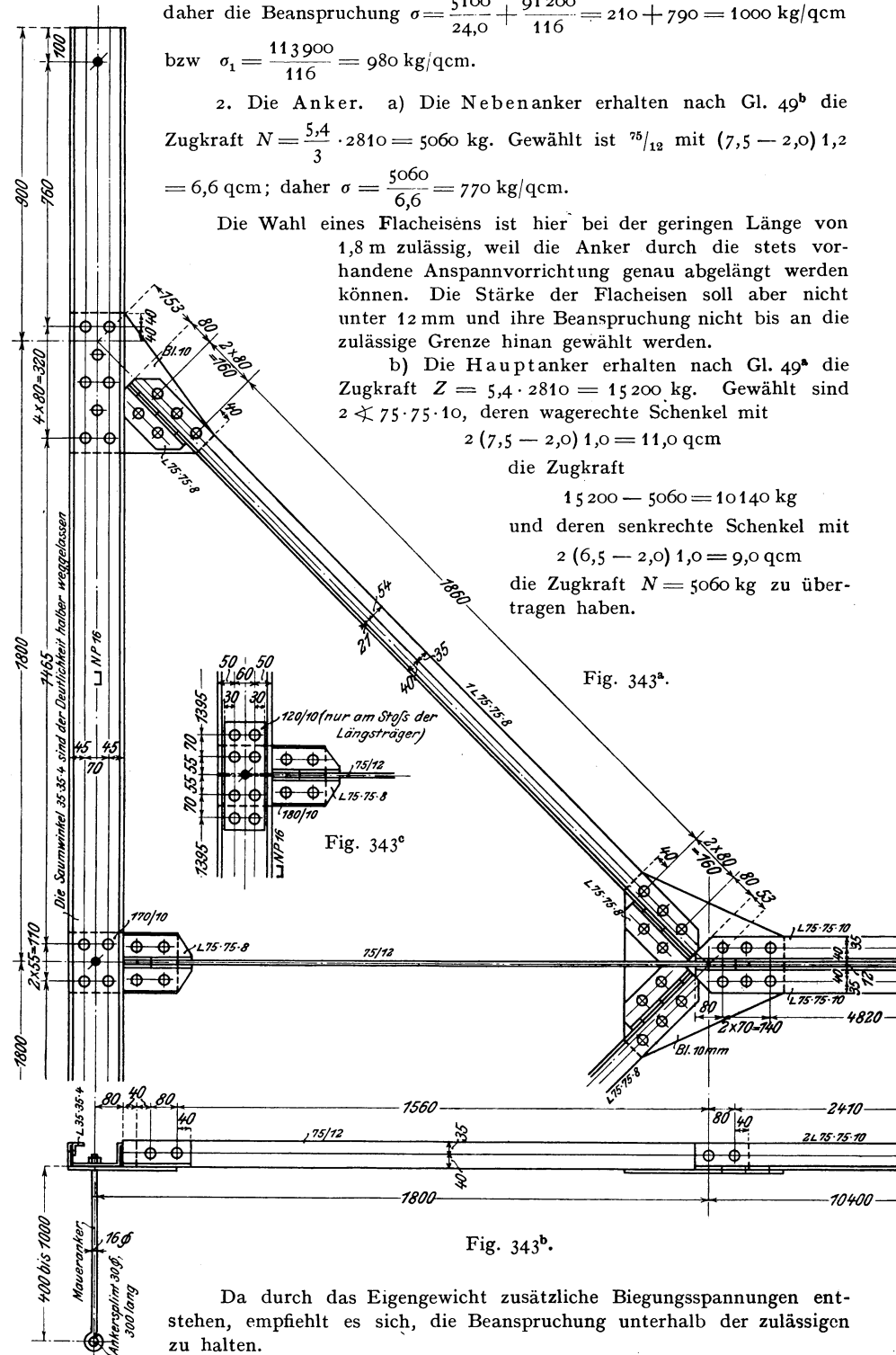


Fig. 343<sup>a</sup>.

Fig. 343<sup>c</sup>.

Fig. 343<sup>b</sup>.

Da durch das Eigengewicht zusätzliche Biegungsspannungen entstehen, empfiehlt es sich, die Beanspruchung unterhalb der zulässigen zu halten.

c) Die Schräganker erhalten nach Gl. 49° die Zugkraft  $S = \frac{5060}{\sin 45^\circ} = 7200 \text{ kg}$ . Das gewählte, in beiden Schenkeln angeschlossene  $\sphericalangle 75 \cdot 75 \cdot 8$  hat  $F = 11,5 - 2,0 \cdot 0,8 = 9,9 \text{ qcm}$ , daher  $\sigma = \frac{7200}{9,9} = 740 \text{ kg/qcm}$ .

β) Die Anker dienen zum Ausgleich des auf die Längsträger wirkenden Gewölbeschubs.

Gerade Anker nach Fig. 262 erhalten je nach der Größe der Spannweite meist eine Ankerentfernung  $a = 2,0$  bis  $4,0$  m und runden Querschnitt (Fig. 344). Müssen aber die Anker mit Rücksicht auf die Feuersicherheit oder auf die Rostbildung (in Räumen mit stark säurehaltiger Luft) oder endlich auf die Tropfsicherheit ummantelt werden, so wählt man zur Verminderung der Ummantelungskosten Ankerentfernungen bis zu  $10,0$  m und  $\sphericalangle$ -,  $\sphericalangle\sphericalangle$ - oder  $\sphericalangle$ -förmige Ankerquerschnitte (Fig. 345); für die Längsträger kommen dann wegen der großen Biegemomente nur  $\text{I-I}$ -Eisen in Betracht.

Gabelanker nach Fig. 263 und 264 erhalten Entfernungen  $a = 4,5$  bis  $7,5$  m und durchweg  $\sphericalangle$ -,  $\sphericalangle\sphericalangle$ -,  $\sphericalangle$ - oder  $\sphericalangle$ -förmigen Querschnitt.

Alle Anker werden zur Vermeidung einer zu großen Durchbiegung in Abständen von  $2,5$  bis  $4,0$  m durch Flach-eisen (Fig. 344<sup>a</sup>) oder Rundeisen von  $10$  bis  $13 \text{ mm } \phi$  (Fig. 344<sup>b</sup>, 346, 347)

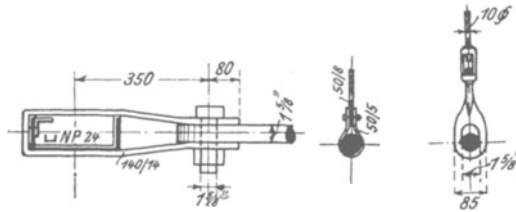


Fig. 344.

Fig. 344<sup>a</sup>. Fig. 344<sup>b</sup>.

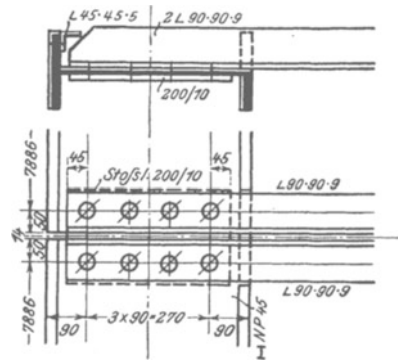


Fig. 345.

am Gewölbe aufgehängt; diese „Hängestangen“ werden durch Umbiegen, bei Flacheisen auch mit durchgesteckten Splinten an den Eiseneinlagen des Betongewölbes befestigt.

Jeder Anker muß zur Regelung seiner Länge und Höhenlage mit einer

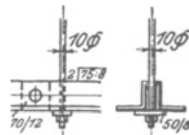


Fig. 346.

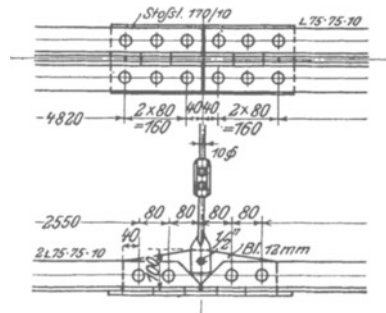


Fig. 347.

Anspannvorrichtung versehen sein; diese liegt entweder im Anker selbst, wie z. B. das Spannschloß beim Rundeisenanker, oder aber in den Hängestangen; diese sind dann entweder am unteren Ende mit Gewinde und Mutter (Fig. 346) oder aber mit einem besonderen Spannschloß versehen (Fig. 344<sup>b</sup> und 347). Der Anschluß der

Anker an die Längsträger erfolgt bei Rundeisenankern durch schlaufenförmige Flacheisen (Fig. 344), deren Querschnittsabmessungen mit Rücksicht auf die durch das Abbiegen entstehenden zusätzlichen Biegebungsbeanspruchungen reichlich zu wählen sind; profilförmige Anker schließen sich entweder unmittelbar (Fig. 345) oder mit Knotenblechen von 8 bis 12 mm Stärke (Fig. 343) an den Steg an. Bei mehr als etwa 8 m Länge wird die Anordnung eines Stoßes erforderlich, der zweckmäßig in Ankermitte liegt. Bei Rundeisen bildet das Spannschloß die natürliche Stoßstelle; profilförmige Anker werden durch senkrechte und wagerechte Flacheisen gestoßen, wie in Fig. 347 für den Stoß des Hauptankers der Aufg. 70 dargestellt.

## V. Der Windverband.

a) Die Diagonalen des Windverbands werden meist gekreuzt angeordnet (Fig. 261) und aus einem Winkel- und einem Flacheisen, bei größeren Binderweiten besser nur aus Winkeleisen hergestellt. Je nach der Größe der Spannweite  $L$  und Fachweite  $a$  (Fig. 261) wählt man Winkeleisen von 65 bis 100 mm Schenkelbreite, noch besser zur Verringerung der Durchbiegung ungleichschenklige Winkeleisen 75 · 50 · 7 bis 120 · 80 · 12, deren größerer Schenkel

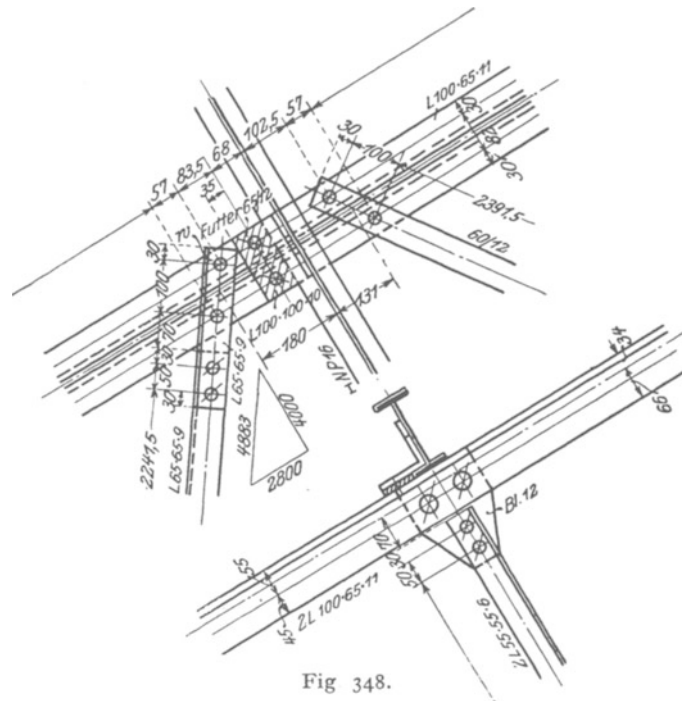


Fig 348.

lotrecht steht; Flacheisen gibt man die kleinste durch den Durchmesser der Anschlußniete bestimmte Breite bei größerer Stärke, etwa  $\frac{65}{10}$  bis  $\frac{100}{16}$ . Diagonalen von mehr als 3,5 bis 4,0 m Länge werden zur Verringerung der Durchbiegung durch Flach- oder Rundeisen an Sparren, Pfetten oder Dachdeckung aufgehängt.

b) Bei kleineren Dachkonstruktionen legt man wohl die Diagonalen unmittelbar auf den Obergurt (Fig. 324 und 348), wobei für den Anschluß der Winkelprofile Hilfswinkel ( $w$  in Fig. 348) erforderlich werden; die Mittellinien

der Diagonalen schneiden sich hierbei nicht im zugehörigen Knotenpunkt. Um diese Forderung zu erfüllen, werden die Diagonalen bei größeren Konstruktionen mit besonderen, 8 bis 10 mm starken Knotenblechen angeschlossen (Fig. 334 und 335), die auf oder unter die Schenkel des Obergurts gelegt und im First abgebogen werden (Fig. 322); der Anschluß der Flacheisen an diese Windverbandknotenbleche muß mit mindestens 2, der der Winkeleisen mit mindestens 3 Nieten von 16 bis 23 mm  $\phi$  erfolgen.

Dient der Windverband zur Übertragung der auf Längs- und Giebelwände wirkenden Winddrücke (vgl. 8. Kap.), so erfolgt seine Querschnittsbestimmung nach den für die Fachwerkträger aufgestellten Regeln.

## Achtes Kapitel.

### Fachwerkwände.

#### I. Konstruktion der Fachwerkwände.

##### 1. Die einzelnen Teile

einer Fachwerkwand (Fig. 349) sind: die Schwelle  $a$ , die entweder ihrer ganzen Länge nach durch Mauern oder Träger oder aber nur in einzelnen Punkten unterstützt ist; ihr parallel läuft das zur Auflagerung der Decken- bzw. Dachkonstruktion dienende Rähm  $b$ ; beide sind durch die Ständer oder Pfosten  $c$  miteinander verbunden, die entweder nach Fig. 349 alle gleich-

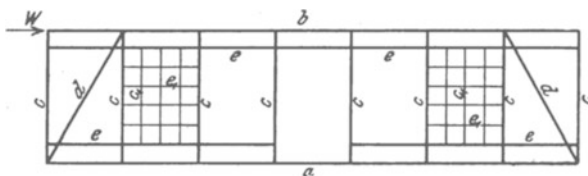


Fig. 349.

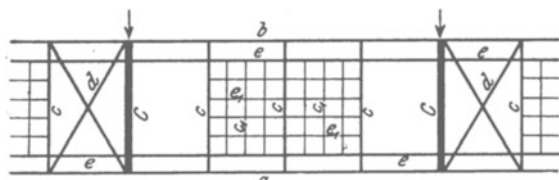


Fig. 350.

artig ausgebildet sind oder aber nach Fig. 350 in die Hauptpfosten  $C$  zur Aufnahme der Deckenunterzüge bzw. Dachbinder und in die Zwischenpfosten  $c$  zerfallen, die, in 1,0 bis 2,5 m Entfernung angeordnet, nur zur Unterteilung der Wandfläche dienen; denselben Zweck haben die in 1,0 bis 2,0 m Höhenentfernung angeordneten wagerechten Riegel  $e$ , die gleichzeitig die Tür- und Fensteröffnungen nach oben und unten begrenzen. Um die durch Schwelle, Rähm und Pfosten gebildeten Rechtecke gegen Verschieben in der Wandebene zu sichern, werden endlich die Streben  $d$  einfach (Fig. 349) oder kreuzförmig (Fig. 350) eingezogen.

Die Vorteile der eisernen Fachwerkwände sind: geringe Stärke, daher gute Raumaussnutzung; große Tragfähigkeit, die nicht an die Erhärtungszeit des Mörtels gebunden ist, daher Abkürzung der Bauzeit; endlich die Möglichkeit, die Wand durch Lösen der Schraubenverbindungen schnell und billig abzubauen und an anderer Stelle wieder aufzurichten, daher leichte Vergrößerung des Innenraums.

## 2. Die Ausfüllung

der Fachwerkwände erfolgt entweder in Mauerwerk oder aber in Wellblech bzw. Glas.

**a) Ausfüllung in Mauerwerk.** *a)* Bei beiderseits verputzten Innenwänden erhalten alle Teile **H**- bzw. **L**-förmigen Querschnitt, in der Regel NP. 14, seltener NP. 12; Ständer und Streben schließen sich an Schwelle und Rähm, die Riegel aber an die durchgehenden Pfosten an. Um ein Ausarbeiten der Flanschen an den Anschlußstellen zu vermeiden, werden

die anschließenden Teile senkrecht zu ihrer Achse abgeschnitten und durch ungleichschenklige Winkel angenietet bzw. angeschraubt, wie es in Fig. 351 für den Anschluß des

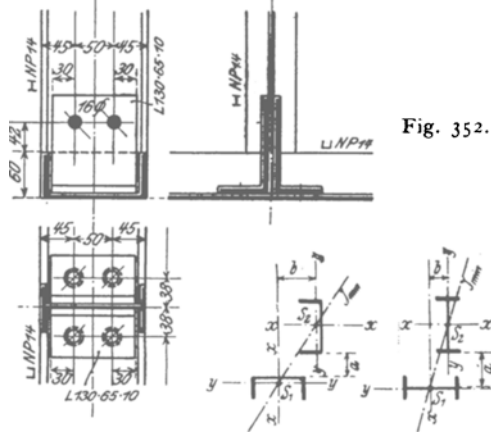
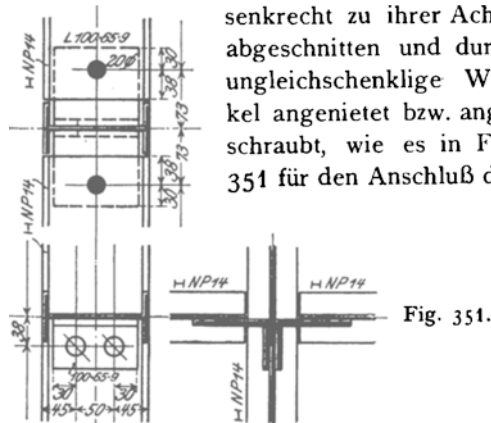


Fig. 353.

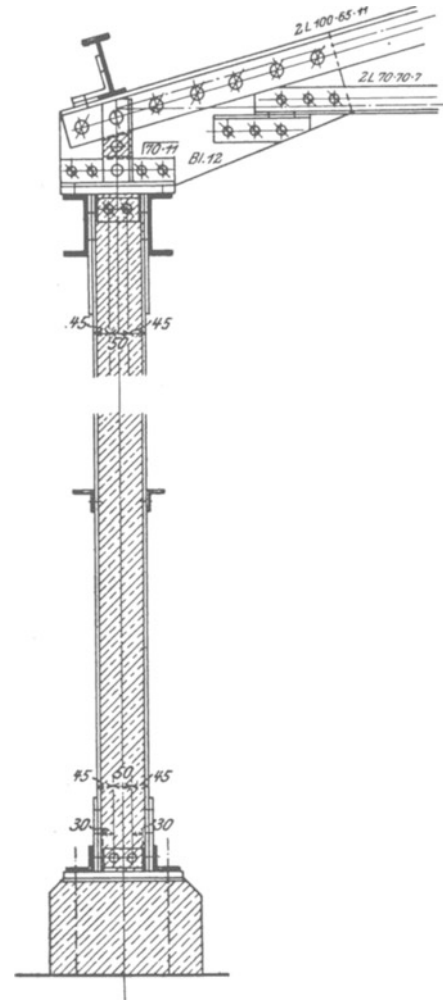


Fig. 354.

Riegels an den Pfosten, in Fig. 352 für den Anschluß des Pfostens an die Schwelle zeigt.

Bei den für die Eckpfosten gebräuchlichen, nach Fig. 353 aus 2 **L**- oder **H**-Eisen gleichen Profils zusammengesetzten Querschnitten ist die Verbindungslinie der Einzelschwerpunkte  $S_1$  und  $S_2$  diejenige Trägheitshauptachse, für die das kleinste Trägheitsmoment eintritt, und zwar ist, ganz unabhängig von der Größe der Abstände  $a$  und  $b$  (die meist  $= 0$  sind)  $J_{min} = J_x + J_y$ , wo  $J_x$  und  $J_y$  die Hauptträgheitsmomente des Einzelprofils sind.

Die Riegel werden auch aus Flacheisen von 50 bis 80 mm Breite und 5 bis 8 mm Stärke gebildet, die in den Lagerfugen in Zementmörtel verlegt werden.

β) Bei Außenwänden reiner Nutzbauten erhalten meist nur die Ständer, seltener die Streben  $\perp$ - oder  $\perp$ -förmigen Querschnitt, während alle übrigen Glieder der Wand aus beiderseits außen vorgelegten  $\perp$ - oder  $\perp$ -Eisen bestehen (Fig. 354).

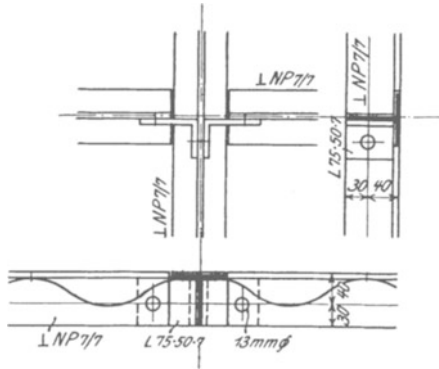


Fig. 355.

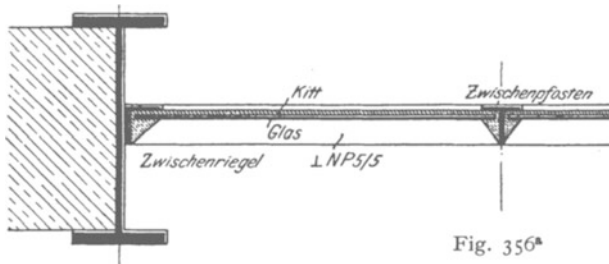
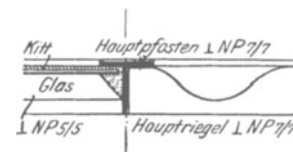
Sind Hauptpfosten  $C$  vorhanden, so werden sie entweder kastenförmig in annähernd gleicher Steghöhe wie die Zwischenpfosten  $c$  oder aber mit größerer Steghöhe  $\perp$ - oder kastenförmig ausgebildet; in beiden Fällen erfolgt ihre Berechnung und Konstruktion als Säulen nach den Regeln des 4. Kap. Wird das Rähm dabei durch zwischen den Hauptpfosten angreifende Unterzug- oder Binderlasten beansprucht, so ist

es biegezugfest aus 2  $\perp$ -Eisen (Fig. 354) oder als Fachwerkträger (Fig. 359<sup>a</sup>) auszubilden.

Die einzelnen Wandglieder sind außer für die senkrechten Lasten noch für einen wagerechten Winddruck von 125 bzw. 150 kg/qm zu berechnen.

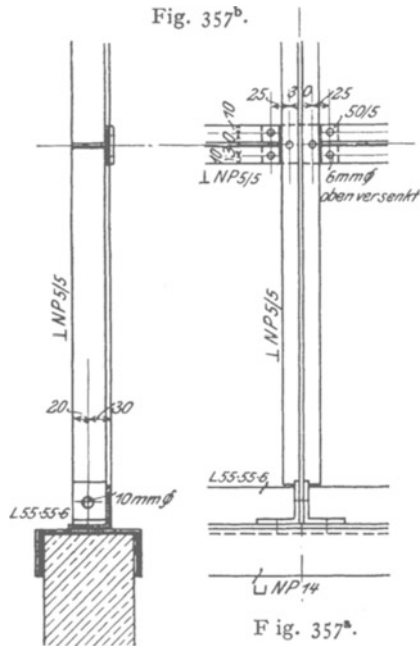
b) **Ausfüllung in Wellblech oder Glas.** Sämtliche Teile der Wand werden in der Regel aus  $\perp$ - oder  $\perp$ -Eisen gebildet. Auch hier erfolgt der gegenseitige Anschluß zur Vermeidung des Abarbeitens der Flanschen mit ungleichschenkligen Winkeleisen (Fig. 355).

Bei Wellblechausfüllung genügt bei Freilagen bis zu 2,5 m zur Aufnahme des wagerechten Winddrucks von 150 kg/qm das Profil 150 · 40 · 1 mm,

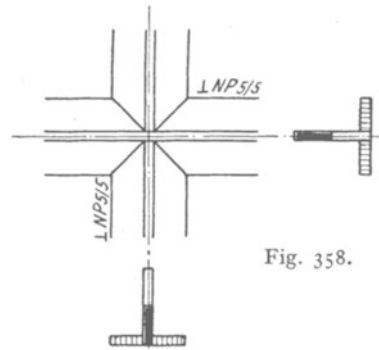
Fig. 356<sup>a</sup>Fig. 356<sup>b</sup>.

das in den Wellentälern an die wagerechten Wandteile durch Niete von 6 bis 8 mm  $\phi$  angeschlossen wird.

Zur Glasausfüllung wird geblasenes Rohglas oder Drahtglas verwendet; die Glastafeln werden meist quadratisch mit 0,48 bis 0,6 m Seitenlänge ausgeführt. Dadurch wird eine Unterteilung der zu verglasenden Flächen durch Zwischenpfosten  $c_1$  und Zwischenriegel  $e_1$  (Fig. 349, 350 und 356) erforderlich, deren Anschluß aneinander entweder durch Winkeleisenstücke (Fig. 357<sup>a</sup>) oder durch Flacheisenlaschen (Fig. 357<sup>b</sup>) oder endlich durch Überschneiden (Fig. 358)



erfolgt. Statt dessen können in die zu verglasenden Fache auch fertige Fenster aus Guß- oder Flußeisen eingesetzt werden, für die dann an Pfosten und Riegeln



Anschläge aus Winkeleisen vorzusehen sind. Der Anschluß der Glasflächen an die Ausfüllung in Mauerwerk und Wellblech ist in Fig. 356<sup>a</sup> und 356<sup>b</sup> dargestellt.

## II. Berechnung der Fachwerkgebäude gegen Winddruck.

### 1. Der Winddruck auf die Längswand

kann in zweierlei Weise in die Fundamente übertragen werden, nämlich entweder unmittelbar an jedem Hauptpfosten, der hier kurz Säule heißt, oder aber unter Einschaltung eines Windträgers nur an den die Giebelwände begrenzenden Eckpfosten.

a) **Windübertragung an jedem Hauptpfosten.** Je zwei gegenüberliegende Säulen sind durch den Binder zu einem Ganzen miteinander verbunden und übertragen den auf sie entfallenden Winddruck gemeinsam in die Fundamente. In diesen sind sie entweder nach Fig. 359<sup>b</sup> eingespannt oder aber nach Fig. 359<sup>c u. d</sup> gelenkig aufgelagert.

Das ebene Fachwerk Fig. 359<sup>b</sup> ist bei  $n=4$  Knotenpunkten ( $A, B, C, D$ ) durch  $s=3$  Stäbe bzw. Scheiben ( $AC, CD, DB$ ) und  $w=2$  Winkel ( $A, B$ ) bestimmt; es ist daher wegen  $z=3+2=5=2n-3$  in sich unverschieblich; zu seiner vollständigen Stützung sind 3 Stützdrücke erforderlich; da aber 2 Linienauflager ( $A, B$ ) mit  $a=2 \times 2=4$  voneinander unabhängigen Stützdrücken vorhanden sind, ist es einfach äußerlich statisch unbestimmt. Dasselbe gilt für die in sich unverschieblichen Fachwerke Fig. 359<sup>c u. d</sup>, für die  $z=s=1$  (Scheibe  $ACDB$ ),  $n=2$  ( $A, B$ ),  $z=1=2n-3$ ,  $a=4$  ist. Als statisch unbestimmte Größe wird zweckmäßig in Fig. 359<sup>b</sup> der wagerechte Druck  $X$  zwischen den Gelenken  $C$  und  $D$ , in Fig. 359<sup>c u. d</sup> aber der wagerechte Gegenruck  $X$  des rechten Linienauflagers  $B$  eingeführt.

Ist  $b$  die Binderentfernung,  $B=mb$  die Säulenentfernung. (Fig. 359<sup>a u. e</sup>),  $h$  die Höhe der durch Ausmauerung oder Verglasung geschlossenen Längswand,  $f$  die Binderhöhe,  $\alpha$  der Dachneigungswinkel,  $w$  der Winddruck für 1 qm senkrecht getroffener Fläche, so entfällt auf ein Säulenpaar von der Längswand her der über die Höhe  $h$  gleichmäßig verteilte Winddruck  $\mathfrak{W} = wBh$ , von der Dachkonstruktion her aber der wagerechte Winddruck  $\mathfrak{W}_1 = wfB \sin^2 \alpha$ , den man als Einzellast am Kopf des windseits gelegenen Ständers einführen darf.



Es können nun entweder alle Binder durch je ein Ständerpaar gestützt werden, so daß also die Säulenentfernung  $B$  gleich der Binderentfernung  $b$  ist, oder aber nur einzelne Binder, so daß  $B$  gleich einem Vielfachen von  $b$  ist ( $B = mb$  in Fig. 359<sup>a u. e</sup>); im letzteren Fall werden die senkrechten Stützdrücke der zwischen den Ständern liegenden Binder unmittelbar durch das biegungsfest oder als Fachwerkträger ausgebildete Rähm, hier auch Längs-

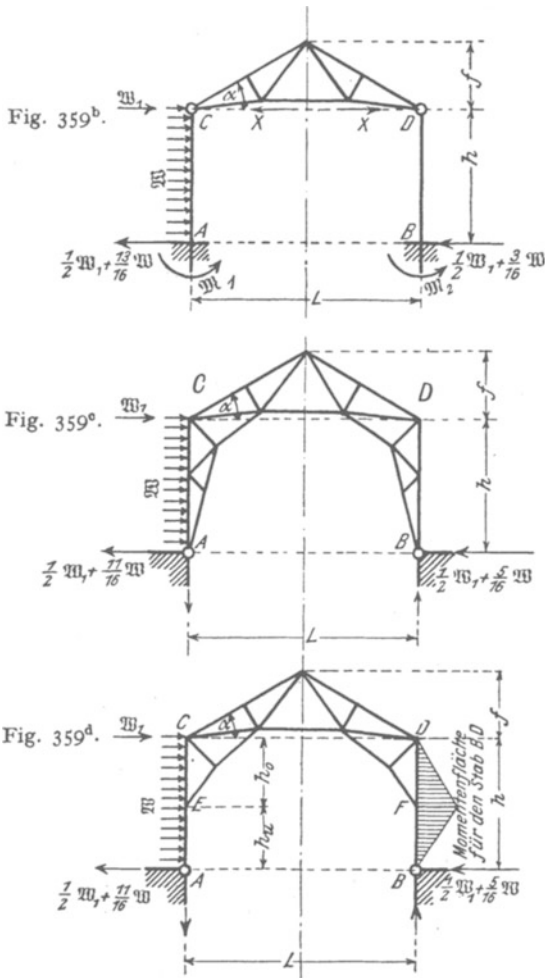


Fig. 359<sup>a</sup>.

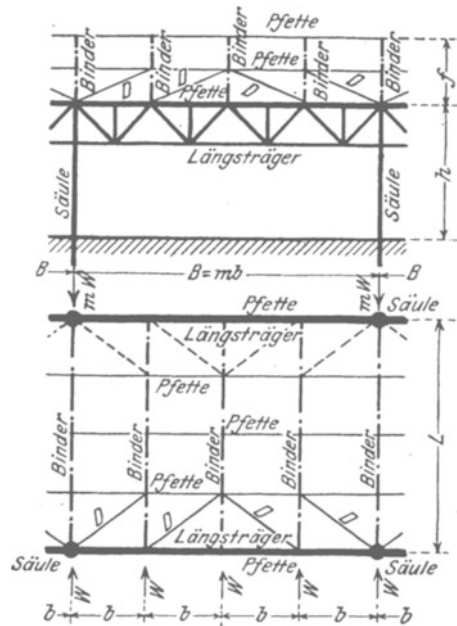


Fig. 359<sup>e</sup>.

träger genannt, auf die benachbarten Säulen übertragen; die Übertragung der wagerechten Stützdrücke erfordert aber die Einschaltung eines meist in der schrägen Obergurtebene liegenden Windträgers, dessen Gurtungen durch die Pfetten gebildet werden und dessen Diagonalen  $D$  (Fig. 359<sup>a u. e</sup>) teilweise auch gleichzeitig Glieder des in

Fig. 359 nicht eingezeichneten Windverbands sein können; dieser Windträger von der Stützweite  $B$  ist nach den unter b) gegebenen Regeln zu berechnen.

a) Einspannung der Säulen nach Fig. 359<sup>b</sup>. Bei der praktisch stets zulässigen Vernachlässigung der Formänderungsarbeit der Binderstäbe müssen die beiden Kopfpunkte  $C$  und  $D$  eine gleich große wagerechte Durchbiegung erleiden, so daß sich aus der Gleichung  $(\mathfrak{B}_1 - X) \frac{h^3}{3EJ} + \mathfrak{B} \frac{h^3}{8EJ} = X \frac{h^3}{3EJ}$ , in der  $\frac{E}{J}$  das für beide Ständer gleich große  $\frac{\text{Elastizitätsmaß}}{\text{Trägheitsmoment}}$  bedeutet, die statisch unbestimmte Größe  $X$  zu

$$58) \quad X = \frac{1}{2} \mathfrak{M}_1 + \frac{5}{16} \mathfrak{M}$$

ergibt; damit berechnet sich das Spannungsmoment auf der Wind  
Leeseite zu

$$59) \quad \frac{\mathfrak{M}_1}{\mathfrak{M}_2} = \frac{(\frac{5}{16} \mathfrak{M} + \frac{1}{2} \mathfrak{M}_1) h}{(\frac{3}{16} \mathfrak{M} + \frac{1}{2} \mathfrak{M}_1) h}$$

Ändert sich die Temperatur in allen Binderstäben um  $t^0$ , so verschiebt sich jeder der Punkte  $C$  und  $D$  wagerecht um  $\frac{1}{2} \varepsilon t L$ ; der Widerstand  $X_t$ , den die Säulen dieser Verschiebung entgegensetzen, berechnet sich unter den gemachten Voraussetzungen aus der Gleichung  $\frac{1}{2} \varepsilon t L = X_t \frac{h^3}{3 E J}$  zu  $X_t = \frac{3}{2} \varepsilon E t J \frac{L}{h^3}$ ; sein Pfeil ist bei einer Temperaturerhöhung nach innen gerichtet; er erzeugt in den Ständern die Spannungsmomente  $\mathfrak{M}_1' = -\mathfrak{M}_2' = -\frac{3}{2} \varepsilon E t J \frac{L}{h^2}$ . Als Grenzen der Wärmeschwankungen ist bei offenen Hallen  $t = \pm 35^0$  C, bei ringsum geschlossenen Gebäuden  $t = \pm 20^0$  C gegen die mittlere Aufstellungstemperatur von  $10^0$  C anzunehmen.

Endlich entsteht noch durch die senkrechte Belastung des Binders wegen seiner beiderseits festen Verbindung mit den Säulen ein auf diese nach außen wirkender Horizontalschub  $X_s$ , der die Spannungsmomente  $\mathfrak{M}_1'' = -\mathfrak{M}_2'' = -X_s h$  erzeugt.

Der Einfluß der nach außen wirkenden Kräfte  $X_t$  und  $X_s$  darf bei geschlossenen Hallen immer dann vernachlässigt werden, wenn beide Ständer gleich stark ausgeführt sind, weil er für den durch den Wind am stärksten beanspruchten Ständer  $AC$  entlastend wirkt; seine belastende Wirkung für den windab gelegenen Ständer  $BD$  wird durch das hier viel kleinere Windmoment  $\mathfrak{M}_2$  ausgeglichen.

Der Binder ist durch die Windkräfte nach Fig. 276 und außerdem durch die beiden Einzellasten  $X' = \frac{3}{16} \mathfrak{M} + X_t + X_s$  belastet<sup>1)</sup>. Der Einfluß dieser Zusatzkräfte  $X'$  auf die Spannkkräfte des Binders darf in der Regel vernachlässigt werden; nur ist in jedem Falle zu beachten, daß sie im Untergurt Druckspannungen erzeugen, die bei leichten Dächern die durch ständige Last und Wind erzeugten Zugkräfte überschreiten

können und dann eine Sicherung der Untergurtnotenpunkte gegen Ausknicken aus der Binderebene heraus erfordern.

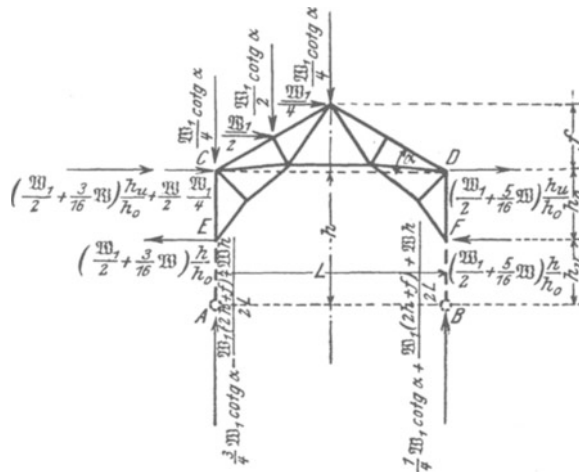


Fig. 359<sup>f</sup>.

$\beta$ ) Gelenkauflagerung der Säulen nach Fig. 359<sup>e u. d</sup>. Die Säulen sind entweder nach Fig. 359<sup>e</sup> über die ganze Höhe  $h$  oder nach Fig. 359<sup>d</sup> nur über einen Teil  $h_0$  der Gesamthöhe fachwerkförmig gegliedert. Für die vorläufige Berechnung der zur Ermittlung des statisch unbestimmten wagerechten Gegendrucks  $X$  des Auflagers  $B$  erforderlichen Quer-

schnittsabmessungen kann man in beiden Fällen angenähert  $X = \frac{1}{2} \mathfrak{M}_1 + \frac{5}{16} \mathfrak{M}$  einführen,  $X_t$  und  $X_s$  aber vernachlässigen. Für die Anordnung nach Fig. 359<sup>e</sup> ergeben sich dann die Spannkkräfte unmittelbar durch Zeichnen eines Kräfteplans,

<sup>1)</sup> Bei positivem  $X_t$  ist bei der Berechnung von  $X_s$  die Schneelast nicht zu berücksichtigen, da eine Temperaturerhöhung über  $10^0$  und Schneefall nicht gleichzeitig auftreten.

nachdem man vorher  $\mathfrak{B}$  auf die Knotenpunkte des Ständers  $AC$ ,  $\mathfrak{B}_1$  auf die der windseits gelegenen Dachfläche verteilt hat. Bei der Anordnung nach Fig. 359<sup>d</sup> hat man zunächst den Ständer  $AC$  als einen in  $E$  und  $C$  gestützten, gleichmäßig mit  $\mathfrak{B}$  und im Endpunkt  $A$  mit  $\frac{1}{2}\mathfrak{B}_1 + \frac{11}{16}\mathfrak{B}$  belasteten Kragträger zu betrachten, dessen Stützdrücke mit umgekehrtem Pfeil als Knotenlasten in  $E$  und  $C$  auf den fachwerkförmigen Teil (Fig. 359<sup>f</sup>) wirken; dasselbe gilt von den Stützdrücken des in  $F$  und  $D$  gelagerten, im Endpunkt  $B$  mit  $\frac{1}{2}\mathfrak{B}_1 + \frac{5}{16}\mathfrak{B}$  belasteten Kragträgers  $BD$ . Fügt man noch die durch den Wind erzeugten senkrechten Binder-

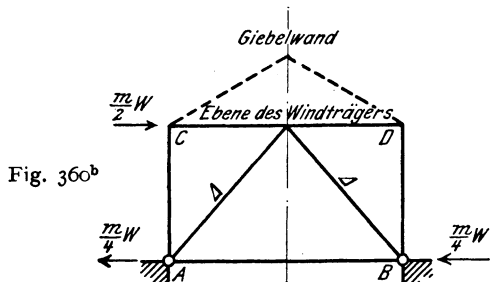


Fig. 360<sup>b</sup>

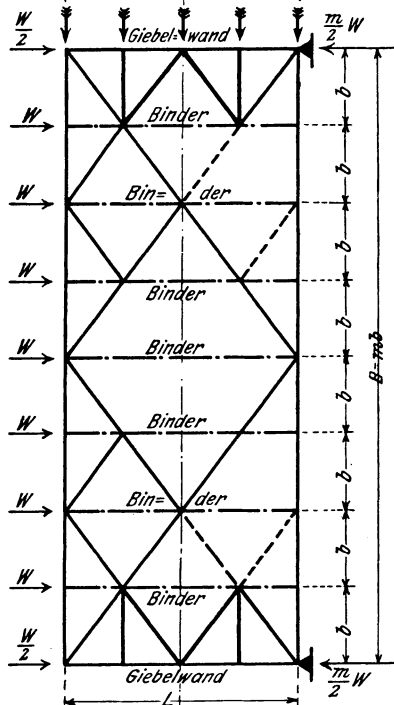


Fig. 360<sup>c</sup>

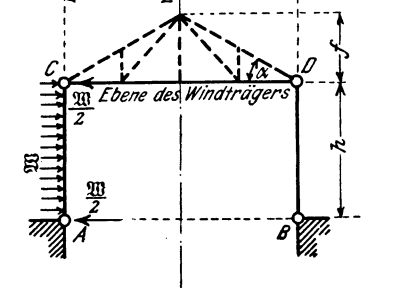


Fig. 360<sup>e</sup>

die in den Stäben  $AC$  und  $BD$  wirksamen Biegemomente zu berücksichtigen.

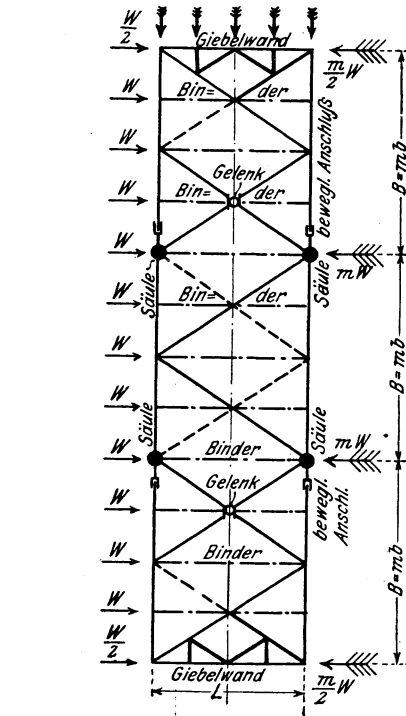


Fig. 361.

lasten hinzu, die sich nach Fig. 276 aus der Gesamtlast  $\mathfrak{B}_1 \cotg \alpha$  berechnen, so erhält man die in Fig. 359<sup>f</sup> angegebene Gesamtbelastung des fachwerkförmigen Teils, aus der sich die Spannkkräfte zeichnerisch oder rechnerisch ermitteln lassen. Bei der Querschnittsbestimmung hat man

**b) Anordnung eines Windträgers.** Der Windträger bildet einen in der Binderuntergurtenebene liegenden Parallelträger von der Spannweite  $B = mb$ , der in den Giebelwänden aufgelagert und in seinen Knotenpunkten, d. s. die Binderauflagerpunkte mit den Windkräften  $W = \frac{1}{2}wbh + wbf \sin^2 \alpha = wb(\frac{1}{2}h + f \sin^2 \alpha)$  belastet ist (Fig. 360<sup>a</sup>). Der auf eine Giebelwand entfallende Stützdruck  $N = \frac{1}{2} \Sigma W = \frac{m}{2} W$  (Fig. 360<sup>b</sup>) wird durch die als Fachwerkträger auf 2 Stützen ausgebildete Wand in die Fundamente übertragen; ist die Anordnung durchlaufender Streben (A Fig. 360<sup>b</sup>) wegen der erforderlichen Durchfahröffnungen nicht möglich, so wird die Giebelwand nach Fig. 359<sup>c</sup> oder <sup>d</sup> ausgebildet (vgl. Fig. 365<sup>b</sup>). Die Pfosten der Längswand sind meist unter jedem Binderauflagerpunkt angeordnet und gegenüber dem Winddruck als Träger auf 2 Stützen (A und C Fig. 360<sup>c</sup>) für das größte Windmoment  $M_w = \frac{1}{8}wbh^2$ , gegenüber den senkrechten Lasten aber als Säulen zu berechnen.

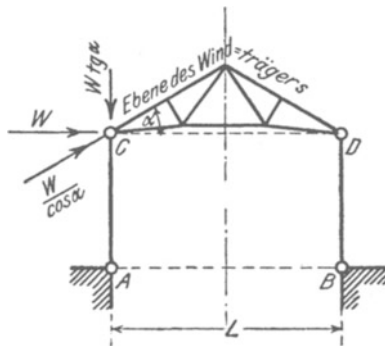


Fig. 362.

Bei großer Gebäudelänge werden außer den Giebelwänden noch ein oder mehrere, nach Fig. 359<sup>b, c</sup> oder <sup>d</sup> ausgebildete Ständerpaare als Stützpunkte für den Windträger benutzt, um zu große Querschnittsabmessungen zu vermeiden (Fig. 361). Um dann gleichzeitig der freien Längsbeweglichkeit der Konstruktion bei Wärmeschwankungen Rechnung zu tragen, wird der Windträger mit in der Längsrichtung des Gebäudes beweglichen Gelenken versehen, die dann auch den längsverschieblichen Anschluß der Gurtungen in dem betreffenden Feld bedingen; die Ausbildung eines solchen Gelenks erfolgt grundsätzlich entsprechend Fig. 100 (vgl. auch Fig. 504).

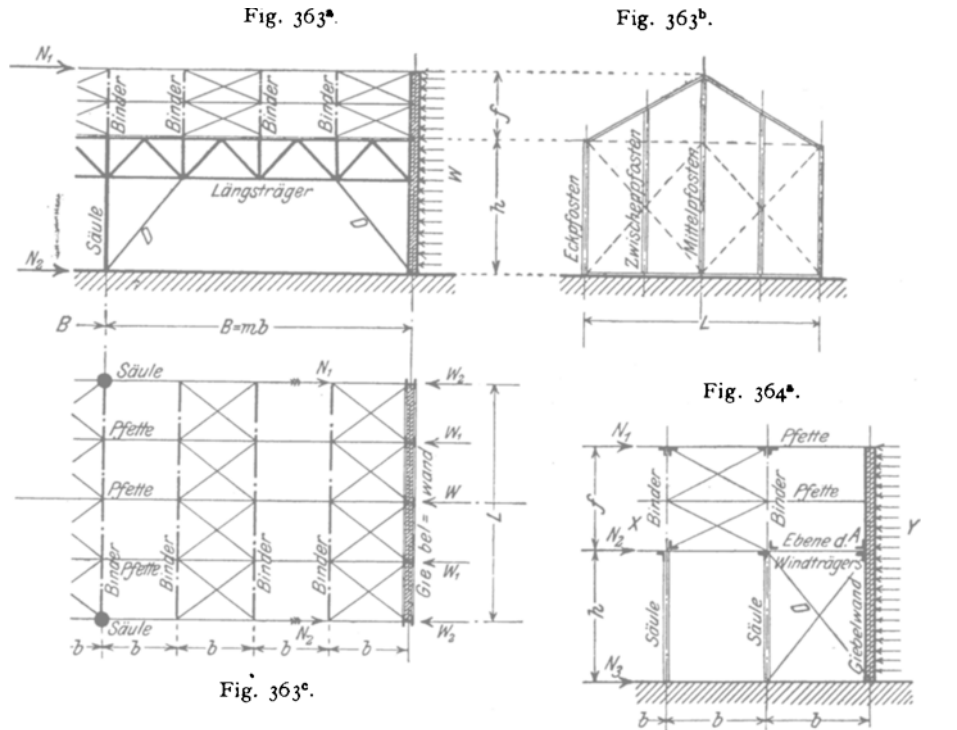
Liegt der Windträger in der schrägen Obergurtenebene, so hat man die wagerechten Knotenlasten  $W$  in die den Windträger belastenden Seitenkräfte  $\frac{W}{\cos \alpha}$  und in die von den Ständern aufzunehmenden Seitenkräfte  $W \operatorname{tg} \alpha$  zu zerlegen (Fig. 362).

## 2. Der Winddruck auf die Giebelwand

wird von den Pfosten (Fig. 363<sup>b</sup>) aufgenommen und teils in die untere Schwelle und durch diese in das Fundament, teils auf den der Wand am nächsten liegenden Windverband der Dachkonstruktion (Fig. 363<sup>c</sup>), durch diesen auf die Säulenköpfe und von dort endlich durch die in den Längswänden angeordneten Streben (D Fig. 363<sup>a</sup>) in die Fundamente übertragen. Die Pfosten der Giebelwand bilden hierbei Träger auf 2 Stützen, deren Spannweite für den am ungünstigsten beanspruchten mittleren Pfosten  $h + f$  beträgt; ist  $\mathfrak{B}$  der gesamte auf diesen Pfosten treffende Winddruck, den man unter Vernachlässigung der am oberen Ende dreieckförmig abnehmenden Belastungsbreite als gleichförmig verteilt einführen darf, so berechnet sich sein Windmoment zu  $M_w = \frac{1}{8} \mathfrak{B} (h + f)$ .

Dieses Moment erfordert bei großen Gebäudehöhen  $h$  beträchtliche Pfostenquerschnitte; es ist dann zweckmäßig, in der Ebene des Binderuntergurts einen besonderen Windträger anzuordnen (Fig. 364, vgl. auch Fig. 360 und 361), der die Spannweite der Pfosten auf das Maß  $h$  verkleinert und die auf ihn von den Pfosten übertragenen wagerechten Stützdrücke als Parallel-

träger (Fig. 364<sup>b</sup>) auf die Längswände und durch die in diesen angeordneten Streben (*D* Fig. 363<sup>a</sup>) in die Fundamente überträgt.



Um bei besonders großem  $h$  eine günstigere Unterteilung der ganzen Pfostenlänge  $h + f$  zu erzielen, wird der Windträger nach Fig. 365 unterhalb des Binderuntergurts angeordnet. Seine innere Gurtung (*A* Fig. 365<sup>a</sup>) wird dann zur Vermeidung der Durchbiegung durch das eigene Gewicht entweder an den Binderknotenpunkten oder durch besondere Streben (*Z* Fig. 365<sup>a</sup>) an der Giebelwand selbst aufgehängt. Statt des einen können im Bedarfsfalle auch mehrere Windträger in passenden Höhenentfernungen übereinander angeordnet werden.

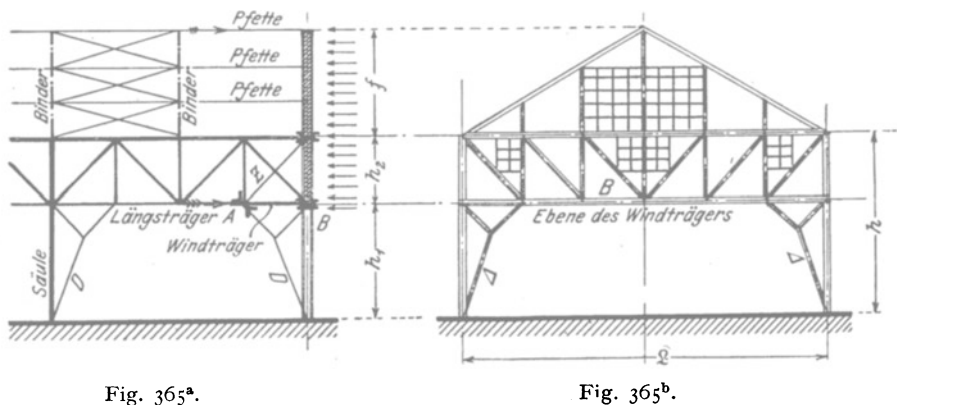


Fig. 365<sup>a</sup>.

Fig. 365<sup>b</sup>.

Fig. 364<sup>b</sup>. Schnitt  $x-y$ .

Bei unten offenen Hallen (Fig. 365<sup>b</sup>) muß das Gewicht der Giebelwand durch einen besonderen Parallelträger aufgenommen werden, dessen untere Gurtung  $B$  dann gleichzeitig den Obergurt des Windträgers bilden kann. Ist mit einer späteren Erweiterung des Gebäudes zu rechnen, so wird statt dessen in der Ebene der Giebelwand ein Binder angeordnet, der dann das Eigengewicht der Wand aufzunehmen hat.

## Neuntes Kapitel.

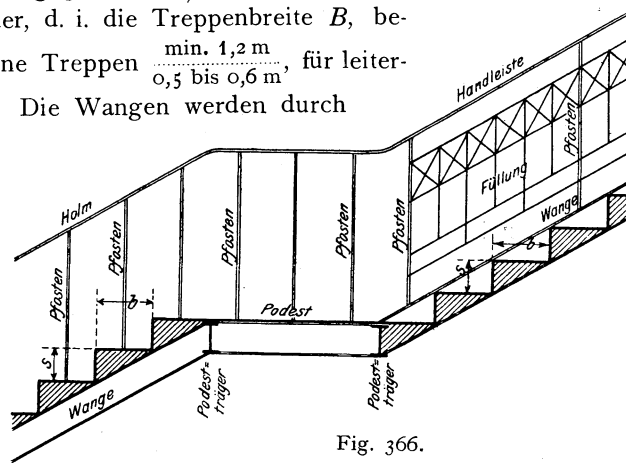
### Treppen.

Die einzelnen Teile einer eisernen Treppe (Fig. 366) sind:

1. Die Stufen, entweder volle Blockstufen oder in die senkrechten Setz- und die wagerechten Trittstufen aufgelöst. Die Breite  $b$  des Auftritts ist mit der Steigung  $s$  durch die Gleichung  $2s + b = 63$  cm verbunden; hierin ist für  $\begin{matrix} \text{viel} \\ \text{wenig} \end{matrix}$  begangene Treppen  $s = \begin{matrix} 16 \text{ bis } 18 \text{ cm} \\ \leq 24 \text{ cm} \end{matrix}$ , für leiterförmige Treppen  $s \leq 30$  cm. Zur Unterstützung der Stufen dienen

2. die Wangen, die entweder ganz unterhalb der Stufen liegen (aufgesattelte Treppe, Fig. 366 links) oder aber in gleicher Höhe mit den Stufen (eingeschobene Treppe, Fig. 366 rechts). Die Entfernung der Wangen voneinander, d. i. die Treppenbreite  $B$ , beträgt für  $\begin{matrix} \text{viel} \\ \text{wenig} \end{matrix}$  begangene Treppen  $\begin{matrix} \text{min. } 1,2 \text{ m} \\ 0,5 \text{ bis } 0,6 \text{ m} \end{matrix}$ , für leiterförmige 0,25 bis 0,4 m. Die Wangen werden durch

3. die Podestträger unterstützt, die die Podeste begrenzen, das sind Ruheplätze; deren Länge gleich einem Vielfachen der Schrittweite von 0,6 m gemacht wird und zwischen denen bei häufig begangenen Treppen mindestens 3, höchstens 15 Stufen liegen,



den, die zusammen einen Treppenlauf bilden. Je nach der Form der Treppenläufe teilt man die Treppen in gerade, gewundene und Wendeltreppen (Fig. 378). An der freien Seite eines jeden Treppenlaufs und Podests befindet sich ein

4. Geländer, das aus der Handleiste (oder Holm) und den diese tragenden Pfeosten besteht; diese sind entweder eng (Fig. 366 links) oder aber weit (Fig. 366 rechts) gestellt und erfordern dann zum Schutz gegen Durchfallen eine aus Zwischenpfeosten und Riegeln einfach oder verziert ausgeführte Geländerfüllung.

## A. Berechnung der Treppen.

Der Berechnung sind folgende Belastungen zugrunde zu legen:

- lotrecht:** a) die in jedem Fall besonders zu ermittelnde ständige Last;  
 b) die Nutzlast, die für  $\frac{\text{viel}}{\text{wenig}}$  begangene Treppen  $\frac{500}{250}$  kg/qm beträgt; für leiterförmige Treppen genügt die Berücksichtigung einer Einzellast von  $\frac{400}{200}$  kg für die  $\frac{\text{Wangen}}{\text{Stufen}}$ ;  
 c) bei im Freien liegenden Treppen die Schneelast von 75 kg/qm Grundriß;  
**wagerecht:** a) eine am Holm angreifende gleichförmig verteilte Geländerlast, die bei  $\frac{\text{viel}}{\text{wenig}}$  begangenen Treppen zu  $\frac{100 \text{ bis } 120}{60 \text{ bis } 80}$  kg/m Grundrißlänge einzuführen ist;  
 b) bei im Freien liegenden Treppen der Winddruck.

**1. Die Trittstufe** bildet einen Träger auf 2 Stützen, dessen Spannweite bei  $\frac{\text{fehlenden}}{\text{vorhandenen}}$  Setzstufen gleich der  $\frac{\text{Treppenbreite } B}{\text{Trittbreite } b}$  ist.

**2. Die Setzstufe** bildet einen Träger auf 2 Stützen, dessen Spannweite gleich der Treppenbreite  $B$  ist.

**3. Die Wange** bildet einen schrägliegenden Träger auf 2 Stützen nach Fig. 33<sup>b</sup>, dessen wagerecht gemessene Spannweite  $L$  gleich der Entfernung der sie tragenden Podestträger ist.

Die Wangen werden in der Regel an beiden Endpunkten fest an die Podestträger angeschlossen (Fig. 367); jede Wange ist dann äußerlich einfach statisch unbestimmt; denn bei  $s = 1$  Stab ( $AB$ ),  $n = 2$  Knotenpunkten ( $A$  und  $B$ ) ist die Bedingung  $z = 1 = 2n - 3$  für die innere Unverschieblichkeit vorhanden, so daß zur vollständigen Stützung 3 Stützdrücke genügen, während 4 vorhanden sind; eine Treppenanlage mit  $r$  Wangen ist daher insgesamt  $r$ fach statisch unbestimmt.

Führt man für die Wange  $AB$  (Fig. 367) den Horizontalschub  $H_I$  als statisch unbestimmte Größe ein, so ergeben sich die Stützdrücke zu  $\frac{N_I'}{N_I''} = 0,5 Q_I \pm H_I \operatorname{tg} \alpha$  und man erkennt leicht, daß die nur lotrecht belastete Wange ohne Rücksicht auf  $H_I$  nach Fig. 33<sup>b</sup> berechnet werden darf.

**4. Der Podestträger** ist belastet:

lotrecht (Fig. 367<sup>b</sup>) mit der gleichförmig verteilten Podestlast  $\Omega$  und den Stützdrücken  $N_I''$  bzw.  $N_{II}'$  der ab- bzw. aufsteigenden Wange;  
 wagerecht (Fig. 367<sup>c</sup>) mit den Horizontalschüben  $H_I$  bzw.  $H_{II}$  der ab- bzw. aufsteigenden Wange.

Um zu einem für die praktische Anwendung hinreichend genauen Annäherungswert für den Horizontalschub  $H_I$  der Wange  $AB$  (Fig. 367) zu gelangen, setzen wir alle Treppenläufe und Podeste voll belastet voraus; soweit diese nicht an den betrachteten Podestträger  $B$  (Fig. 367) anschließen, nehmen ihre Einflüsse nach oben und unten rasch ab und gleichen sich wegen ihres wechselnden Vorzeichens zum größten Teil aus. Dann wird  $Q_I = Q_{II} = Q$ ,  $N_I'' + N_{II}' = Q$  und  $H_I = H_{II} = H$ . Ferner ersetzen wir die genauen Belastungszustände Fig. 367<sup>b</sup> bzw. 367<sup>c</sup> durch die in Fig. 367<sup>b1</sup> bzw. 367<sup>c1</sup> dargestellten und setzen endlich den Podestträger  $B$  (Fig. 367<sup>d</sup>) in wagerechter Richtung als über die ganze Spannweite  $\Omega$  freitragend voraus. Er erleidet denn in der Mitte

die lotrechte Durchbiegung (Fig. 367<sup>b1</sup>)  $\delta_y = \frac{\Omega^3}{48 E J_x} (Q + \frac{5}{8} \Omega)$  und die wagerechte Durch-

biegung (Fig. 367<sup>c1</sup>)  $\delta_x = \frac{H \Omega^3}{24 E J_y}$ ; zerlegt man beide parallel und senkrecht zur Wange,

so ergibt sich die in die Richtung der Wange fallende Durchbiegung (Fig. 367<sup>d</sup>) zu  $\delta_y \sin \alpha - \delta_x \cos \alpha$  und diese muß eine Funktion der durch die Längskräfte erzeugten

Verkürzung der Wangen sein. Da man aber die Wirkung der Längskräfte gegenüber der der Biegemomente vernachlässigen kann, so ergibt sich die Gleichung  $\delta_y \sin \alpha - \delta_x \cos \alpha = 0$  und aus ihr bei Einsetzung der gefundenen Werte der Horizontalschub

$$60) \quad H = \frac{1}{2} \frac{J_y}{J_x} (Q + \frac{5}{8} \Delta) \operatorname{tg} \alpha.$$

Da sich nach Fig. 367<sup>b1</sup> und 367<sup>c1</sup> die Momente zu  $M_y = \frac{\mathcal{Q}}{4} (Q + \frac{1}{2} \Delta)$  und  $M_x = \frac{H \mathcal{L}}{2} = \frac{\mathcal{L} \operatorname{tg} \alpha}{4} \frac{J_y}{J_x} (Q + \frac{5}{8} \Delta)$ , nach Fig. 367<sup>d</sup> aber die Widerstandsmomente zu

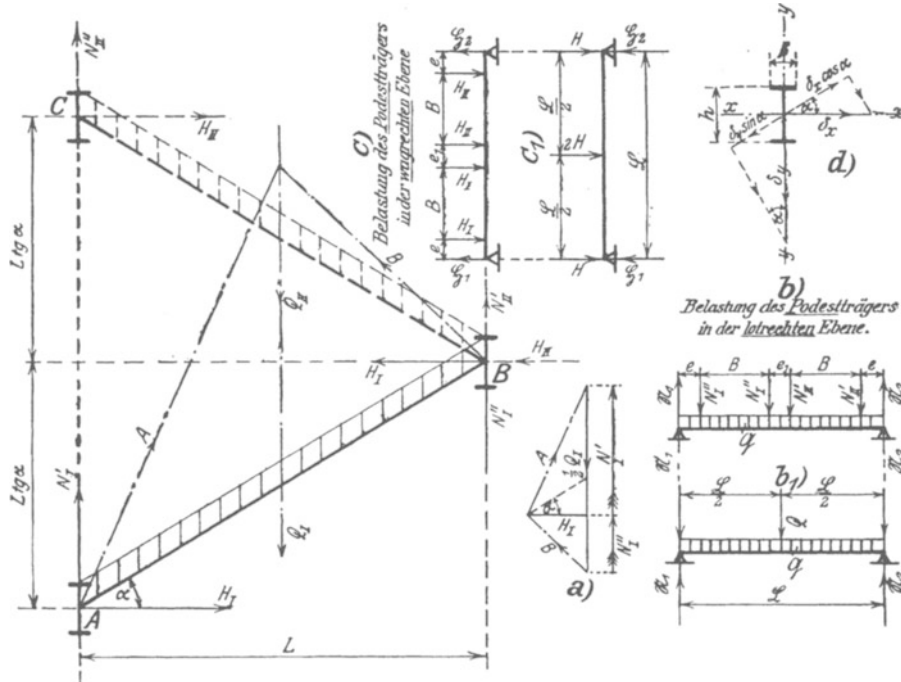


Fig. 367.

$W_x = \frac{2 J_x}{h}$  und  $W_y = \frac{2 J_y}{\beta}$  <sup>1)</sup> ergeben, so berechnet sich die größte Spannung im Podestträger zu

$$61) \quad \sigma_{max} = \frac{\mathcal{L}}{4 W_x} \left\{ Q \left( 1 + \frac{\beta}{h} \operatorname{tg} \alpha \right) + \frac{1}{2} \Delta \left( 1 + \frac{5}{4} \frac{\beta}{h} \operatorname{tg} \alpha \right) \right\}.$$

Ist z. B. für den aus **H** NP. 22 mit  $\beta = 98 \text{ mm}$  und  $W_x = 278 \text{ cm}^3$  gebildeten Podestträger die Wangenlast  $\frac{Q}{\Delta} = \frac{2500}{2200} \text{ kg}$ ,  $\mathcal{L} = 2,8 \text{ m}$ ,  $\operatorname{tg} \alpha = 0,6$ , so wird  $\sigma_{max} = \frac{280}{4 \cdot 278} (2500 \cdot 1,27 + 2200 \cdot 0,67) = 1170 \text{ kg/qcm}$ . Bei Vernachlässigung des Horizontalschubs fallen in Gl. 61 die Glieder mit dem Beiwert  $\operatorname{tg} \alpha$  fort, und es würde für **H** NP. 20

mit  $W_x = 214 \text{ cm}^3$  die größte Beanspruchung  $\sigma'_{max} = \frac{280}{4 \cdot 214} (2500 + 1100) = 1180 \text{ kg/qcm}$ .

Diese Vernachlässigung ist immer dann gestattet, wenn die ein und dasselbe Podest unterstützenden Podestträger durch ein durchlaufendes Riffelblech oder eine ununterbrochene Beton- bzw. Eisenbetonplatte derart miteinander verbunden sind, daß ihr wagerechter Biegungswiderstand den Horizontalschub auf die Längsmauern zu übertragen vermag.

<sup>1)</sup> Ist der Querschnitt des Podestträgers zur  $y$ -Achse unsymmetrisch, so ist  $\beta$  gleich dem doppelten Abstand des am weitesten von der  $y$ -Achse entfernten Querschnittspunktes; so wäre z. B. für **L** NP. 22 der Wert  $\beta = 2(8,0 - 2,1) = 11,8 \text{ cm}$  einzuführen.



5. Die **Handleiste** bildet einen gleichförmig mit der Geländerlast (60 bis 120 kg/m) belasteten Träger auf 2 Stützen, dessen Spannweite gleich der Entfernung der sie tragenden Pfosten ist.

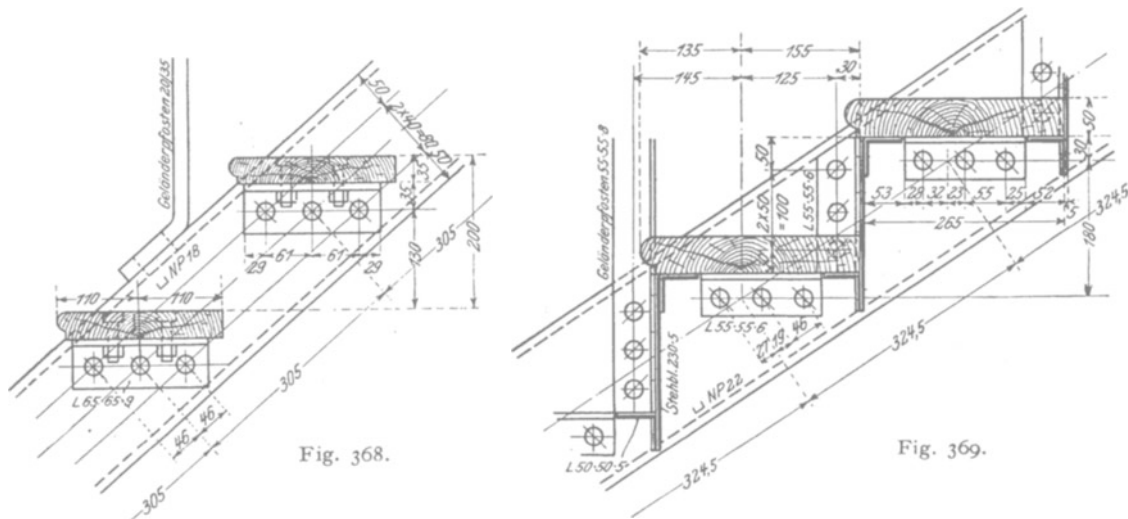
6. Die **Pfosten** bilden am Fußpunkt eingespannte Balken, an deren freiem Ende die Stützdrücke der anschließenden Holmfelder als Einzellasten wirken; ihr Anschluß an die Wangen bzw. Podestträger ist nach Gl. 8 und 9 zu berechnen.

## B. Konstruktion der Treppen.

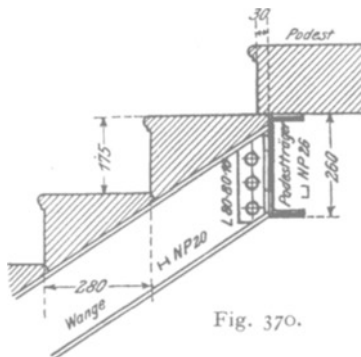
Man unterscheidet gemischt eiserne Treppen, bei denen das Eisen hauptsächlich nur für die tragenden Wangen und Podestträger verwendet wird, und rein eiserne, in allen Teilen aus Eisen hergestellte Treppen.

### 1. Gemischt eiserne Treppen.

Die Wangen sind aus  $\square$ ,  $\text{H}$ , Blech- oder Fachwerkträgern, bei untergeordneten Treppen mit geringer Breite und Nutzlast auch wohl aus Flach-eisen hergestellt; die Stufen werden gebildet aus:



a) **Holz.** Bei Nutztreppen von mäßiger Breite fehlen die Setzstufen oft ganz (Fig. 368); sonst werden sie ebenfalls aus Holz oder aber aus glattem bzw. durchbrochenem Eisenblech von 3 bis 8 mm Stärke hergestellt (Fig. 369).



b) **Stein.** Es werden entweder Blockstufen aus Werk- oder Kunststein verwendet (Fig. 370), die sich von Wange zu Wange freitragen, oder aber es wird zwischen den Wangen bzw. den Podesten eine ebene oder gewölbte Füllung aus Ziegelsteinen, Beton oder Eisenbeton (vgl. 7. Kap.) gespannt, auf denen die aus Werk-, Kunst-, Ziegelstein oder Beton hergestellten, oben mit einem Holz- oder Estrichbelag versehenen Stufen aufrufen.

### 2. Rein eiserne Treppen.

Neben flußeisernen Wangen aus I, H, U, Blech- oder Fachwerkträgern kommen bei Ziertreppen auch gußeiserne Wangen zur Verwendung. Die Stufen werden gebildet aus:

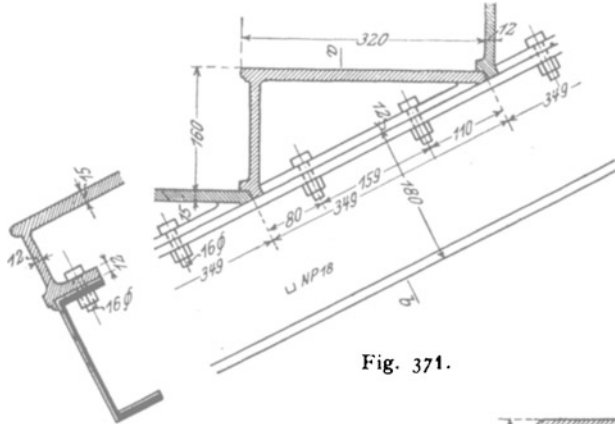


Fig. 371.

**a) Gußeisen.** Tritt- und Setzstufe werden entweder in einem Stück gegossen und gegenseitig durch Rippen ausgesteift, wie es Fig. 371 für eine

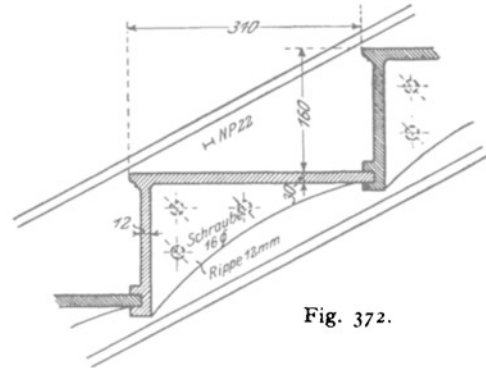


Fig. 372.

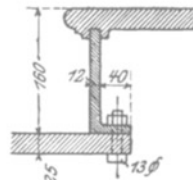


Fig. 373.

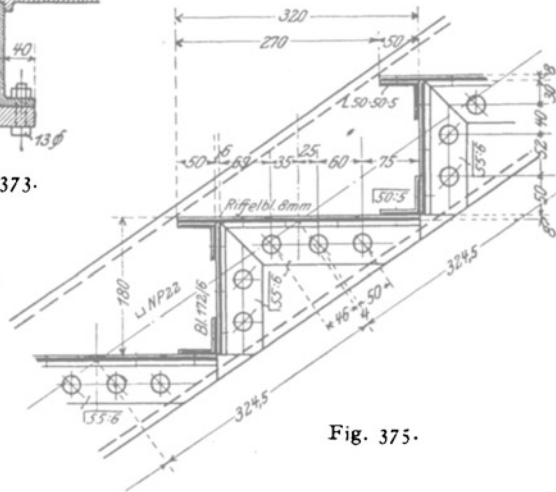


Fig. 375.

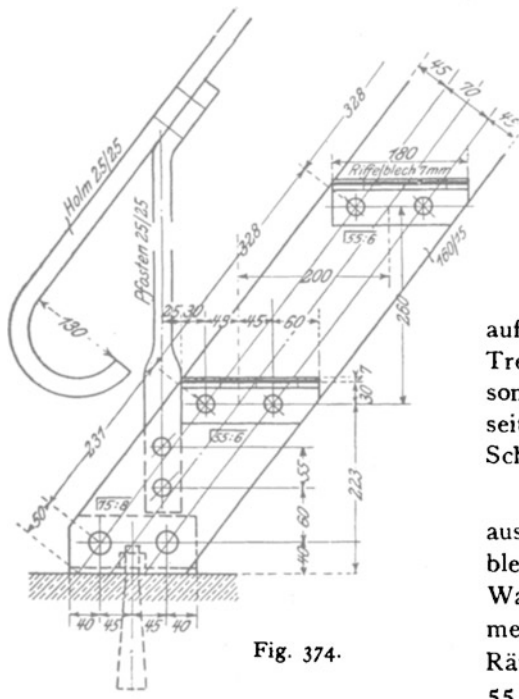


Fig. 374.

aufgesattelte, Fig. 372 für eine eingeschobene Treppe zeigt, oder aber jede für sich gesondert (Fig. 373), wobei dann ihre gegenseitige Verbindung durch Nut und Feder bzw. Schrauben erfolgt.

**b) Flußeisen.** Die Trittstufen werden aus 6 bis 8 mm (ohne Riffeln) starkem Riffelblech gebildet, das mit Winkeleisen an die Wangen angeschlossen (Fig. 374) und bei mehr als etwa 0,6 m Treppenbreite an den Rändern durch Winkeleisen 45 · 45 · 5 bis 55 · 55 · 8 gesäumt wird. Die Setzstufen fehlen

bei wenig begangenen Nutstufen oft ganz (Fig. 374); sonst werden sie aus glattem oder durchbrochenem Blech von 4 bis 6 mm Stärke gebildet und an die Trittstufen und Wangen mit Winkeleisen angeschlossen (Fig. 375); bei schwer belasteten, breiten Nutstufen ist ihre Ausbildung aus  $\square$ - oder Z-Eisen (Fig. 376) zur Verminderung der Nietarbeit zweckmäßig.

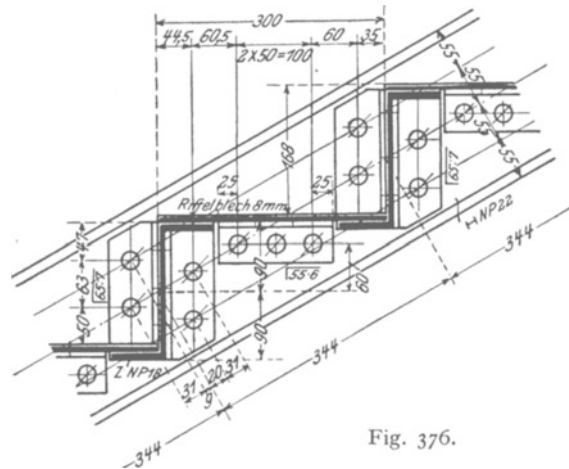


Fig. 376.

Eine besondere Art eiserner Treppen mit fachwerkförmig gegliederten Wangen bilden die Joly-Treppen des Eisenwerks Joly-Wittenberg (Fig. 377). Die Gurtungen  $a$  und  $b$  der Wangen und Podestträger werden ebenso wie die Diagonalen  $d$  aus Flach-eisen geschmiedet; die Vertikalen bestehen aus unten mit Gewinde versehenen Bolzen  $e$ , über die zur Sicherung des senkrechten Abstandes aller Teile einfach oder verziert aus

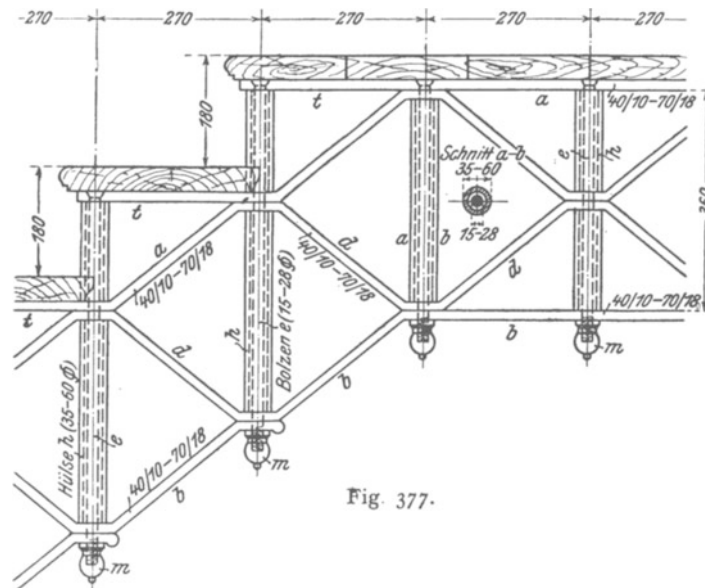


Fig. 377.

Gußeisen hergestellte Hülsen  $h$  geschoben sind; das untere Gewinde nimmt die einfach oder verziert ausgeführte Mutter  $m$  auf, durch die alle Teile fest zusammengezogen werden. Die aus Holz, Kunststein oder Riffelblech gebildeten Trittstufen ruhen auf den wagerechten Verlängerungen  $t$  des Obergurts. Die Setzstufen fehlen bei reinen Nutstufen wie in Fig. 377 ganz; sonst werden sie aus glattem oder durchbrochenem Blech oder aus Kunstguß hergestellt und in Nuten der Hülsen befestigt.

### 3. Die Wendeltreppen

(Fig. 378) werden mit 0,6 bis 2,5 m  $\phi$  in Guß- oder Flußeisen hergestellt. Sie bestehen aus der Spindel  $\phi$  (Fig. 378 und 379), die entweder durchlaufend aus Rundeisen von 30 bis 60 mm  $\phi$  oder einem Gasrohr gebildet und am Fuß mit oder ohne Einschaltung eines gußeisernen Auflagerschuhs fest in Mauerwerk oder Beton gelagert ist, oder aber bei gußeisernen Treppen auch aus einzelnen Teilen von der Höhe der Setzstufen zusammengesetzt wird. Über die Spindel sind die nach einem Kreisabschnitt geformten Trittstufen (Fig. 379<sup>a</sup>) geschoben, die im Kreismittelpunkt mit einer dem Spindeldurchmesser entsprechenden Bohrung  $\phi$  versehen sind, während die am Umfang angebrachten beiden Bohrungen  $g$  zum Durchstecken der Geländerstäbe dienen. Der lotrechte Abstand der Trittstufen wird durch die gerade ausgebildeten Setzstufen (Fig. 379<sup>b</sup>) gewahrt, die ebenfalls mit den Bohrungen  $\phi$  und  $g$  versehen sind; die Bohrung  $g$  erstreckt sich indessen nur über einen Teil der Stufenhöhe, damit das (bei flußeisernen Treppen oft ganz fehlende) Wangenstück (Fig. 379<sup>c</sup>), das im Grundriß nach dem Kreisbogen geformt und an den beiden

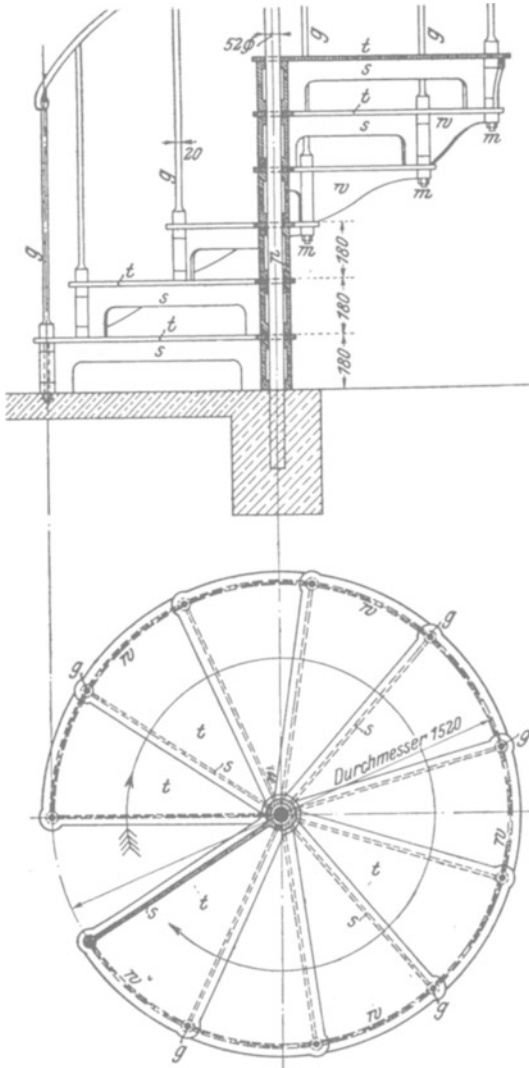
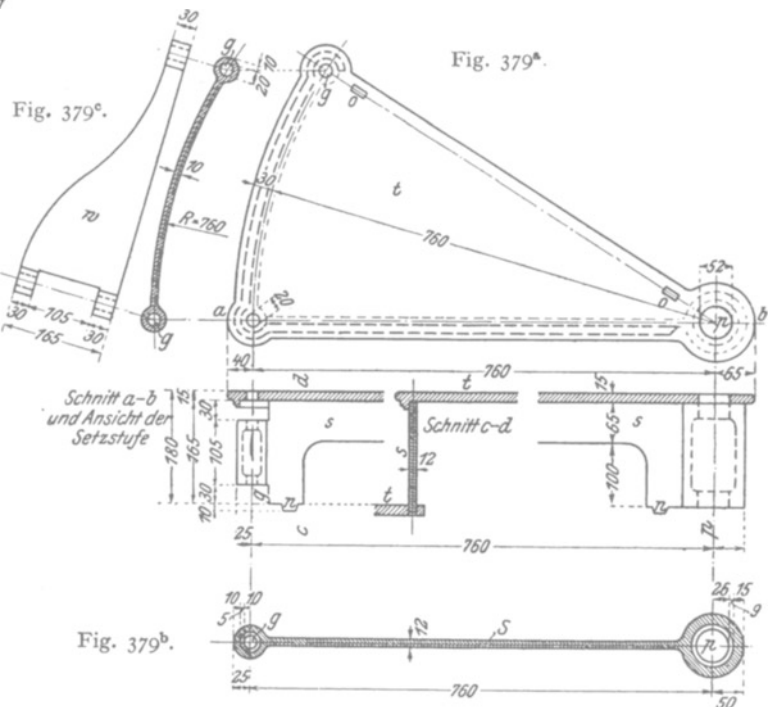


Fig. 378.

Enden mit den Bohrungen  $g$  versehen ist, die Setzstufe umfassen kann. Die Geländerpfosten werden durch die in Tritt-, Setzstufe und Wangenstück aufeinanderfallenden Bohrungen  $g$  (Fig. 378) gesteckt und unten mit Gewinde versehen, so daß durch Anziehen der Muttern  $m$  alle Teile fest zusammengepreßt werden können.

Fig. 379<sup>b</sup>.

## Dritter Abschnitt.

# Der Brückenbau.

### Zehntes Kapitel.

#### Zweck, Einteilung und allgemeine Anordnung.

1. Die eisernen Brücken dienen dazu, bei der Kreuzung zweier, in einer Geraden oder in einer Kurve liegenden Verkehrswege den einen über den anderen wegzuführen. Je nachdem der durch die Brücke überführte Verkehrsweg eine Eisenbahn, eine Straße oder ein Wasserlauf ist, unterscheidet man Eisenbahn-, Straßen- und Kanalbrücken.

Ist der Kreuzungswinkel beider Verkehrswege ein rechter, so heißt die Brücke eine gerade, im Gegenfall eine schiefe.

Gestattet die Brücke den Übergangsverkehr jederzeit, so ist sie eine feste; muß dagegen der Verkehr mit Rücksicht auf den unter der Brücke liegenden Verkehrsweg zeitweilig unterbrochen werden, so ordnet man eine bewegliche Brücke an (Roll-, Zug-, Hub-, Klapp- und Drehbrücken).

2. Die einzelnen Teile einer eisernen Brücke (Fig. 380) sind:

a) **Die Fahrbahndecke** (Straßen- bzw. Eisenbahnoberbau), deren Gesamtbreite in die eigentliche Fahrbahn und die Fußwege zerfällt; erstere fällt bei den nur dem Personenverkehr dienenden Fußgängerbrücken, letztere oft bei Eisenbahnbrücken und bei Straßenbrücken mit geringem Fuhrwerkverkehr (Landstraßenbrücken) ganz fort. Die Fahrbahndecke ist an beiden Seiten durch ein Geländer abgeschlossen.

Je nach der Lage der Fahrbahn unterscheidet man Brücken mit unten (nahe der Untergurtebene Fig. 380<sup>b</sup>) und solche mit oben (über oder nahe der Obergurtebene Fig. 380<sup>c</sup>) liegender Fahrbahn.

Die Höhe von Oberkante Fahrbahndecke (Schienen- bzw. Straßenoberkante in Brückenmitte) bis zur Unterkante der Konstruktion (*C. U.*) heißt die Bau- oder Konstruktionshöhe der Brücke (*c* in Fig. 380<sup>b</sup> u. <sup>c</sup>).

Zur Unterstützung der Fahrbahndecke dient

b) **die Fahrbahntafel**, die aus Holz, Eisen, Beton bzw. Eisenbeton hergestellt und durch

c) **die Längsträger** unterstützt wird, die man Fahrbahn-, Fußweg- oder Randlängsträger nennt, je nachdem sie unterhalb der Fahrbahn oder unterhalb der Fußwege oder an deren Grenzlinien liegen. Sie geben ihre Last an

d) die **Querträger** ab, von denen die die Auflagerpunkte verbindenden die Endquerträger, die übrigen die Zwischenquerträger heißen. Sie schließen sich an

e) die **Hauptträger** an, die endlich die gesamte Brückenlast durch die Auflager auf die Widerlager bzw. Pfeiler übertragen. Je nach der Ausbildung der Hauptträger unterscheidet man vollwandige oder Blechträgerbrücken und Fachwerkbrücken.

Übertragen die Hauptträger bei lotrechter Belastung nur lotrechte Drücke auf ihre Auflagerpunkte, so heißt die Brücke eine Balkenbrücke; treten dagegen bei lotrechter Belastung auch wagerechte Stützdrücke auf, so heißt sie eine Bogenbrücke, wenn der wagerechte Gegendruck der Widerlager nach innen wirkt.

Man unterscheidet Brücken mit zwei und mit mehreren Hauptträgern. Liegt die Fahrbahn unten, so werden stets nur zwei Hauptträger angeordnet, die entweder ganz außerhalb der Fahrbahndecke (Fig. 414) oder aber zwischen Fahrbahn und Fußwegen (Fig. 380<sup>b</sup>) liegen, wobei dann die Fußwege durch besondere in der Verlängerung der Querträger liegende Konsolen unterstützt werden. Liegt die Fahrbahn oben, so können sowohl zwei (Fig. 380<sup>c</sup>) als auch mehrere (Fig. 433 und 483) Hauptträger angeordnet werden; die Fahrbahndecke ruht dann entweder mit ihrer ganzen Breite oder aber meist nur mit der eigentlichen Fahrbahnbreite unmittelbar auf den Hauptträgern, während die Fußwege ganz oder zum Teil durch Konsolen oder durch besondere, leichter ausgebildete Hauptträger (Fig. 425 und 433) unterstützt sind.

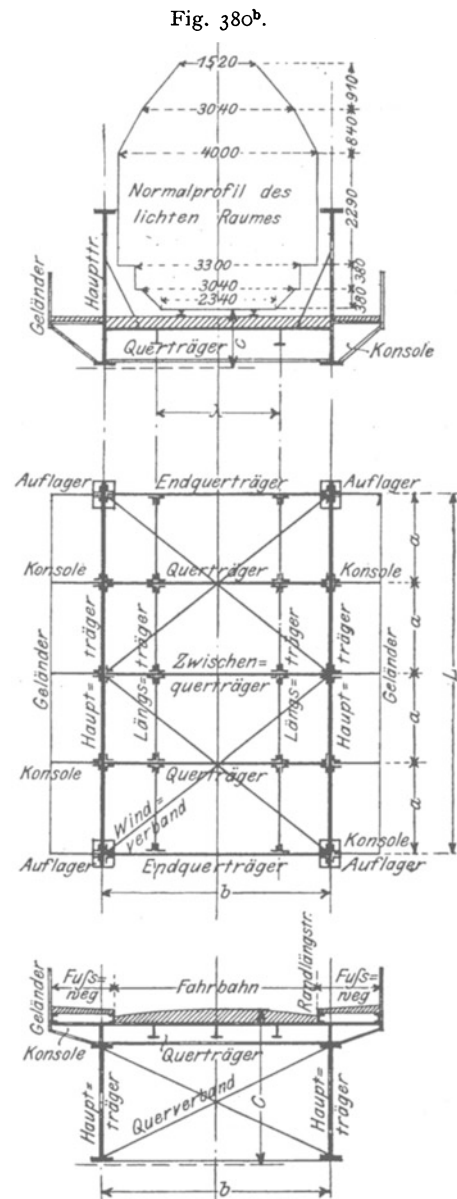


Fig. 380<sup>a</sup>.

Fig. 380<sup>c</sup>.

Zur Verbindung der Hauptträger zu einem in sich unverschieblichen räumlichen Fachwerk dienen.

f) die **Wind- und Querverbände**, deren verschiedene Anordnungen im 3. Kapitel besprochen sind. Sind 2 Windverbände oder aber 1 Wind-

verband und Querverbände in allen Vertikalebene vorhanden (Fig. 67—72), so heißt die Brücke eine geschlossene im Gegensatz zu einer offenen (Fig. 73), bei der 1 Windverband in der Untergurtebene und Querrahmen in allen Vertikalebene angeordnet sind.

## Elftes Kapitel.

### Eisenbahnbrücken.

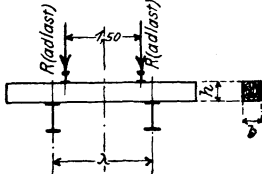
#### A. Berechnung der Eisenbahnbrücken.

Über Belastungen und zulässige Beanspruchungen vgl. Anhang Zahlentafel IV.

#### I. Die Fahrbahntafel.

##### 1. Die Querschwellen

aus Holz bilden Träger auf 2 Stützen von der Freilage  $\lambda$  (Fig. 381), deren geringste Breite mit Rücksicht auf die ordnungsmäßige Schienenbefestigung 22 cm beträgt. Bei einer zulässigen Beanspruchung von 75 kg/qcm ergibt sich für



|             |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| $\lambda =$ | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | m  |
| $b =$       | 22  | 22  | 24  | 24  | 26  | 28  | 28  | cm |
| $h =$       | 16  | 18  | 24  | 26  | 28  | 30  | 32  |    |

Fig. 381.

##### 2. Die Buckelbleche

werden an allen vier Rändern vernietet und erhalten erfahrungsgemäß

|                     |                     |     |     |     |   |
|---------------------|---------------------|-----|-----|-----|---|
| bei einer Länge von | 1,2                 | 1,5 | 1,8 | 2,1 | m |
| eine Stärke unter   | der Fahrbahn<br>von |     |     |     |   |
| den Fußwegen        |                     |     |     |     |   |
|                     | 5                   | 6   | 7   | 7   |   |

Die Stärke der nur an den beiden Langseiten vernieteten Tonnenbleche ist je nach der Freilage um 1 bis 2 mm größer zu wählen.

Tonnen- und Buckelbleche üben an den Auflagern einen nach innen gerichteten Horizontalzug aus, zu dessen Aufnahme die unterstützenden Träger, besonders bei einseitigem Anschluß, in der wagerechten Ebene genügend stark ausgebildet werden müssen.

Die Seitenlänge der Buckelplatten wählt man meist nicht größer als 2,0 m, so daß bei größerer Querträgerentfernung noch Nebenlängs- und -querträger erforderlich werden (Fig. 388 und Aufg. 75).

#### II. Die Längsträger.

Die Längsträger bilden Balken auf 2 Stützen von der Spannweite  $a$  (= Entfernung der Querträger Fig. 380<sup>a</sup>). Sie werden belastet durch:

## 1. Ständige Last,

die sich aus dem Gewicht der Fahrbahndecke, der Fahrbahntafel und des Längsträgers zusammensetzt; vgl. die Angaben der Zahlentafel IV des Anhangs.

## 2. Verkehrslast.

a) **Zwei Längsträger für ein Gleis.** Fallen Gleis- und Brückenachse zusammen (Fig. 381), so entfällt auf jeden Längsträger die halbe Gleislast. Liegt dagegen in der Krümmung die Gleisachse um das Maß  $e$  (Fig. 382) gegen die Brückenachse verschoben, so entfällt unter der Voraussetzung, daß der

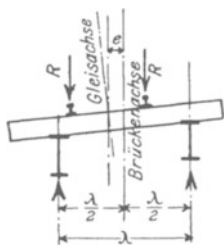


Fig. 382.

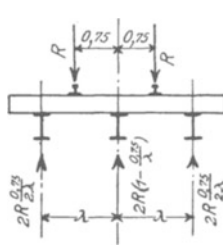


Fig. 383.

Eisenbahnzug auf der Brücke stillsteht, auf den am ungünstigsten belasteten Längsträger das  $\left(0,5 + \frac{e}{\lambda}\right)$  fache der Gleislast; auch in diesem Falle werden aber beide Längsträger mit Rücksicht auf die Wirkung der Fliehkraft gleich stark ausgebildet.

b) **Drei Längsträger für ein Gleis.** Fallen Gleis- und Brückenachse zusammen (Fig. 383); so entfällt auf den inneren Längsträger das  $\left(1 - \frac{0,75}{\lambda}\right)$  fache, auf jeden äußeren das  $\frac{0,75}{2\lambda}$  fache der Gleislast. Liegt die Gleisachse gegen Brückenachse verschoben, so wird die Gleislast wie bei a) nach dem Hebelgesetz auf die 3 Längsträger verteilt.

Sind bei mehrgleisigen Anlagen mehr als 3 Längsträger vorhanden (entsprechend Fig. 433), so wird jeder für die ungünstigste Laststellung berechnet, um in der Anordnung der Gleise ganz unabhängig zu sein.

## 3. Wagerechte Kräfte.

a) **Der Winddruck.** Mit Rücksicht auf die verhältnismäßig geringe Höhe der Längsträger selbst genügt es, nur die Eisenbahnfahrzeuge, d. h. ein Rechteck von 3 m Höhe als vom Wind (150 kg/qm) getroffen einzuführen. Der gesamte auf die Länge  $a$  entfallende Winddruck berechnet sich dann zu  $\mathfrak{W} = 3,0 \cdot a \cdot 150 = 450 a$  und erzeugt das Moment

$$62) \quad \mathfrak{M}_w = \frac{450}{8} a^2,$$

das auf alle an der Windübertragung beteiligten Längsträger zu gleichen Teilen verteilt werden darf,

Bei Fachweiten  $a > 2,5$  m ordnet man bei Querschwellenoberbau zwischen den Obergurten der Längsträger einen wagerechten Verband an, um die durch den Wind erzeugten Biegemomente herabzumindern. Für den in Fig. 384 dargestellten Fall berechnet sich das größte Windmoment für jeden der beiden Längsträger zu

$$\mathfrak{M}_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{450}{8} \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{450}{64} a^2.$$



Die Berechnung des wagerechten Verbandes erfolgt unter Annahme einer in seiner Mitte wirkenden Einzellast  $P=4,0\text{ t}$ , die in der Horizontalen die Spannkraft  $\pm 4,0\text{ t}$ , in der Diagonalen die Spannkraft  $\pm \frac{2,0}{\sin \alpha}\text{ t}$  erzeugt, wenn  $\alpha$  ihr Neigungswinkel gegen die Querträgerachse ist.

Bei Brücken mit Tonnen- oder Buckelblechbelag erübrigt sich die Berücksichtigung der wagerechten Kräfte, da der Belag sie als vollwandiger Verband unmittelbar auf die Querträger überführt.

**b) Die Fliehkraft.** Ist  $M_{max}$  das nach Zahlentafel IV des Anhangs für die Spannweite  $L$  des Hauptträgers berechnete größte Moment durch die Verkehrslast für ein Gleis, so berechnet sich diejenige gleichförmig verteilte Last  $p$ , die in Hauptträgermitte ein gleich großes Moment erzeugen würde, aus der Gleichung  $\frac{1}{8}pL^2 = M_{max}$  zu

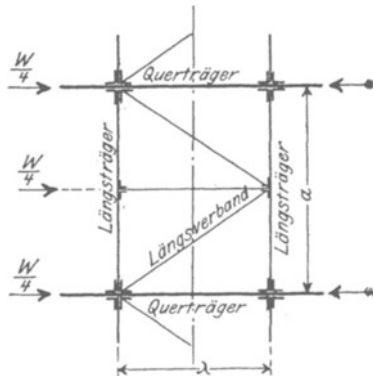


Fig. 384.

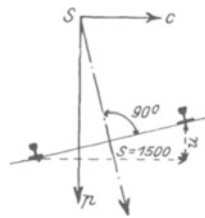


Fig. 385.

$$63) \quad p = \frac{8 M_{max}}{L^2}.$$

Ist nun (Fig. 385)  $u$  die Schienenüberhöhung,  $s=1,5\text{ m}$  die Schienenentfernung, so ergibt sich die durch die Fliehkraft erzeugte wagerechte gleichförmig verteilte Belastung zu

$$64) \quad c = p \frac{u}{s}.$$

**Aufgabe 71.** Wie groß ist die Fliehkraft bei der in Fig. 386 in Aufsicht, Grundriß und Querschnitt dargestellten Fachwerkbrücke von  $L=28,0\text{ m}$  Spannweite?

**Auflösung.** Nach Zahlentafel IV des Anhangs ist für Lastenzug  $\frac{A}{B} : M_{max} = \frac{728,2}{855,4}\text{ mt}$ , daher nach Gl. 63:  $p = \frac{8 \cdot 728,2 : 28,0^2}{8 \cdot 855,4 : 28,0^2} = \frac{7,43}{8,73}\text{ t/m}$ , folglich mit  $u=100\text{ mm}$  nach Gl. 64:  $c = \frac{7,43 \cdot 0,1 : 1,5}{8,73 \cdot 0,1 : 1,5} = \frac{0,50}{0,58}\text{ t/m}$ .

Das Moment im Längsträger berechnet sich wie bei a), indem der Zahlenwert  $450\text{ kg/m}$  durch  $c\text{ kg/m}$  ersetzt wird, kann aber immer dann vernachlässigt werden, wenn die Längsträger unter der Voraussetzung eines auf der Brücke stillstehenden Zuges (Fig. 382) berechnet werden.

Da Wind und Fliehkraft in Schwerpunkt  $S$  der Fahrzeuge (Fig. 385) angreifen, der  $1,5\text{ m}$  über Schienenoberkante (S.O.) anzunehmen ist, so ergeben sie auf Längsträgeroberkante bezogen ein Drehmoment, das den windab gelegenen Längsträger in senkrechter Richtung be-, den andern entlastet. Diese Vergrößerung der senkrechten Belastung des einen Längsträgers ist bei der Querschnittsbestimmung nur dann zu berücksichtigen, wenn sie den Wert von 10 v. H. der Belastung durch Eigengewicht und Verkehr überschreitet, was für die Längsträger nur ganz ausnahmsweise eintritt.

**c) Die Bremskraft** und der **Anfahrwiderstand** beanspruchten die Längsträger in ihrer Längsachse auf Zug oder Druck; ihr Einfluß darf bei der Querschnittsbestimmung vernachlässigt werden, erfordert dagegen Berücksichtigung bei der Berechnung der Anschlußniete bei Brücken in geneigten Strecken oder vor Bahnhöfen. Über die Größe vgl. III, 3 b.

d) Die Seitenstöße der Verkehrslast entziehen sich der Berechnung und werden bei ein- und zweigleisigen geraden Brücken durch eine an der ersten Lokomotivachse angreifende wagerechte Einzellast  $P=4,0$  bis  $6,0$  t,

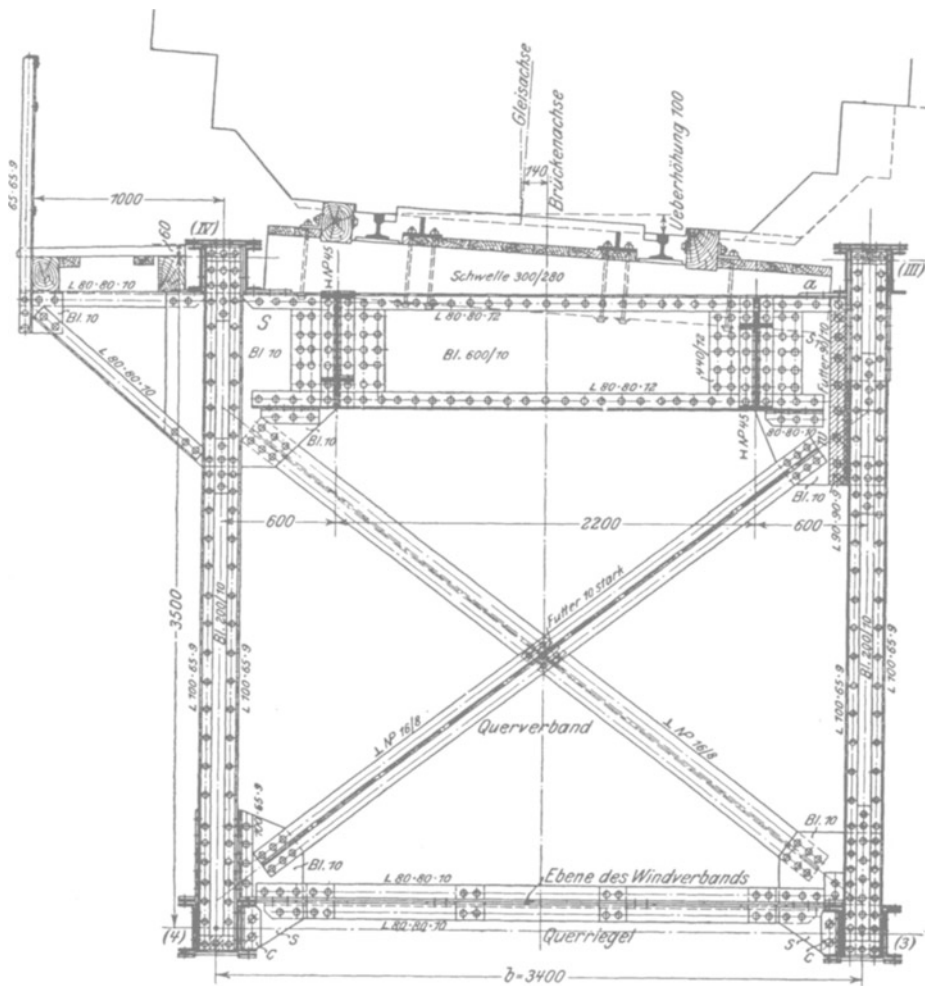
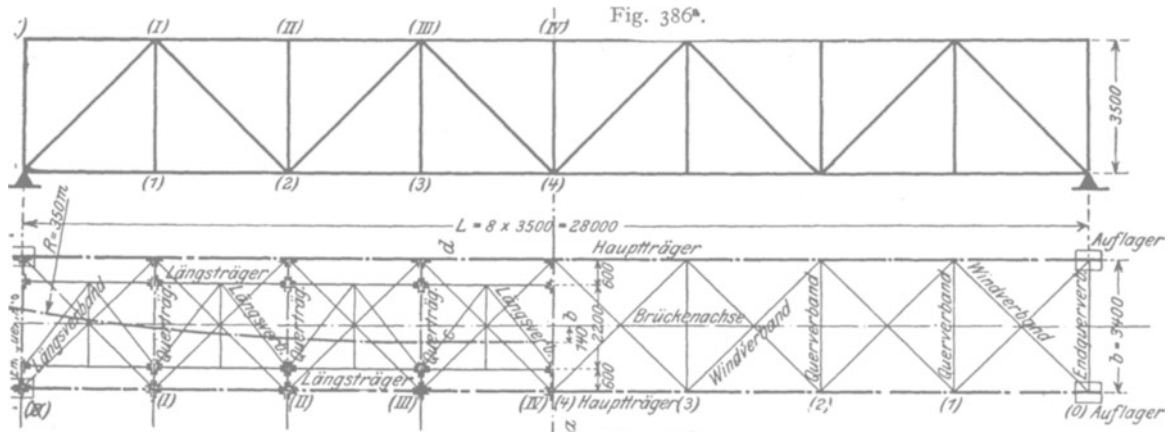


Fig. 386<sup>c</sup>. Schnitt a—b.

Fig. 386<sup>d</sup>. Schnitt c—d.

bei Brücken in Kurven aber nur dann berücksichtigt, wenn sie größer als die Fliehkraft sind.

**Aufgabe 72.** Es sollen die Längsträger der in Fig. 387 im Grundriß und Querschnitt, in Fig. 137 im Aufriß dargestellten Fachwerkbrücke für den Lastenzug  $A$  berechnet werden.  $k = \frac{750}{900}$  kg/qcm ohne Berücksichtigung der wagerechten Kräfte;  $k_s = 700$  kg/qcm;  $k_l = 2 k_s$ .

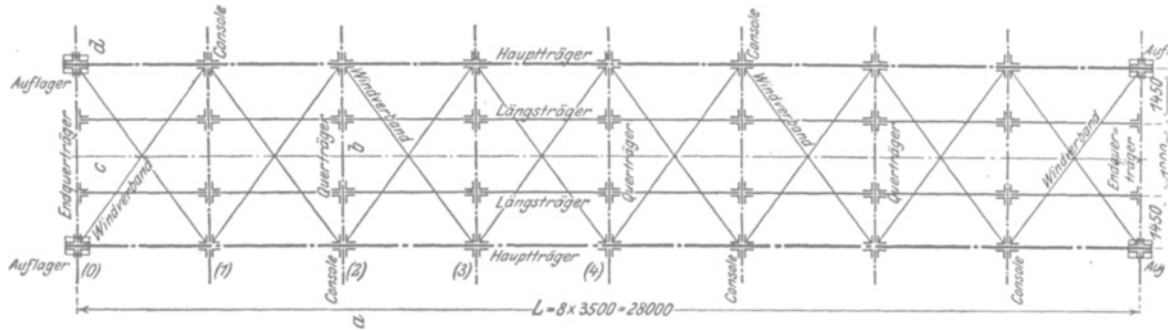


Fig. 387<sup>a</sup>.

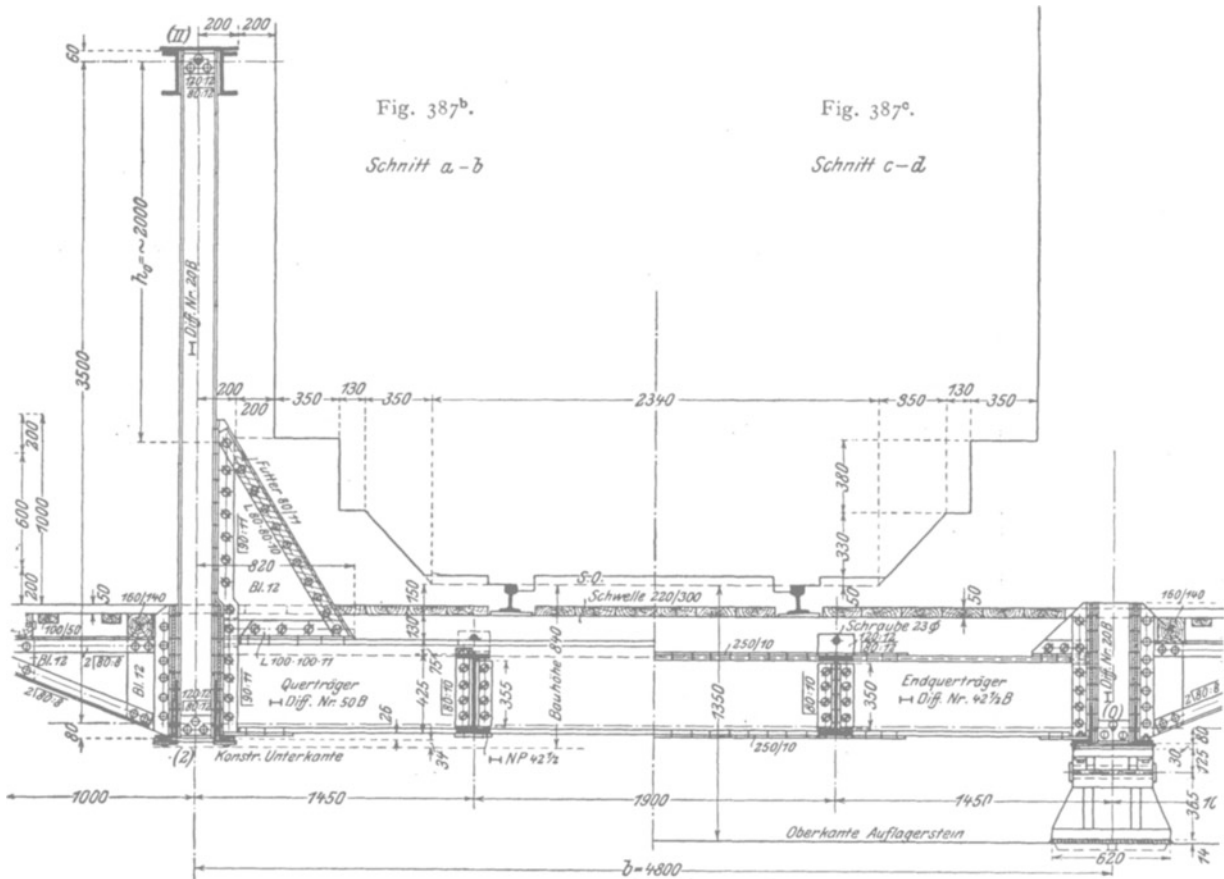


Fig. 387<sup>b</sup>.  
Schnitt a - b

Fig. 387<sup>c</sup>.  
Schnitt c - d

**Auflösung.**  $a = 3,5$  m.  $\lambda = 1,9$  m.

1. Ständige Last. Schienen, Schwellen, Bohlenbelag  $340$  kg/m; Eigengewicht  $160$  kg/m; insgesamt  $p_0 = 500$  kg/m. Daher die Gesamtlast  $P_0 = 500 \cdot 3,5 = 1750$  kg und das größte Moment  $M_0 = 1,75 \cdot \frac{3,5}{8} = 0,77$  mt.

2. Verkehrslast. Nach Zahlentafel IV des Anhangs wird  $M_v = \frac{1}{2} \cdot 21,61 = 10,81$  mt.

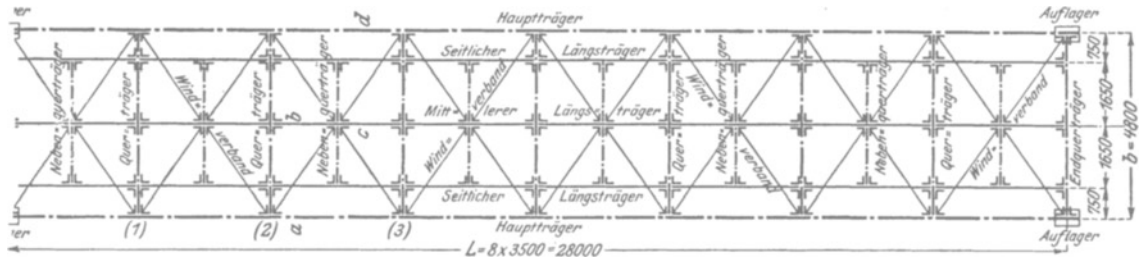


Fig. 388<sup>a</sup>.

3. Winddruck. Nach Gl. 61 wird für einen Längsträger

$$M_w = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,45 \cdot 3,5^2}{8} = 0,35 \text{ mt.}$$

4. Größte Beanspruchung. Das gewählte I-NP.  $42\frac{1}{2}$  hat  $W_x = 1739$  cm<sup>3</sup> und  $W_y = 176$  cm<sup>3</sup>, erleidet daher die Beanspruchung

$$\sigma = \frac{0,77 + 10,81}{1739} \cdot 10^8 = 45 + 620 = 665 \text{ kg/qcm}$$

ohne und

$$\sigma' = 665 + \frac{0,35}{176} \cdot 10^8 = 665 + 200 = 865 \text{ kg/qcm}$$

mit Berücksichtigung des Winddrucks.

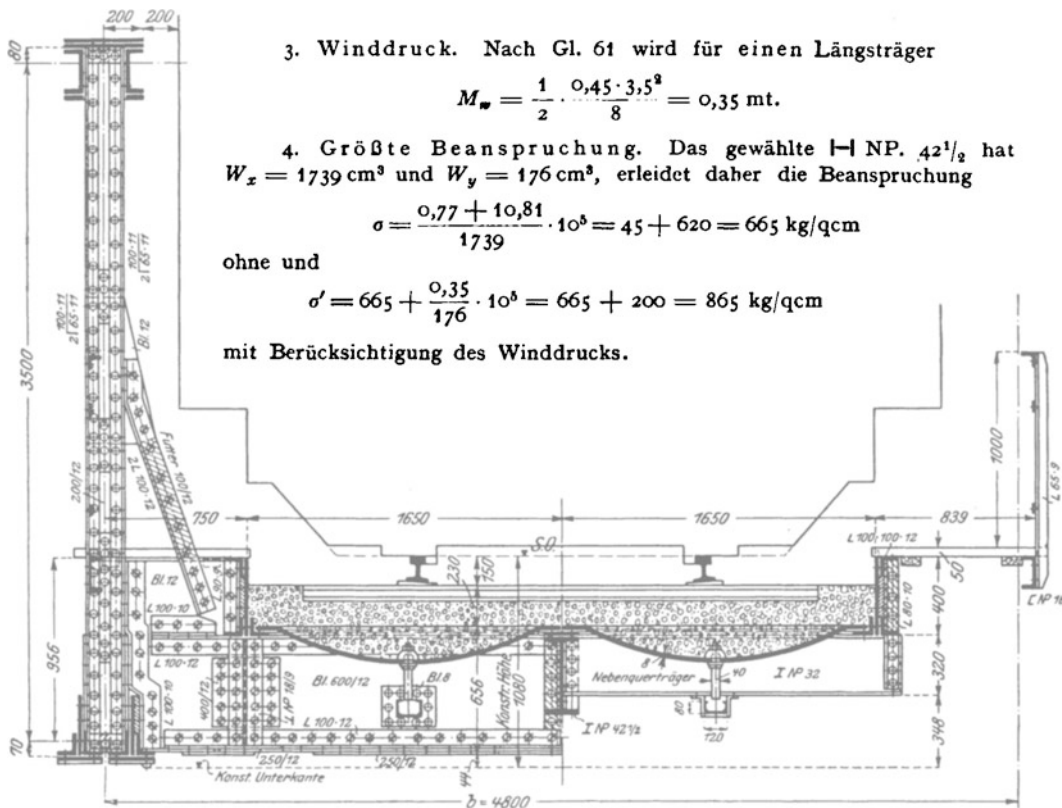


Fig. 388<sup>b</sup>. Schnitt a—b.

Fig. 388<sup>c</sup>. Schnitt c—d.

5. Stützdruck. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 0,9$  t, von der Verkehrslast nach Zahlentafel IV des Anhangs  $N_v = \frac{1}{2 \cdot 3,5} (85,5 + 0,5 \cdot 57) = 16,3$  t, insgesamt  $N = 17,2$  t. Die zum Anschluß gewählten 5 doppelschnittigen Niete von  $20$  mm  $\phi$  haben  $2 \cdot 5 \cdot 3,1 = 31,0$  qcm Scherfläche, erleiden daher bei  $15,3$  mm Stegstärke die Beanspruchung auf Abscheren  $\sigma_s = \frac{17 \cdot 200}{31,0} = 560$  kg/qcm,

auf Lochleibung  $\sigma_l = \frac{17 \cdot 200}{5 \cdot 2,0 \cdot 1,53} = 1130$  kg/qcm. Im Querträger (I-Diff.

Nr. 50 B vgl. Auf. 74) sind zum Anschluß 4 doppelschnittige Niete von 23 mm  $\phi$  mit  $2 \cdot 4 \cdot 4,2 = 33,6$  qcm Scherfläche angeordnet, deren Spannungsberechnung sich bei 19,4 mm Stegstärke erübrigt.

**Aufgabe 73.** Es sollen die Längsträger der in Fig. 388 im Grundriß und Querschnitt, in Fig. 137 im Aufriß dargestellten Fachwerkbrücke für den Lastenzug  $A$  berechnet werden.  $k = 800$  kg/qcm;  $k_s = 750$  kg/qcm;  $k_l = 2 k_s$ .

**Auflösung. I. Die mittleren Längsträger.**  $a = 3,5$  m.  $\lambda = 1,65$  m.

1. Ständige Last. Vom Nebenquerträger wirkt in der Mitte der Einzellast 1,1 t (vgl. Aufg. 74); als Dreiecklast entfällt bei 2,0 t Eigengewicht eines 1,65 · 1,75 m großen Feldes des Buckelblechbelags (vgl. Aufg. 74) zweimal je die

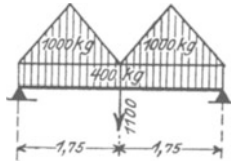


Fig. 389.

Kraft  $2 \cdot \frac{2,0}{4} = 1,0$  t; Eigengewicht 0,4 t; daher (Fig. 389)

$$P_0 = 1,1 + 2 \cdot 1,0 + 0,4 = 3,5 \text{ t und } M_0 = 0,4 \cdot \frac{3,5}{8} + 1,1 \cdot \frac{3,5}{4} + 1,0 \cdot \frac{1,75}{2} = 2,01 \text{ mt.}$$

2. Verkehrslast. Da auf den mittleren Längsträger das  $(1 - \frac{0,75}{1,65}) = 0,55$  fache der Gleislast entfällt, so wird nach Zahlentafel IV des Anhangs  $M_v = 0,55 \cdot 21,61 = 11,89$  mt.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte  $\text{H-NP. } 42^{1/2}$  hat  $W_x = 1739 \text{ cm}^3$ ,<sup>1)</sup> erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{2,01 + 11,89}{1739} \cdot 10^5 = 116 + 684 = 800$  kg/qcm.

4. Stützdruck. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 1,8$  t, von der Verkehrslast nach Zahlentafel IV des Anhangs  $N_v = \frac{0,55}{3,5} (85,5 + 0,5 \cdot 57) = 17,9$  t, insgesamt  $N = 19,7$  t. Gewählt sind 4 doppelschnittige Niete von 23 mm  $\phi$  mit  $f_s = 4 \cdot 2 \cdot 4,2 = 33,6$  qcm Scherfläche; die Berechnung der Spannungen erfolgt wie bei Aufg. 72.

**II. Die äußeren Längsträger.**  $a = 3,5$  m.<sup>1)</sup>

1. Ständige Last. In der Mitte vom Nebenquerträger die Einzellast 0,55 t (vgl. Aufg. 74), ferner als Dreiecklast vom Buckelblechbelag zweimal je 0,5 t; Eigengewicht und Bohlenbelag des Fußwegs 0,5 t; daher (Fig. 390)

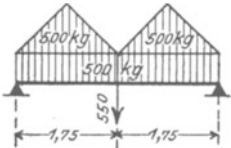


Fig. 390.

$$P_0 = 0,55 + 2 \cdot 0,5 + 0,5 = 2,05 \text{ t und } M_0 = 0,5 \cdot \frac{3,5}{8} + 0,55 \cdot \frac{3,5}{4} + 0,5 \cdot \frac{1,75}{2} = 1,14 \text{ mt.}$$

2. Verkehrslast. Da auf den äußeren Längsträger  $\frac{0,75}{2 \cdot 1,65} = 0,23$  fache der Gleislast entfällt, so wird  $M_v = 0,23 \cdot 21,61 = 4,97$  mt.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte Profil (Fig. 391)  $\frac{400}{10} + 2 \sqrt{100 \cdot 12}$  hat  $W = 850 \text{ cm}^3$  bei Berücksichtigung der Nietverschwächung, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{1,14 + 4,97}{850} \cdot 10^5 = 135 + 585 = 720$  kg/qcm.

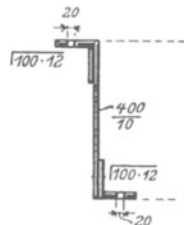


Fig. 391.

Der untere Gurtwinkel hat auf 1,75 m Freilage den einseitigen Horizontalzug der Buckelbleche auf Haupt- und Nebenquerträger zu übertragen; er bedarf daher in der wagerechten Richtung einer Verstärkung. Diese wird durch ein außen angeordnetes zweites Gurtwinkleisen von demselben Profil (Fig. 392) erreicht, das beim Anschluß des Nebenquerträgers (Fig. 452) unterbrochen werden darf, da es ja bei der Querschnittsermittlung nicht in Rechnung gezogen wurde. Wenig empfehlens-

<sup>1)</sup> Da nur im gedrückten Flansch Nietlöcher für den Anschluß der Buckelbleche erforderlich sind, kann das Widerstandsmoment ohne Rücksicht auf die Nietverschwächung eingeführt werden.

wert ist die Anordnung nach Fig. 393, bei der das unten angeordnete ungleichschenklige Winkeleisen wegen des vergrößerten Moments  $Dv$  nicht nur selbst, sondern auch in seinen Anschlußnieten sehr ungünstig beansprucht ist.

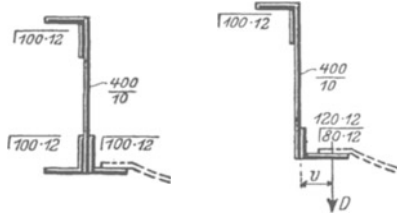


Fig. 392.

Fig. 393.

4. Stützdruck. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird

$$N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 1,0 \text{ t,}$$

von der Verkehrslast

$$N_v = \frac{0,23}{3,5} (85,5 + 0,5 \cdot 57) = 7,5 \text{ t,}$$

insgesamt

$$N = 8,5 \text{ t.}$$

Der Längsträger ruht unmittelbar auf dem Hauptquerträger auf; die zum Anschluß an dessen Stehblech gewählten 3 Niete von 23 mm  $\phi$  sichern seine lotrechte Lage.

### III. Die Querträger.

Die Querträger bilden Balken auf 2 Stützen von der Spannweite  $b$  (= Entfernung der Hauptträger Fig. 380<sup>a</sup>). Sie werden belastet durch:

#### 1. Ständige Last.

Außer dem schätzungsweise einzuführenden Eigengewicht wirkt an jedem Längsträgeranschluß der Stützdruck  $N_0$  dieser Träger.

#### 2. Verkehrslast.

Der auf einen Zwischenquerträger entfallende Gesamtdruck  $P_v$  der Achslasten berechnet sich nach Fig. 394 zu  $P_v = A_3 + A_1 \frac{a_1}{a} + A_2 \frac{a_2}{a} + \dots$

Das in Fig. 394<sup>a</sup> dargestellte Einflußdreieck für  $P_v$  von der Höhe 1 stimmt mit der Einflußfläche für das Moment  $M_{max}$  in der Mitte eines Balkens von der Spannweite

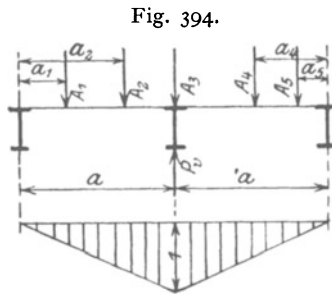


Fig. 394<sup>a</sup>.

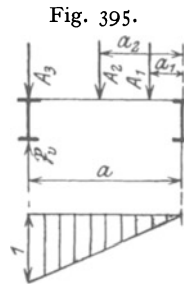


Fig. 395<sup>a</sup>.

$L = 2a$  überein, wenn deren Höhe von  $\frac{L}{4} = \frac{a}{2}$  auf 1 vermindert wird; man erhält daher auch

$$65) P_v = \frac{2 M_{max}}{a},$$

wo  $M_{max}$  der Zahlentafel IV des Anhangs zu entnehmen ist. Beispielsweise wird für  $a = 3,2 \text{ m}$  ( $L = 6,4 \text{ m}$ ) für Lastenzug  $\frac{A}{B} : M_{max} = \frac{57,00 + 0,4 \cdot 16,4}{61,88 + 0,4 \cdot 23,1} = \frac{63,56}{71,12} \text{ mt}$ , daher

$$P_v = \frac{2 \cdot 63,56 : 3,2}{2 \cdot 71,12 : 3,2} = \frac{39,7}{44,5} \text{ t.}$$

Der auf den Endquerträger entfallende Gesamtdruck  $\mathfrak{P}_v$  der Achslasten berechnet sich nach Fig. 395 zu  $\mathfrak{P}_v = A_3 + A_1 \frac{a_1}{a} + A_2 \frac{a_2}{a} + \dots$

Das in Fig. 395<sup>a</sup> dargestellte Einflußdreieck für  $\mathfrak{P}_v$  stimmt mit der Einflußfläche für die Querkraft  $Q_x$  am Auflager eines Balkens von der Spannweite  $L = a$  überein, so daß  $\mathfrak{P}_v$  ebenfalls mit Hilfe der Zahlentafeln IV des Anhangs berechnet werden kann. Beispielsweise wird für  $a = 3,2$  m für den Lastenzug  $\frac{A}{B} : \mathfrak{P}_v a = \frac{85,5 + 0,2 \cdot 57}{90,0 + 0,2 \cdot 60} = \frac{96,9}{102,0}$  t, daher  $\mathfrak{P}_v = \frac{96,9 : 3,2}{102,0 : 3,2} = \frac{30,3}{31,9}$  t.

Die so erhaltenen Drücke  $P_v$  bzw.  $\mathfrak{P}_v$  sind zur Berechnung der Momente nach dem Hebelgesetz auf die Anschlußpunkte der Längsträger zu verteilen.

### 3. Wagerechte Kräfte.

a) Der Winddruck, die Fliehkraft und die Seitenstöße der Verkehrslast beanspruchen den Querträger in der Längsachse; ihr Einfluß auf die Querschnittsabmessungen ist gering und durch die entsprechend niedrig gehaltene zulässige Beanspruchung hinreichend berücksichtigt.

Über die Beanspruchung der Querträger als Glieder der Wind- und Querverbände vgl. unter IV und V.

b) Die Bremskraft und der Anfahrwiderstand beanspruchen die Querträger in der wagerechten Ebene auf Biegung; ihr Einfluß wächst mit der Spannweite  $b$ , d. h. mit der Breite der Brücke und muß bei Brücken in ge-

Fig. 396.

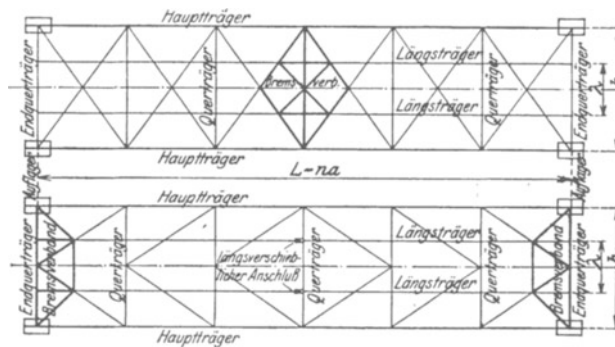


Fig. 397.

neigten Strecken und vor Bahnhöfen stets, im übrigen bei  $\frac{\text{ein}}{\text{zwei}}$  gleisigen Brücken von etwa  $L = \frac{30}{20}$  m an durch Anordnung eines besonderen vollwandigen oder fachwerkförmig gegliederten Bremsverbandes berücksichtigt werden, der zweckmäßig in den Windverband eingeschaltet und bei Brücken ohne (Fig. 396) längsverschieblicher Unterbrechung der Fahrbahn am besten mit (Fig. 397) in Brückenmitte an beiden Auflagern angeordnet wird, um die Längsträgeranschlüsse tunlichst von Zusatzspannungen freizuhalten.

Bei in der Wagerechten liegenden  $\frac{\text{ein}}{\text{zwei}}$ gleisigen Brücken von  $L < \frac{30}{20}$  m genügt in der Regel der wagerechte Biegungswiderstand der gesamten Querträger zur Aufnahme der Bremskraft und des Anfahrwiderstandes, da für die seltenen Fälle, wo ein Eisenbahnzug gerade auf der Brücke bremsen oder anfahren muß, eine Erhöhung der bei alleiniger Einwirkung der lotrechten Lasten zulässigen Beanspruchung unbedenklich ist; man erkennt aber jedenfalls, daß es vorteilhaft ist, die Gurtbreite der Querträger möglichst groß und den Windverband möglichst nahe der Fahrbahnebene anzuordnen.

Die in der Fahrtrichtung auf den eisernen Überbau wirkende Bremskraft wird bei Spannweiten  $\frac{L \leq 50}{L > 50}$  m zu  $\frac{1}{7}$  des auf der Brücke stehenden  $\frac{\text{Lokomotiven-} + \text{Tender-}}{\text{Lokomotiven-} + \text{Tender-}} + \frac{\text{Wagen-}}{\text{Wagen-}}$ gewichts, genügend genau zu 1,1 t/m Gleis, der entgegen der Fahrtrichtung wirkende Anfahrwiderstand zu  $\frac{1}{7}$  der Triebachsenbelastung eingeführt.

**Aufgabe 74.** Es sind die Querträger der in Fig. 137 und 387 dargestellten Fachwerkbrücke unter Zugrundelegung der in Aufg. 72 eingeführten zulässigen Beanspruchungen zu berechnen.

**Auflösung. I. Die Zwischenquerträger.**  $b = 4,8$  m.  $a = 3,5$  m.  $\lambda = 1,9$  m.

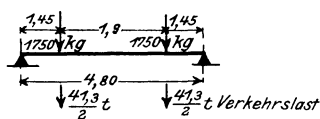


Fig. 398.

1. Ständige Last. An jedem Längsträgeranschluß (Fig. 398) wirkt nach Aufg. 72 die Einzelast  $2 \cdot \frac{1,75}{2} = 1,75$  t; Eigengewicht 1,0 t; daher die Gesamtlast  $P_0 = 2 \cdot 1,75 + 1,0 = 4,5$  t und das Moment  $M_0 = 1,75 \cdot 1,45 + 1,0 \cdot \frac{4,8}{8} = 3,14$  mt.

2. Verkehrslast. Nach Zahlentafel IV des Anhangs und Gl. 65 wird  $P_v = \frac{2 \cdot 73,45}{3,5} = 42,0$  t, daher, da jeder der beiden Längsträger  $\frac{1}{2} P_v$  überträgt, das Moment  $M_v = \frac{42,0}{2} \cdot 1,45 = 30,45$  mt.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte H Diff. 50 B hat  $W = 4451$  cm<sup>3</sup>, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{3,14 + 30,45}{4451} \cdot 10^5 = 70 + 680 = 750$  kg/qcm.

4. Stützdruck. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P = 2,3$  t, von der Verkehrslast  $N_v = \frac{1}{2} \cdot 42,0 = 21,0$  t, insgesamt  $N = 23,3$  t. Die zum Anschluß gewählten 4 doppelschnittigen Niete von 23 mm  $\phi$  haben  $4 \cdot 2 \cdot 4,2 = 33,6$  qcm Scherfläche, erleiden daher bei 19,4 mm Stegstärke die Beanspruchung  $\sigma_s = \frac{23 \cdot 300}{33,6} = 700$  kg/qcm bzw.  $\sigma_t = \frac{23 \cdot 300}{4 \cdot 2,3 \cdot 1,94} = 1310$  kg/qcm.

**II. Die Endquerträger.**  $b = 4,8$  m.  $a = 3,5$  m.  $\lambda = 1,9$  m.

1. Ständige Last. Um der auf dem Übergang zwischen Endquerträger und Widerlager ruhenden Belastung Rechnung zu tragen, ist die Belastungsbreite  $\frac{1}{2} a$  um 0,3 bis 0,6 m zu vergrößern; hier ist  $a_1 = \frac{1}{2} \cdot 3,5 + 0,45 = 2,2$  m gewählt. Daher wirkt an jedem Längsträgeranschluß nach Aufg. 72 die Einzelast  $1,75 \cdot \frac{2,2}{3,5} = 1,1$  t; Eigengewicht 0,9 t; daher die Gesamtlast  $P_0 = 2 \cdot 1,1 + 0,9 = 3,1$  t und das Moment  $M_0 = 1,1 \cdot 1,45 + 0,9 \cdot \frac{4,8}{8} = 2,14$  mt.

2. Verkehrslast. Nach Zahlentafel IV des Anhangs wird  $\mathfrak{P}_v \cdot a = 85,5 + 0,5 \cdot 57 = 114,0$  mt, daher  $\mathfrak{P}_v = \frac{114,0}{3,5} = 32,6$  t und  $M_v = \frac{1}{2} \cdot 32,6 \cdot 1,45 = 23,64$  mt.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte Profil H Diff. 42 $\frac{1}{2}$  + 2  $\frac{250}{10}$  (Fig. 399) hat  $W = 3470$  cm<sup>3</sup> bei Berücksichtigung der Nietverschwächungen, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{2,14 + 23,64}{3470} \cdot 10^5 = 60 + 680 = 740$  kg/qcm.



Da die Linie der größten Momente hinreichend genau als durch gerade Linien nach Fig. 400 begrenzt angenommen werden darf, wobei nur für das Eigengewicht von 0,9 t ein geringer, praktisch bedeutungsloser Fehler gemacht wird, so folgt, daß das  $\text{H-Diff } 42\frac{1}{2}$  mit  $W = 3210 \text{ cm}^3$  für sich allein bis auf eine Entfernung  $x$  vom Auflager genügt, die sich aus der Gleichung  $25,78 \frac{x}{1,45} = 3210 \cdot 750$  zu  $x = 1,35 \text{ m}$  berechnet. Zum

Anschluß einer Lamelle  $250/10$  mit  $(25,0 - 2 \cdot 2,3) 1,0 = 20,4 \text{ qcm}$  Fläche sind  $20,4 \cdot \frac{750}{700}$

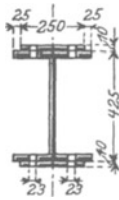


Fig. 399.

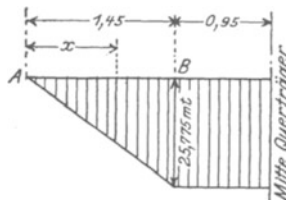


Fig. 400.

$= 21,9 \text{ qcm}$  Scherfläche, also 6 Niete von  $23 \text{ mm } \phi$  mit  $6 \cdot 4,2 = 25,2 \text{ qcm}$  Scherfläche erforderlich; um die für die Anordnung dieser 6 Niete erforderliche Länge müssen die Lamellen beiderseits über die Strecke  $x$  hinaus näher an die Auflager herangeführt werden.

4. Stützdruck. Nietteilung. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 1,6 \text{ t}$ , von der Verkehrslast  $N_v = \frac{1}{2} \cdot 32,6 = 16,3 \text{ t}$ , insgesamt  $N = 17,9 \text{ t}$ . Das Trägheitsmoment des Querschnitts (Fig. 399) beträgt ohne Nietabzug  $J = 91900 \text{ cm}^4$ , das statische Moment einer Lamelle  $S = 25,0 \cdot 21,75 = 544 \text{ cm}^3$ , daher nach Gl. 24 die kleinste Nietteilung  $t_{min} = 2 \cdot \frac{4,2 \cdot 700 \cdot 91900}{17900 \cdot 544} = 55,5 \text{ cm}$ , da man, wiederum von dem geringen Einfluß des Eigengewichts abgesehen, die vertikale Scherkraft als auf der Strecke  $AB$  (Fig. 400) gleichbleibend voraussetzen darf.

Die zum Anschluß gewählten 4 doppelschnittigen Niete mit  $f_s = 33,6 \text{ qcm}$  Scherfläche erleiden bei 16 mm Stegstärke die Beanspruchung  $\sigma_s = \frac{17900}{33,6} = 540 \text{ kg/qcm}$

bzw.  $\sigma_t = \frac{17900}{4 \cdot 2,3 \cdot 1,6} = 1220 \text{ kg/qcm}$ .

**Aufgabe 75.** Es sind die Querträger der in Fig. 137 und 388 dargestellten Fachwerkbrücke unter Zugrundelegung der in Aufgabe 73 eingeführten zulässigen Beanspruchung zu berechnen.

**Auflösung. I. Die Nebenquerträger.**  $b_1 = 1,65 \text{ m}$ .  
 $a_1 = \frac{1}{2} a = 1,75 \text{ m}$ .

1. Ständige Last. Auf ein Feld von  $1,65 \times 1,75 \text{ m}$  Grundfläche (Fig. 401) entfällt bei  $0,16 \text{ m}$  Pfeilhöhe der Buckelbleche die Schotterlast  $1,65 \cdot 1,75 (0,23 + \frac{1}{2} \cdot 0,16) 2,0 = 1,8 \text{ t}$ ; Buckelblech, Schienen und Schwellen  $0,2 \text{ t}$ ; daher insgesamt  $2,0 \text{ t}$ . Auf den Nebenquerträger entfällt von den beiden ihm benachbarten Feldern je  $\frac{1}{4}$  der Feldlast, insgesamt also  $2 \cdot \frac{2,0}{4} = 1,0 \text{ t}$  als Dreiecklast; Eigengewicht  $0,1 \text{ t}$ . Daher die Gesamtlast  $P_0 = 1,0 + 0,1 = 1,1 \text{ t}$  und das Moment  $M_0 = 0,1 \cdot \frac{1,65}{8} + 1,0 \cdot \frac{1,65}{6} = 0,30 \text{ mt}$ .

2. Verkehrslast. Nach Zahlentafel IV des Anhangs und Gl. 65 wird  $P_v = \frac{2 \cdot 21,61}{1,75} = 24,7 \text{ t}$ ; hiervon entfällt auf den Nebenquerträger die Hälfte mit  $12,4 \text{ t}$ , daher nach Fig. 401<sup>a</sup> das Moment  $M_v = 12,4 \cdot \frac{0,75 \cdot 0,9}{1,65} = 5,07 \text{ mt}$ .

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte  $\text{H-NP. 32}$  hat  $W = 781 \text{ cm}^3$ , erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{0,30 + 5,07}{781} \cdot 10^5 = 40 + 650 = 690 \text{ kg/qcm}$ .

4. Stützdruck. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 0,6 \text{ t}$ , von der Verkehrslast  $J_v = 12,4 \cdot \frac{0,9}{1,65} = 6,8 \text{ t}$ , insgesamt  $N = 7,4 \text{ t}$ . Zum An-

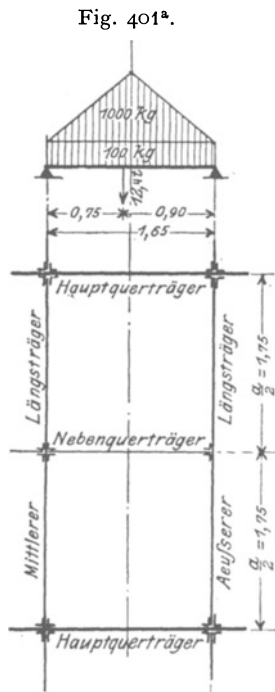


Fig. 401.

schluß sind 4 doppelschnittige Niete von 16 mm  $\phi$  mit  $f_s = 2 \cdot 4 \cdot 2,0 = 16,0$  qcm gewählt; daher bei 11,5 mm Stegstärke die Beanspruchung  $\sigma_s = \frac{7400}{16,0} = 460$  kg/qcm bzw.

$$\sigma_t = \frac{7400}{4 \cdot 1,6 \cdot 1,15} = 1010 \text{ kg/qcm.}$$

II. Die Hauptquerträger.  $b = 4,8$  m.  $a = 3,5$  m.

1. Ständige Last. Vom mittleren Längsträger wird nach Aufg. 73 die Einzellast  $2 \cdot \frac{3,5}{2} = 3,5$  t, von jedem äußeren  $2 \cdot \frac{2,05}{2} = 2,05$  t übertragen (Fig. 402); ferner wirkt vom Buckelblechbelag zweimal die Dreieckslast  $2 \cdot \frac{2,0}{4} = 1,0$  t; Eigengewicht  $1,2$  t ( $\frac{1,2}{4,8} = 0,25$  t/m). Daher die Gesamtlast  $P_0 = 3,5 + 2 \cdot 2,05 + 2 \cdot 1,0 + 1,2 = 10,8$  t und das Moment im Punkt

$$(I): M_{0I} = \frac{10,8}{2} \cdot 0,75 - 0,25 \cdot \frac{0,75^2}{2} = 3,98 \text{ mt;}$$

$$(II): M_{0II} = \frac{10,8}{2} \cdot 1,575 - 0,25 \cdot \frac{1,575^2}{2} - 2,05 \cdot 0,825 - 0,5 \cdot \frac{0,825}{3} = 6,37 \text{ mt;}$$

$$(III): M_{0III} = 3,5 \cdot \frac{4,8}{4} + 1,2 \cdot \frac{4,8}{8} + 2,05 \cdot 0,75 + 1,0 \cdot 1,575 = 8,03 \text{ mt.}$$

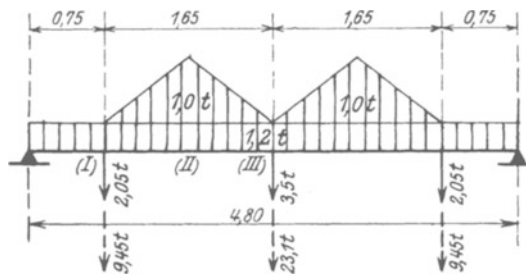


Fig. 402.

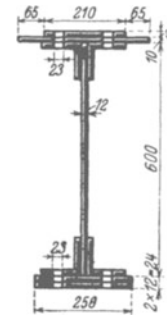


Fig. 403.

2. Verkehrslast. Von der gesamten Last  $P_v = 42,0$  t (vgl. Aufg. 74) überträgt der mittlere Längsträger nach Aufg. 73 den Betrag von  $0,55 \cdot 42,0 = 23,1$  t, jeder äußere Längsträger daher  $\frac{1}{2}(42,0 - 23,1) = 9,45$  t; damit ergeben sich die Momente  $M_{vI} = \frac{1}{2} \cdot 42,0 \cdot 0,75 = 15,75$  mt bzw.  $M_{vII} = \frac{1}{2} \cdot 42,0 \cdot 1,575 - 9,45 \cdot 0,825 = 25,28$  mt bzw.  $M_{vIII} = \frac{1}{2} \cdot 42,0 \cdot 2,4 - 9,45 \cdot 1,65 = 34,81$  mt.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte Profil  $\frac{600}{12} + 4 \sqrt{100:12} + 1 \frac{340}{12} + 1 \frac{210}{10} + 2 \frac{250}{12}$  (Fig. 403) hat bei Berücksichtigung der Nietverschwächungen  $W_3 = 5430$  cm<sup>3</sup>, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma_{III} = \frac{8,03 + 34,81}{5430} \cdot 10^5 = 150 + 640 = 790$  kg/qcm. Mit je 1 Lamelle oben ( $\frac{340}{12}$ ) und unten ( $\frac{250}{12}$ ) ist  $W_1 = 4100$  cm<sup>3</sup>, daher die Beanspruchung im Punkte (II):  $\sigma_{II} = \frac{6,37 + 25,28}{4100} \cdot 10^5 = 160 + 610 = 770$  kg/qcm. Ohne Lamellen ist  $W_0 = 2630$  cm<sup>3</sup>, daher die Beanspruchung im Punkte (I):  $\sigma_I = \frac{3,98 + 15,75}{2630} \cdot 10^5 = 150 + 600 = 750$  kg/qcm.

Zum Anschluß einer Lamelle  $\frac{250}{12}$  mit  $(25,0 - 2 \cdot 2,3) 1,2 = 24,5$  qcm Fläche sind  $24,5 \cdot \frac{800}{750} = 26,1$  qcm Scherfläche, also 7 einschnittige Niete von 23 mm  $\phi$  mit  $f_s = 7 \cdot 4,2$

= 29,4 qcm erforderlich; ebenso ergeben sich für den Anschluß einer Lamelle  $\frac{210}{340} \frac{10}{12}$  mit  $\frac{16,4}{34,3}$  qcm Fläche  $\frac{5}{9}$  einschnittige Anschlußniete von 23 mm  $\phi$  als erforderlich.

4. Stützdruck. Nietteilung. Anschlußniete. Von der ständigen Last wird  $N_0 = \frac{1}{2} P_0 = 5,4$  t, von der Verkehrslast  $N_v = \frac{1}{2} \cdot 42,0 = 21,0$  t, insgesamt  $N = 26,4$  t. Die Berechnung der Nietteilung erfolgt entsprechend Aufg. 7. Zum Anschluß sind 7 doppel-schnittige Niete von 23 mm  $\phi$  mit  $f_s = 2 \cdot 7 \cdot 4,2 = 58,8$  qcm gewählt; daher  $\sigma_s = \frac{26400}{58,8} = 450$  kg/qcm bzw.  $\sigma_t = \frac{26400}{7 \cdot 2,3 \cdot 1,2} = 1370$  kg qcm.

## IV. Die Hauptträger.

Die Hauptträger werden als Balken- oder Bogenträger ausgebildet; ihre Stützweite ist bei Weiten von 10 bis 30 m auf volle Meter, von 30 m aufwärts auf eine gerade Meteranzahl festzusetzen. Sie werden belastet durch:

### 1. Ständige Last.

Zu der an jedem Querträgeranschluß wirkenden, aus der Berechnung der Querträger bekannten Fahrbahnlast ist noch das Eigengewicht des Hauptträgers einschließlich der Wind- und Querverbände hinzuzufügen.

Stehen zur Ermittlung dieses Gewichts keine Erfahrungszahlen oder Tafeln zur Verfügung<sup>1)</sup>, so verfährt man wie folgt:

Zu der bekannten Fahrbahnlast  $P_0'$  eines Querträgers macht man schätzungsweise einen Zuschlag  $P_0''$  für das Gewicht der Hauptträger einschließlich Wind- und Querverbände; man erhält dann die ständige Last  $p_0 = \frac{1}{a} (P_0' + P_0'') = \frac{P_0}{a}$ , wenn  $a$  die Querträgerentfernung ist, und das durch sie erzeugte Moment unter der Voraussetzung eines auf 2 Stützen gelagerten Hauptträgers zu  $M_0 = \frac{1}{8} p_0 L^2$ ; das größte Moment  $M_v$  infolge der Verkehrslast ergibt sich aus Zahlentafel IV des Anhangs. Aus  $M_{max} = M_0 + M_v$ , der gegebenen Trägerhöhe  $h$ , die bei Blechträgern = 0,9  $\times$  Stehblechhöhe einzuführen ist, und der zulässigen Beanspruchung  $k$  ergibt sich der in Brückenmitte erforderliche größte Gurtquerschnitt  $F$  zu  $F = \frac{M_{max}}{h k}$  und daraus, wenn  $F$  in qcm eingeführt wird, das annähernde Gewicht der Hauptträger zu  $g_0 = 4 F$  kg/m. Aus  $g_0 a$  erhält man einen neuen Wert  $P_0''$ , mit dem man die Rechnung wiederholt, falls er sich von dem zuerst angenommenen wesentlich unterscheidet. Bei Bogenträgern sind die Momente  $M_0$  und  $M_v$  nach vorläufiger Ermittlung der Einflußlinie für den Horizontalschub für den Viertelpunkt der Spannweite zu berechnen; die zulässige Beanspruchung  $k$  ist um die durch eine Temperaturänderung  $t = \pm 35^\circ$  erzeugte Spannung zu vermindern.

**Aufgabe 76.** Es ist das Eigengewicht der Hauptträger der in Fig. 137 und 387 dargestellten Fachwerkbrücke für den Lastenzug  $A$  zu berechnen.  $L = 28,0$  m.  $h = 3,5$  m.  $a = 3,5$  m.  $k = 870$  kg/qcm.

**Auflösung.** Nach Aufg. 74 ist  $P_0' = 4,5$  t; geschätzt wird  $P_0'' = 1,5$  t, daher  $p_0 = \frac{4,5 + 1,5}{3,5} = 1,7$  t/m;  $M_0 = \frac{1}{8} \cdot 1,7 \cdot 28,0^2 = 167$  mt;  $M_v = 728$  mt;  $M_{max} = 895$  mt;  $F = \frac{895000}{3,5 \cdot 870} = 300$  qcm;  $g_0 = 4 \cdot 300 = 1200$  kg/m; daher der verbesserte Wert  $P_0'' = 1,2 \cdot 3,5 = 4,2$  t. Mit diesem Wert wird die Rechnung wiederholt und ergibt:  $p_0 = \frac{4,5 + 4,2}{3,5} = 2,5$  t/m;  $M_0 = 245$  mt;  $M_{max} = 245 + 728 = 973$  mt;  $F = \frac{973000}{3,5 \cdot 870} = 320$  qcm;  $g_0 = 4 \cdot 320 = 1280$  kg/m; folglich  $P_0'' = 1,28 \cdot 3,5 = 4,5$  t. Die nochmalige

<sup>1)</sup> Z. B. Dircksen-Schaper, Hilfswerte für das Entwerfen und die Berechnung von Brücken mit eisernem Überbau. Berlin 1913.

Wiederholung der Rechnung ergibt wieder  $F = 322$  qcm und  $g_0 = 1290$  kg/m, so daß das Gewicht beider Hauptträger einschließlich Wind- und Querverbänden zu rund 1300 kg/m eingeführt werden kann<sup>1)</sup>

**Aufgabe 77.** Es soll das Gewicht der Hauptträger der in Fig. 404 dargestellten Blechträgerbrücke für den Lastenzug  $A$  ermittelt werden.  $L = 8,0$  m.  $h = 0,9 \cdot 1,0 = 0,9$  m.  $a = 2,0$  m.  $k = 800$  kg/qcm.

**Auflösung.** Die (hier nicht durchgeführte) statische Berechnung des Querträgers liefert  $P_0' = 5,2$  t; geschätzt wird  $P_0'' = 1,8$  t, daher  $p_0 = \frac{5,2 + 1,8}{2,0} = 3,5$  t/m;  $M_0 = \frac{1}{8} \cdot 3,5 \cdot 8,0^2 = 28,0$  mt;  $M_v = 93,5$  mt;  $M_{max} = 121,5$  mt;  $F = \frac{121 \cdot 500}{0,9 \cdot 800} = 170$  qcm;  $g_0 = 4 \cdot 170 = 680$  kg/m; daher der verbesserte Wert  $P_0'' = 0,68 \cdot 2,0 = 1,4$  t. Die mit

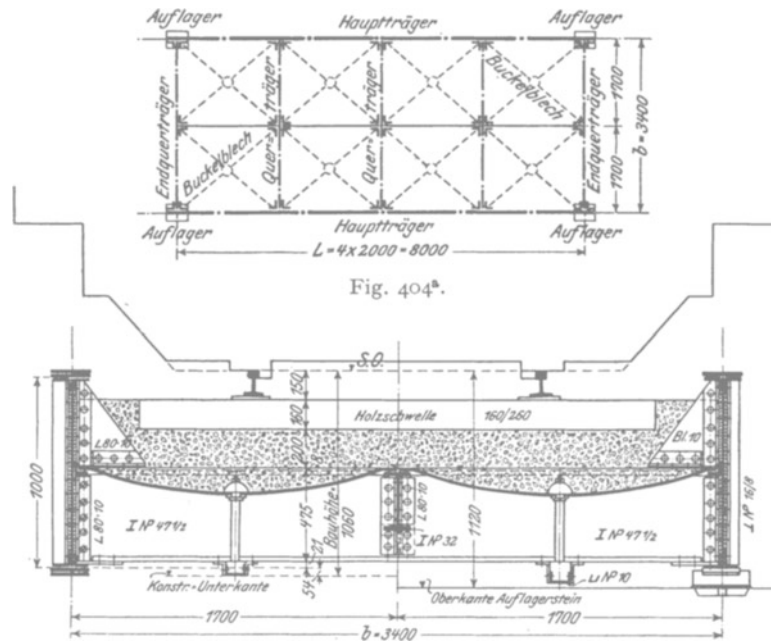


Fig. 404<sup>b</sup>: Querschnitt in Mitte.

diesem Wert erneut durchgeführte Rechnung liefert wieder  $F = 170$  qcm, so daß das Gewicht beider Hauptträger einschließlich Wind- und Querverbände zu 680 kg/m eingeführt werden kann<sup>2)</sup>.

Bei Fachwerkträgern wird jeder Stab außer durch die Stabkraft selbst noch durch sein eigenes Gewicht, und zwar auf Biegung beansprucht; diese zusätzlichen Biegespannungen brauchen aber nur bei sehr langen Stäben, d. h. bei großen Spannweiten in Rechnung gezogen zu werden und erlauben dann eine Erhöhung der sonst zulässigen Beanspruchung.

## 2. Verkehrslast.

Zur Berechnung der größten Momente und Querkräfte für ein Gleis dienen die Zahlentafeln IV des Anhangs; ihre Verteilung auf die Hauptträger erfolgt nach folgenden Regeln.

<sup>1)</sup> Nach Dircksen-Schaper a. a. O. ergibt sich  $g_0 = 540 + 27 \cdot L = 1296$  kg/m einschließlich der Lager, aber ohne Fußwege.

<sup>2)</sup> Nach Dircksen-Schaper a. a. O. ergibt sich  $g_0 = 270 + 49 \cdot 8,0 = 662$  kg/m einschließlich der Lager.

a) **Anordnung von zwei Hauptträgern für ein Gleis.** α) Liegt das Gleis in einer geraden Linie, so fällt die Gleisachse mit der Brückenachse zusammen, und auf jeden der beiden Hauptträger entfällt die Hälfte der für ein Gleis berechneten Momente und Querkräfte.

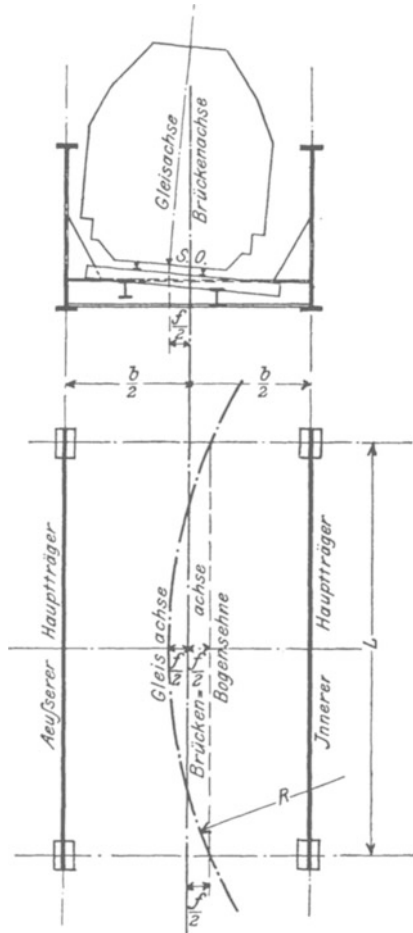


Fig. 405.

β) Liegt das Gleis in einer Kurve vom Radius  $R$ , so geht die Brückenachse meist durch den Halbierungspunkt der zugehörigen Pfeilhöhe  $f$  (Fig. 405), und es wird bei Zügen, deren Geschwindigkeit <sup>geringer</sup> <sub>größer</sub> als die der Berechnung der Überhöhung  $u$  (Fig. 385) zugrunde gelegte ist, der <sup>innere</sup> <sub>äußere</sub> Hauptträger stärker belastet. Da für die Ausführung die Abmessungen beider Hauptträger gleich groß gewählt werden, so trägt man allen Einflüssen (deren rechnerische Verfolgung schwierig ist) hinreichend Rechnung, wenn man jeden Hauptträger für das  $\left(0,5 + \frac{f}{2b}\right)$  fache der Geleislast berechnet, also die ungünstige Annahme macht,

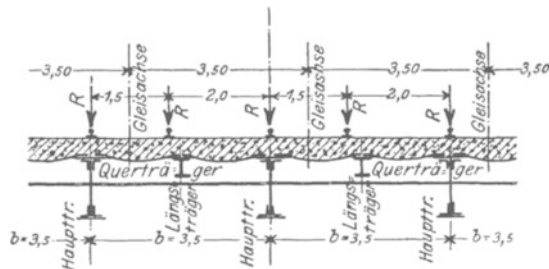


Fig. 406.

daß die Gleisachse bei stillstehendem Zug eine zur Brückenachse im Abstand  $\frac{f}{2}$  parallel laufende Gerade ist.

So würde beispielsweise bei der in Fig. 386 dargestellten Fachwerkbrücke jeder Hauptträger für das  $0,5 + \frac{2 \cdot 0,14}{2 \cdot 3,4} = 0,54$  fache der Geleislast zu berechnen sein.

b) **Anordnung mehrerer Hauptträger.** Liegt die Fahrbahn oben, so werden bei der Überführung mehrerer Gleise und gleichzeitiger Durchführung des Schotterbetts drei oder mehr Hauptträger angeordnet (Fig. 406), um in der Lage der Gleisachsen, insbesondere auch beim Einbau von Weichen von der Lage der Hauptträger unabhängig zu sein. In diesem Falle hat man sich bei der Berechnung eines Hauptträgers die Gleisachsen in die ungünstigste Stellung gerückt zu denken, wobei als geringster Abstand der Achsen 3,5 m einzuführen ist.

Beispielsweise würde ein Hauptträger der Fig. 406, in der  $R$  die Radlast bedeutet, für die  $1 + \frac{2,0 + 1,5}{3,5} = 2$  fache Radlast, d. h. für die volle Gleislast zu berechnen sein. Sämtliche Hauptträger erhalten dieselben Abmessungen.

### 3. Wagerechte Kräfte.

Die Gurtungen der Hauptträger sind gleichzeitig die Gurtungen der Windverbände, die Vertikalen bzw. Enddiagonalen gleichzeitig Glieder der Querverbände. Die Ermittlung der infolgedessen auftretenden zusätzlichen Spannkkräfte bzw. Momente ist unter V. und VI. durchgeführt.

Da Wind und Fliehkraft in dem 1,5 m über S. O. liegenden Schwerpunkt der Fahrzeuge angreifen, vergrößern sie auch die lotrechte Belastung des einen Hauptträgers. Diese Vergrößerung ist nur bei Brücken mit oben liegender Fahrbahn und mit nur einem Windverband in der Ebene des Untergurts dann zu berücksichtigen, wenn sie 10 v. H. der Belastung durch ständige und Verkehrslast überschreitet.

Die einzelnen Stäbe eines Fachwerkträgers werden durch den auf sie treffenden Winddruck rechtwinklig zur Trägerebene auf Biegung beansprucht. Diese zusätzlichen Biegungsspannungen werden nur bei langen, breiten Stäben, d. h. bei großen Spannweiten in Rechnung gezogen und erlauben dann eine Erhöhung der sonst zulässigen Beanspruchung; ihre Größe ist bei mehrteiligen Querschnitten, deren einzelne Teile nicht durchlaufend miteinander vernietet sind, durch Vermehrung der Bindbleche und Querrahmen (Fig. 155–158), deren Entfernung hier auch bei Zugstäben nicht über 1,0 bis 1,5 m betragen soll, bzw. durch eine Vergitterung (Fig. 160 und 161) möglichst gering zu halten.

Die Standsicherheit des eisernen Überbaues gegen Umkippen durch die wagerechten Kräfte muß für einen Winddruck von 250 kg/qm bei unbelasteter und von 150 kg/qm bei durch leere Güterwagen mit 1,0 t/m Gleis belasteter Brücke eine mindestens 1,3fache sein.

### 4. Wärmeschwankungen.

Als Grenzen sind  $-25^{\circ}$  und  $+45^{\circ}$  C anzunehmen, so daß bei einer mittleren Aufstellungstemperatur von  $10^{\circ}$  mit einem Temperaturunterschied  $t = \pm 35^{\circ}$  zu rechnen ist. Der Einfluß der Wärmeschwankungen auf die Spannkkräfte bzw. Momente ist bei äußerlich statisch unbestimmten Hauptträgern stets, bei innerlich statisch unbestimmten nur dann zu berücksichtigen, wenn einzelne Teile durch einseitige Sonnenbestrahlung eine von den übrigen Teilen wesentlich verschiedene Temperatur annehmen können, z. B. die Gurtungen eines Bogenträgers mit aufgehobenem Horizontalschub gegenüber dem durch die Fahrbahn geschützt liegenden Zugband.

Bei Fachwerkträgern ist für diejenigen Vertikalen, die nur zur Aufhängung der Fahrbahn dienen, z. B. die Vertikalen in den ungeraden Knotenpunkten der Fig. 386<sup>a</sup>, als Stabkraft der größte durch ständige und Verkehrslast erzeugte Stützdruck des Quertägers einzuführen.

## V. Der Windverband.

### 1. Äußere Kräfte.

Der Windverband hat die gesamten wagerechten Kräfte auf die Auflagerpunkte überzuleiten, nämlich den Winddruck, der bei  $\frac{\text{belasteter}}{\text{unbelasteter}}$  Brücke mit  $\frac{150}{250}$  kg/qcm einzuführen ist, die Fliehkraft, deren Größe sich aus Gl. 64 berechnet, die Seitenstöße der Verkehrslast, deren Größe sich der Rechnung entzieht und durch die entsprechend niedrig bemessene zulässige Bean-

spruchung berücksichtigt wird, und endlich unter Vermittlung des Bremsverbandes (Fig. 396 und 397) die Bremskraft und den Anfahrwiderstand, die insbesondere bei Brücken in geneigten Strecken oder vor Bahnhöfen stets zu berücksichtigen sind.

## 2. Ermittlung der Winddrücke.

Die Höhe der vom Wind getroffenen Flächen setzt sich zunächst aus der Höhe der Fahrbahnkonstruktion und der zu 3,0 m über S. O. anzunehmenden Höhe des Eisenbahnzugs zusammen; die durch diese beiden Höhen nicht verdeckten Teile der Hauptträger sind nach ihren, aus der Berechnung der Hauptträger bekannten Abmessungen schätzungsweise einzuführen, und zwar für den windseitigen Hauptträger mit dem vollen, für den windab gelegenen mit dem halben Wert.

**a) Fahrbahn oben.**  $\alpha)$  Anordnung von **zwei** Windverbänden (Fig. 407). Es sei  $\frac{W_u}{W_o}$  der gesamte Winddruck auf den  $\frac{\text{Unter}}{\text{Ober}}$ gurt und die halbe Länge der in seinen Knotenpunkten anschließenden Füllungsstäbe,  $W_f$  der gesamte Winddruck auf die Fahrbahn,  $W_e$  der auf die Fahrzeuge. Dann

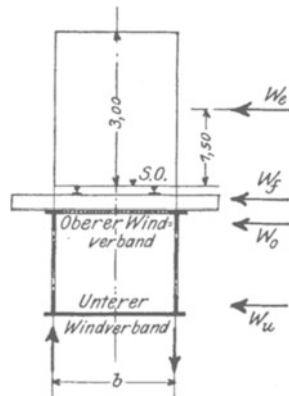


Fig. 407.

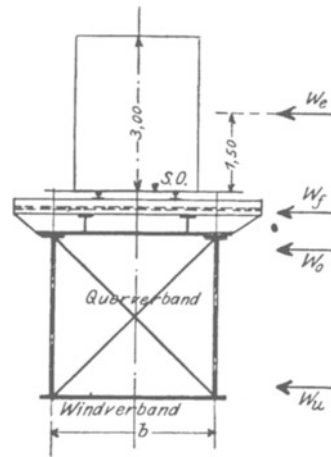


Fig. 408.

ist der untere Windverband durch  $W_u$ , der obere durch  $W_o + W_f + W_e$  belastet. Querverbände liegen nur in den Ebenen der Endquerträger (Fig. 67), um den Stützdruck desjenigen Verbandes, der außerhalb der durch die Auflagerpunkte bestimmten Ebene liegt, auf diese Punkte zu übertragen.

$\beta)$  Anordnung **eines** Windverbandes (Fig. 408). Der in der Ebene des  $\frac{\text{Ober}}{\text{Unter}}$ gurts liegende Verband hat den gesamten Winddruck  $W_u + W_o + W_f + W_e$  aufzunehmen. In allen Querträgerebenen sind Querverbände angeordnet (Fig. 72), die alle nicht unmittelbar in der Ebene des Windverbandes angreifenden Winddrücke, z. B.  $W_o + W_f + W_e$  in Fig. 408 auf die Knotenpunkte des Windverbandes zu übertragen haben; die Querträger können als Glieder dieser Querverbände verwendet werden.

Bei Blechträgern bedeuten  $W_o$  und  $W_u$  je den Winddruck auf die halbe Blechwand.

**b) Fahrbahn unten.**  $\alpha)$  Anordnung von **zwei** Windverbänden (Fig. 409). Da der Untergurt durch die Fahrbahn verdeckt ist, so fällt  $W_u$

fort; der obere Windverband ist durch  $W_0$ , der untere durch  $W_f + W_e$  belastet.

Der obere Windverband geht entweder über die ganze Spannweite durch und überträgt dann seine Auflagerdrücke durch in den Endvertikalen (Fig. 68 und 69) oder in den Enddiagonalen (Fig. 70) angeordnete Portale unmittelbar auf die Stützpunkte, oder aber, besonders bei gekrümmtem Obergurt, nur über einen Teil der Spannweite (Fig. 71) und gibt dann seine Auflagerdrücke durch Querrahmen an den unteren Windverband ab.

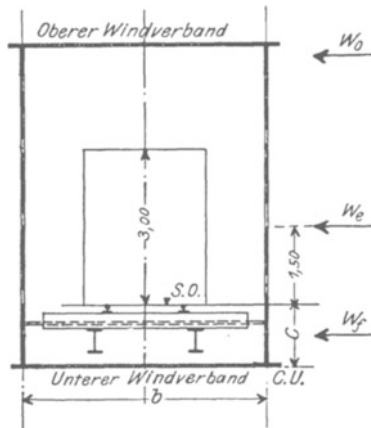


Fig. 409.

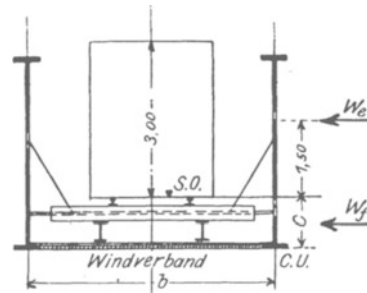


Fig. 410.

$\beta$ ) Anordnung eines Windverbandes (Fig. 410) in der Untergurtebene. Da bei Fachwerkträgern der Untergurt durch die Fahrbahn, der Obergurt durch die Fahrzeuge verdeckt ist, so fallen  $W_0$  und  $W_u$  fort, und der Windverband ist durch  $W_f + W_e$  belastet. Bei Blechträgern ist die Fahrbahn ganz, das Verkehrsband zum Teil von der Blechwand verdeckt, so daß  $W_0 + W_u$  als Winddruck auf die volle Blechwand und  $W_f$  als Winddruck auf die Fahrzeuge von der Höhe  $(3,0 + c - h)$  m wirksam und durch den Windverband aufzunehmen sind; dabei bedeutet  $h$  die Blechträger- und  $c$  die Konstruktionshöhe (Fig. 410).

### 3. Querschnittsbestimmung.

Aus den gefundenen Winddrücken  $W$  ergeben sich die Knotenlasten des Windverbandes, der dann als Parallelträger auf zwei bzw. mehreren Stützen ohne oder mit Gelenken zu berechnen ist; der Winddruck  $W_f$  ist dabei als bewegliche Belastung einzuführen. Die Querschnittsbestimmung erfolgt nach den Regeln des 3. Kap.

## VI. Die Querverbände.

a) **Fahrbahn oben.** Die Querverbände werden fachwerkförmig gegliedert und als Träger auf 2 Stützen berechnet. Bei Anordnung von zwei Windverbänden (Fig. 411) hat jeder der beiden in den Auflagervertikalen angeordneten Querverbände die halbe Windlast des oberen Verbandes auf die Stützpunkte zu übertragen. Bei Anordnung eines Windverbandes, z. B. in der Obergurtebene (Fig. 412), hat jeder Querverband in den freien Knotenpunkten die Knotenpunktswindlast des Untergurtes nach oben zu überführen;



in den beiden Auflagerknotenpunkten wird die Hälfte der gesamten Windlasten durch die beiden Endquerverbände auf die Stützpunkte übertragen.

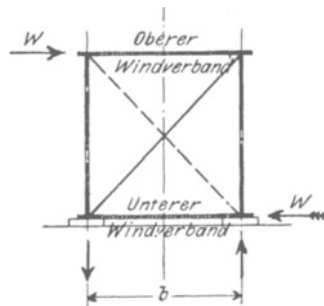


Fig. 411.

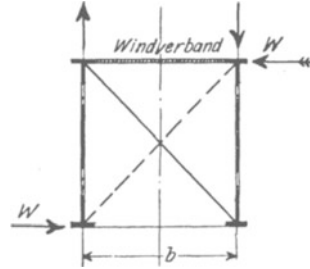


Fig. 412.

b) **Fahrbahn unten.** Die Querverbände werden als vollwandige oder fachwerkförmig gegliederte Querrahmen oder Portale in folgenden Formen ausgebildet.

a) **Eingespannter Rahmen mit oberem Querriegel** (Fig. 413). An den Querträger *AB* schließen sich die Vertikalen *AC* und *AD* in *A* und *B* biegungsfest an; die oberen Gelenkpunkte *C* und *D* sind durch den Querriegel *CD* verbunden, der gleichzeitig Glied des oberen Windverbands ist.

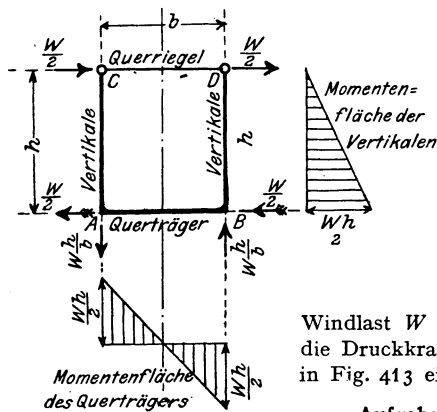


Fig. 413.

Das Viereck *ABCD* ist bei  $n=4$  Knotenpunkten durch  $s=4$  Seiten und  $w=2$  Winkel (*A* und *B*), insgesamt durch  $z=6$  Stücke bestimmt, daher  $r=6-2\cdot 4+3=1$  einfach innerlich statisch unbestimmt. Die im Punkte *C* angreifende Windlast  $W$  erzeugt im Stab *CB* nach Gl. 58 (Fig. 359<sup>b</sup>) die Druckkraft  $X=\frac{1}{2}W$ , und es ergeben sich darnach die in Fig. 413 eingetragenen Stützdrücke und Momente.

**Aufgabe 78.** Es ist der Querrahmen in der Vertikalen (2)–(II), der in Fig. 414 dargestellten Fachwerkbrücke zu berechnen. Die Spannkraft im Stab (2)–(II), beträgt von

der ständigen last  $\frac{30,0}{70,0}$  t.  $k = \frac{920}{1070}$  kg/qcm ohne Berücksichtigung des Winddrucks.

**Auflösung.** Die mittlere Querschnittshöhe beträgt für den Obergurt 500 mm, für die Diagonalen 400 mm, für die Vertikalen 300 mm; daher ergibt sich die für den oberen Windverband maßgebende vom Wind getroffene Fläche bei einem mittleren Neigungswinkel der Diagonalen von  $50^\circ$  und einer mittleren Länge der Vertikalen von 6300 mm zu  $0,5 + \frac{1}{2} \cdot \frac{0,4}{\cos 50^\circ} + \frac{1}{2} \cdot 0,3 \cdot \frac{6,3}{5,4} = 1,0$  qm/m, zuzüglich der Knotenbleche, geschätzt zu 0,45 qm/m, und 50 v. H. des windab gelegenen Hauptträgers insgesamt zu  $1,0 + 0,45 + 0,5 \cdot 1,45 = 2,2$  qm/m. Daher berechnet sich der Stützdruck des 32,4 m langen oberen Windverbandes bei unbelasteter Brücke zu  $W = \frac{1}{2} \cdot 32,4 \cdot 2,2 \cdot 0,25 = \sim 9,0$  t. Für die Vertikale (2)–(II) ergibt sich dann beispielsweise im Abstand 3,6 m vom Punkt (II), das Windmoment bei unbelasteter Brücke zu  $M_w = \frac{1}{2} \cdot 9,0 \cdot 3,6 = 16,2$  mt. Der vorhanden

belasteter Brücke zu  $M_w = \frac{16,2 \cdot 150 : 250 = 9,7$  mt. Der vorhandene Querschnitt (Fig. 415)  $\frac{300}{12} + 4 \cdot \frac{150 : 12}{100 : 12} + 2 \cdot \frac{320}{10}$  hat  $F = 214,8$  qcm und  $\mathfrak{B} = 1990$  cm<sup>3</sup>

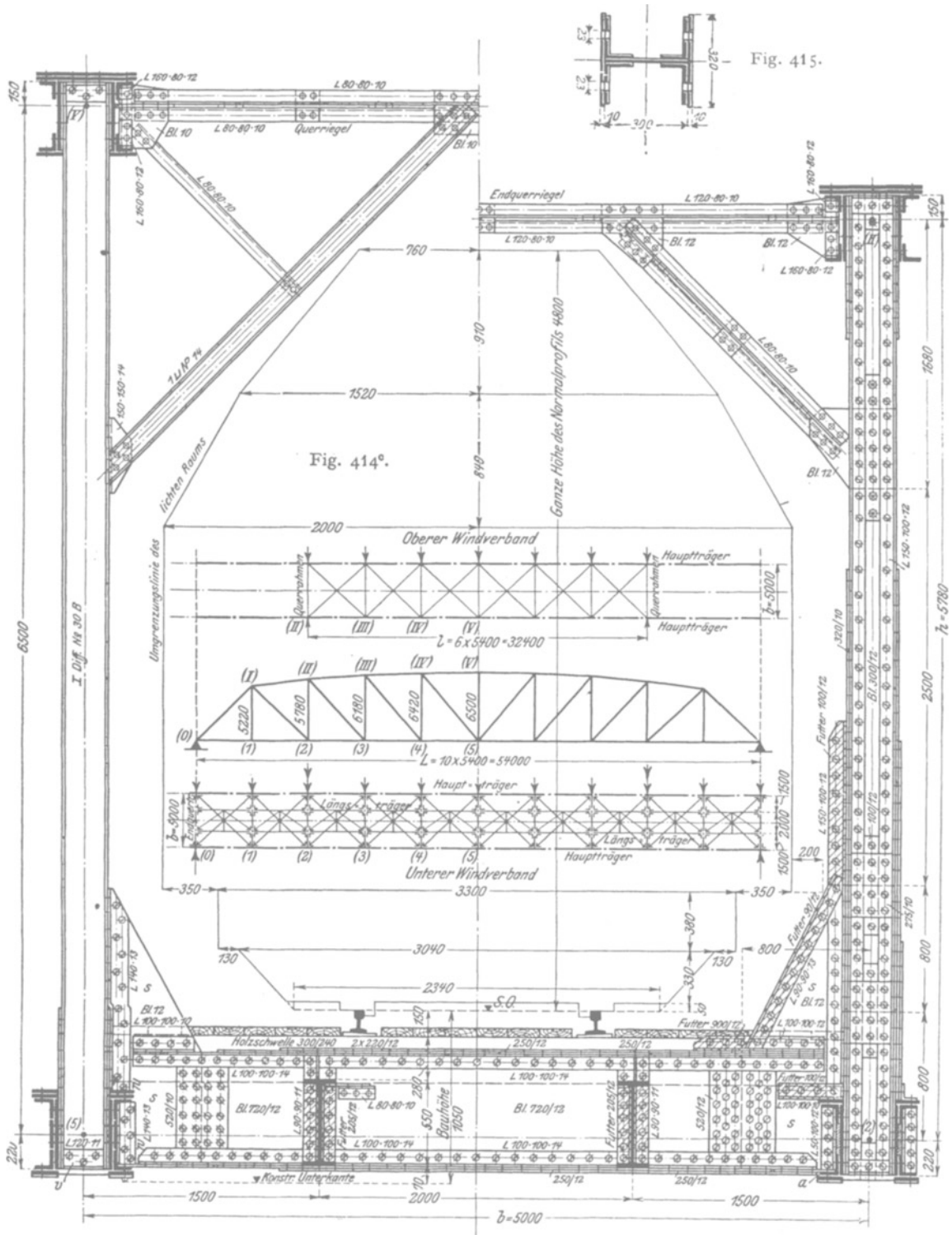


Fig. 414<sup>a</sup>.  
Querschnitt in Mitte.

Fig. 414<sup>b</sup>.  
Querschnitt (2)-II.

bei Nietabzug, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma = \frac{30000}{214,8} + \frac{1620000}{1990} = 140 + 810 = 950 \text{ kg/qcm}$  ohne bzw.  $\frac{100000}{214,8} + \frac{970000}{1990} = 470 + 490 = 960 \text{ kg/qcm}$  mit Berücksichtigung der Verkehrslast.

Der in Fig. 414<sup>b</sup> zwischen dem oberen, durch den Längsdruck  $\mathfrak{X} = 4,5 \text{ t}$  beanspruchten Querriegel und der Vertikalen (2)<sub>1</sub>—(II), angeordnete Schrägstab aus 2 |80:10 bezweckt nur die Verringerung der Durchbiegung des Querriegels durch sein Eigengewicht. Soll er auch zur Übertragung der Windkräfte herangezogen werden, so muß der Querriegel biegungsfest ausgebildet werden (vgl.  $\beta$  und Fig. 417).

$\beta$ ) Ringsum eingespannter Rahmen (Fig. 416). Die Vertikalen AC und AD schließen sich nicht nur an den Querträger AB, sondern auch an den Querriegel CD biegungsfest an.

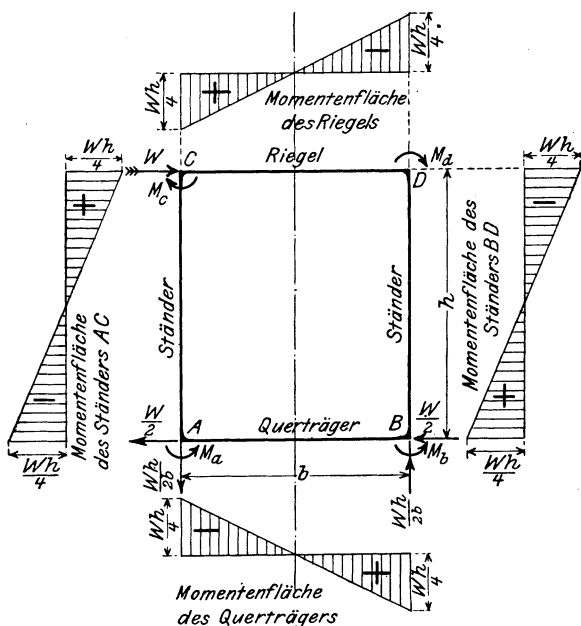


Fig. 416.

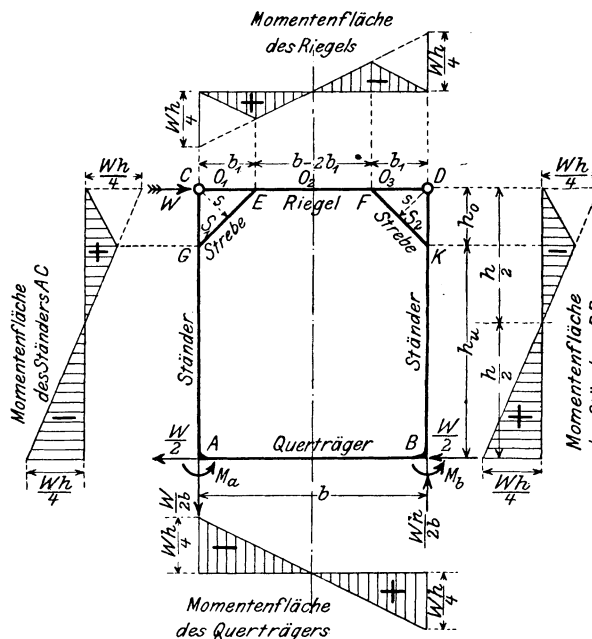


Fig. 417.

Das Viereck  $ABDC$  ist bei  $n = 4$  Knotenpunkten durch  $s = 4$  Seiten und  $w = 4$  Winkel, insgesamt durch  $z = 8$  Stücke bestimmt, daher  $r = 8 - 2 \cdot 4 + 3 = 3$  fach innerlich statisch unbestimmt. Zur vorläufigen Querschnittsbestimmung darf man das Trägheitsmoment der 4 Stäbe als gleich groß einführen; dann wird bei der in  $C$  angreifenden Windlast  $W$  die Längskraft im oberen Riegel  $CD$  wie vorher  $\mathfrak{X} = \frac{W}{2}$  und die Momente nehmen die in Fig. 416 eingetragenen Werte an.

Für den in Fig. 417 dargestellten Fall ist  $n = 8$ ,  $s = 10$ ,  $w = 6$ , daher  $z = 16$  und  $r = 16 - 2 \cdot 8 + 3 = 3$ . Unter der vorigen Voraussetzung berechnen sich die Spannkraften  $S_1$  und  $S_2$  in den Streben  $GE$  und  $FK$  aus der Bedingung, daß die Momente in  $C$  und  $D$  gleich Null sein müssen, zu  $S_1 = -S_2 = W \frac{h}{4s}$ , wo  $s$  die Länge des Lots von  $C$  bzw.  $D$  auf die Strebe ist. Die in Fig. 417 eingetragenen Momentenflächen ergeben sich dann unmittelbar aus Fig. 416.

Werden die Streben nach Fig. 418 geknickt ausgeführt, so berechnet man zunächst die Spannkraften  $S_1$  und  $S_2$  wie vorher zu  $S_1 = -S_2 = W \frac{h}{4s}$  und findet dann aus den Kräfdreiecken für die Punkte  $J$  und  $L$  die Spannkraften  $S'$  und  $S''$ .

Wird in Fig. 417 der Abstand  $EF = 0$ , also  $b_1 = \frac{b}{2}$ , so erhält man den in Fig. 419 dargestellten Fall, bei dem der obere Riegel keine Biegemomente, sondern nur die durch Nullsetzen der Momente für die Punkte  $G$  und  $K$  sich ergebenden Längskräfte

$$O_1 = -\frac{W}{4h_0} (2h_0 + h) \text{ bzw. } O_2 = -\frac{W}{4h_0} (2h_0 - h)$$

erleidet, während die Strebenkräfte wieder

$$S_1 = -S_2 = W \frac{h}{4s} \text{ sind.}$$

Wird noch der Stab  $GK$  eingezogen, so ist dessen Spannkraft  $U = 0$ .

In allen vier Fällen sind die neben den Momenten in den einzelnen Stäben auftretenden Längskräfte den Fig. 416 bis 419 unmittelbar zu entnehmen; ihr Einfluß auf die Querschnittsbestimmung ist nur gering und darf meist vernachlässigt werden. Die Stützdrücke des Querträgers auf die Hauptträger sind endlich in allen Fällen  $\pm W \frac{h}{b}$ .

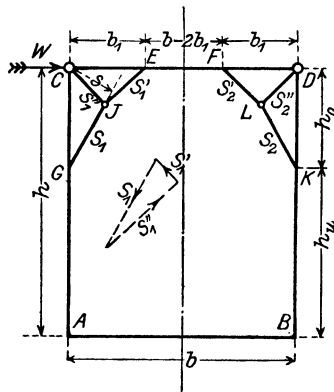


Fig. 418.

$\gamma$ ) Rahmen mit Kämpfergelenken (Fig. 420). Sie kommen mit oder ohne Scheitelgelenk dann zur Verwendung, wenn die Auflagerdrücke des oberen Windverbands nicht in den senkrechten Querträgerebenen, sondern nach Fig. 70 in der Schrägebene der Enddiagonalen nach unten geleitet werden, die Querträger daher zur Übertragung nicht mit herangezogen werden können.

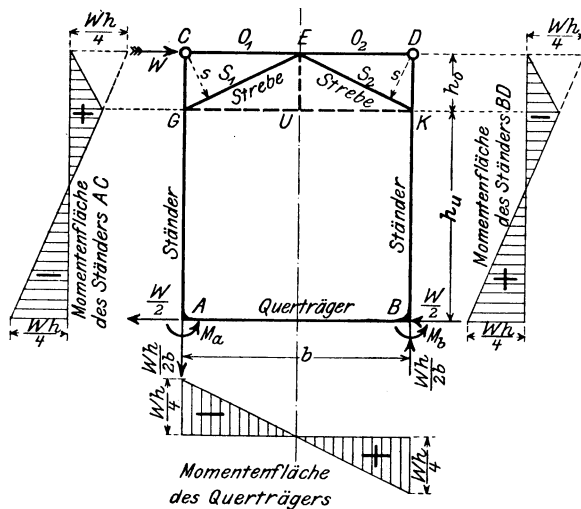


Fig. 419.

Für das Viereck  $ABDC$  (Fig. 420) ist  $n = 4$ ,  $s = 3$ ,  $w = 2$ , daher  $z = 5$  und  $z = 5 = 2n - 3$ ; es ist daher innerlich unverschieblich und bedarf zur unverschieblichen Lagerung dreier Stützdrücke; da aber zwei Linienauflager mit  $2 \times 2 = 4$  Stützdrücken vorhanden sind, ist der Querrahmen äußerlich einfach statisch unbestimmt. Mit der unter  $\beta$ ) gemachten Voraussetzung gleicher Trägheitsmomente verteilt sich der in  $C$  angreifende Winddruck  $W$  zu gleichen Teilen auf beide Auflager, so daß sich die in Fig. 420 dargestellten Momentenflächen ergeben.

Wird der obere Riegel nach Fig. 421 fachwerkförmig gegliedert, so ergeben sich die

$$\text{Spannkräfte } D = +\frac{W}{\sin \alpha} \frac{d}{b} \text{ bzw. } U = -\frac{W}{2} \frac{d}{d_0} \text{ bzw. } O = -\frac{W}{2} \frac{d}{d_0} (d + d_0).$$

Erfolgt die Gliederung nach Fig. 422, so ergibt sich  $D_1 = -D_2 = +\frac{W}{\sin \alpha} \frac{d}{b}$  bzw.

$$U = 0 \text{ bzw. } O_1 = -\frac{W}{2} \frac{d}{d_0} (d + d_0) \text{ bzw. } O_2 = +\frac{W}{2} \frac{d}{d_0} (d - d_0) = +\frac{W}{2} \frac{d}{d_0} d_u$$

Die Momentenflächen der Ständer sind für beide Fälle in Fig. 421 dargestellt,

$\delta$ ) Offene Halbrahmen (Fig. 423). Der obere Querriegel  $CD$  fehlt ganz; die Vertikalen  $AC$  und  $BD$  sind in  $A$  und  $B$  biegefest an den

Querträger angeschlossen und übertragen die auf die Obergurte entfallenden Winddrücke  $W_0'$  und  $W_0''$  durch ihren Biegungswiderstand in den unten liegenden Windverband.

Für das Viereck  $ABDC$  ist  $n=4$ ,  $s=3$ ,  $w=2$ , daher  $z=5$  und  $z=5=2n-3$ ; es ist daher innerlich statisch bestimmt. Die Momentenflächen der Ständer und Querträger sind in Fig. 423 dargestellt.

Bei diesen offenen Brücken haben die Halbrahmen noch die wichtige Aufgabe, die Knotenpunkte des gedrückten Obergurts gegen Ausknicken aus der Trägerebene heraus zu schützen. Am ungünstigsten ist der windseits gelegene Ständer  $AC$  beansprucht, in-

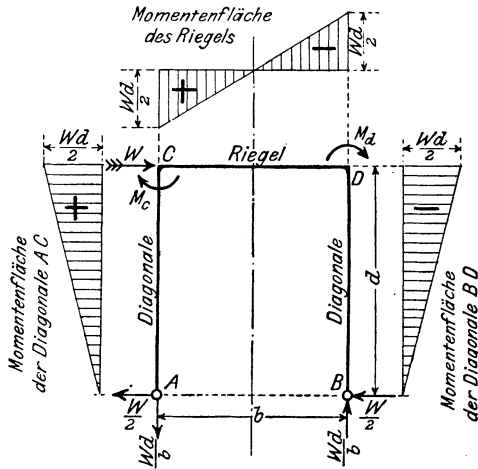


Fig. 420.

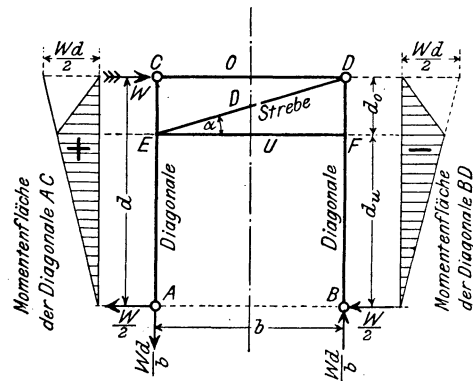


Fig. 421.

sofern er nicht nur durch den Winddruck  $W_0'$ , sondern auch durch die bei der Belastung des Querträgers eintretende Formänderung (Fig. 424) nach innen gebogen wird. Ist  $J_y$  das Trägheitsmoment des Obergurts,  $S_y$  das

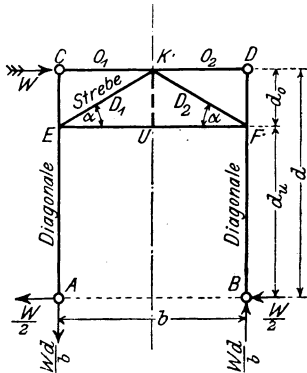


Fig. 422.

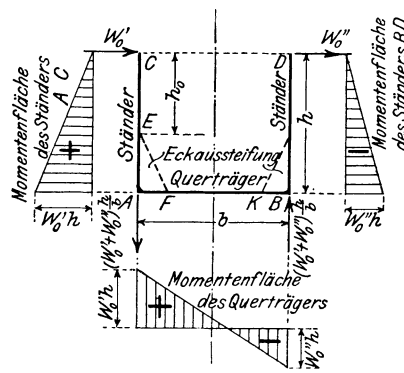


Fig. 423.

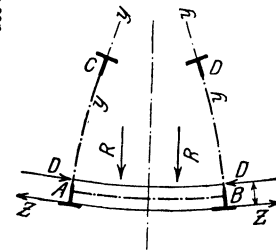


Fig. 424.

des Ständers, beide bezogen auf die Achse  $yy = AC$ ,  $S$  die größte Spannkraft im Obergurt,  $a$  die Entfernung der Halbrahmen (= Querträgerentfernung),  $E = 2150 \text{ t/qcm}$  der Elastizitätsmodul, so muß die Sicherheit des Ständers gegen Ausbiegen, der sog. Quersteifigkeitsgrad der Brücke

$$66) \quad \mathfrak{S} = \frac{E}{Sh} \sqrt{\frac{12 \mathfrak{S}_y J_y}{ah}}$$

eine mindestens 5fache sein.

Sind die Werte  $S$  und  $J_y$  für die beiden in  $C$  zusammentreffenden Obergurtstäbe verschieden groß, so ist ihr Mittelwert in Gl. 66 einzuführen.

Sind die Ständer durch Eckaussteifungen gegen die Querträger abgestützt, wie in Fig. 423 gestrichelt dargestellt, so ist an Stelle von  $h$  nur die bis zum 1. Niet der Eckaussteifung gemessene Teilhöhe  $h_0$  in Gl. 66 einzusetzen.]

Aus Gl. 66 ergibt sich das bei 5facher Knicksicherheit erforderliche Trägheitsmoment des Ständers zu

$$66^a) \quad \mathfrak{S}_y = \frac{\mathfrak{S}^3 S^2 ah^3}{12 E^2 J_y}$$

Erleidet der Ständer durch ständige und Verkehrslast eine Druckkraft, die für sich das Trägheitsmoment  $\mathfrak{S}_y'$  erfordert, so muß das gesamte Trägheitsmoment für die Achse  $yy$  den Wert  $\mathfrak{S}_y'' = \mathfrak{S}_y + \mathfrak{S}_y'$  haben. Ist umgekehrt  $\mathfrak{S}_y''$  das wirklich vorhandene Trägheitsmoment des Ständers, der infolge der durch ständige und Verkehrslast in ihm erzeugten Druckkraft das Trägheitsmoment  $\mathfrak{S}_y'$  erfordert, so ist in Gl. 66 der Wert  $\mathfrak{S}_y = \mathfrak{S}_y'' - \mathfrak{S}_y'$  einzuführen.

**Aufgabe 79.** Es ist Quersteifigkeitsgrad der in Fig. 137 und 387 dargestellten Fachwerkbrücke zu berechnen.

**Auflösung.** Die freie Höhe des durch ständige und Verkehrslast auf Zug beanspruchten (vgl. Fig. 137 Zahlentafel 2) Ständers beträgt nach Fig. 387<sup>b</sup> bis zur Eckaussteifung rund  $h_0 = 2,0$  m, sein Trägheitsmoment  $\mathfrak{S}_y = 5170$  cm<sup>4</sup>. Die größten Druckkräfte im Obergurt treten für Punkt IV, mit  $S = 141,0$  t ein; das Trägheitsmoment der dort zusammenstoßenden Gurtstäbe ist (nach Zahlentafel 2)  $J_y = 27040$  cm<sup>4</sup>. Daher wird mit  $a = 3,5$  m der Quersteifigkeitsgrad nach Gl. 66 ein

$$\mathfrak{S} = \frac{2150}{141,0 \cdot 200} \sqrt{\frac{12 \cdot 5170 \cdot 27040}{350 \cdot 200}} = 11,8 \text{ facher.}$$

## VII. Die Auflager.

Die Berechnung der Auflager erfolgt auf Grund der größten senkrechten und wagerechten Stützdrücke der Hauptträger nach den Regeln des 3. Kap. (vgl. Aufg. 29 und 30). Da die Stöße der Verkehrslast die Brücke und daher auch die Auflager um so ungünstiger beanspruchen, je kleiner die ständige Last ist, so wählt man bei Spannweiten  $L \leq 10$  m die zulässige Druckbeanspruchung des Auflagersteins nicht größer als  $k_m = 15$  bis 18 kg/qcm.

Bei der Bewegung der losen Auflager (Gleit- oder Rollenlager) infolge der Verkehrslast und der Temperaturschwankungen treten Reibungswiderstände auf, deren Einfluß auf die Hauptträger meist vernachlässigt wird, deren Einfluß auf die Lager aber durch möglichste Einschränkung ihrer Höhe und durch Verhinderung der Beschmutzung der Gleit- und Rollflächen durch Staub und Regen gemildert wird.

<sup>1)</sup> Vgl. Engesser, Nebenspannungen. Berlin 1892.

## B. Konstruktion der Eisenbahnbrücken.

### I. Die Fahrbahndecke.

#### 1. Oberbauanordnung.

a) Die Schienen liegen unmittelbar auf der Eisenkonstruktion auf, und zwar entweder auf den Hauptträgern oder aber auf den Längsträgern oder endlich auf den Querträgern (Fig. 425). Diese Anordnung wird wegen der unmittelbaren Übertragung der Stöße auf die Konstruktion nur ausnahmsweise bei sehr geringer Konstruktionshöhe angewendet. Zur Milderung der Stöße werden zwischen Schienenunterlagsplatten und Eisenkonstruktion Filz- oder Lederplatten eingelegt (Fig. 426).

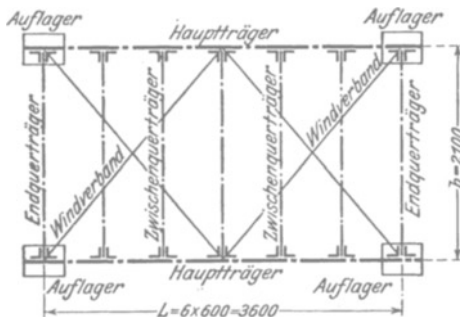


Fig. 425<sup>a</sup>.

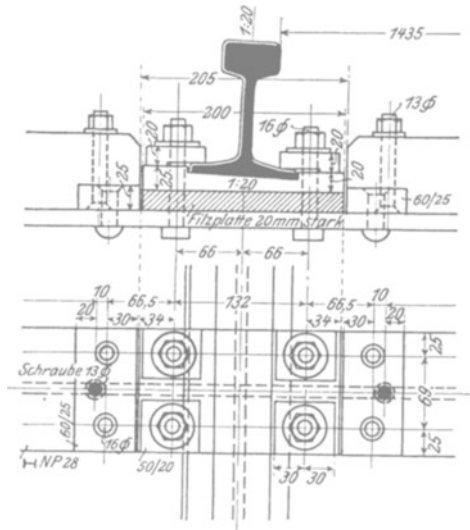


Fig. 426.

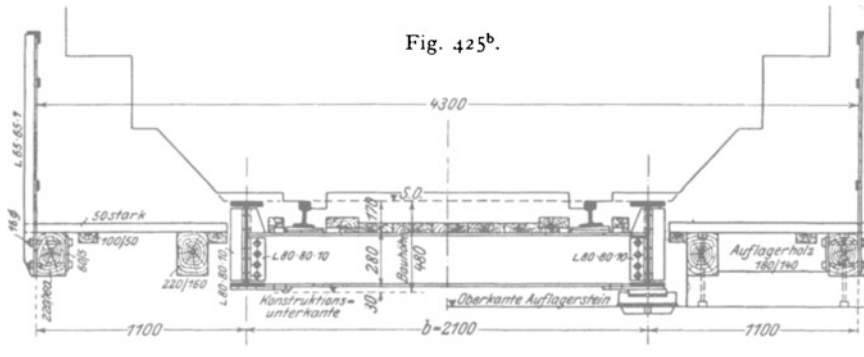
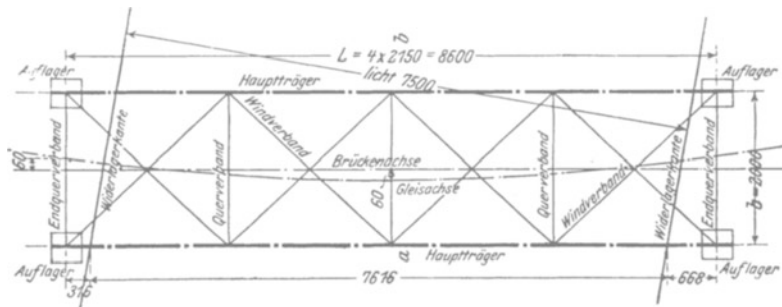
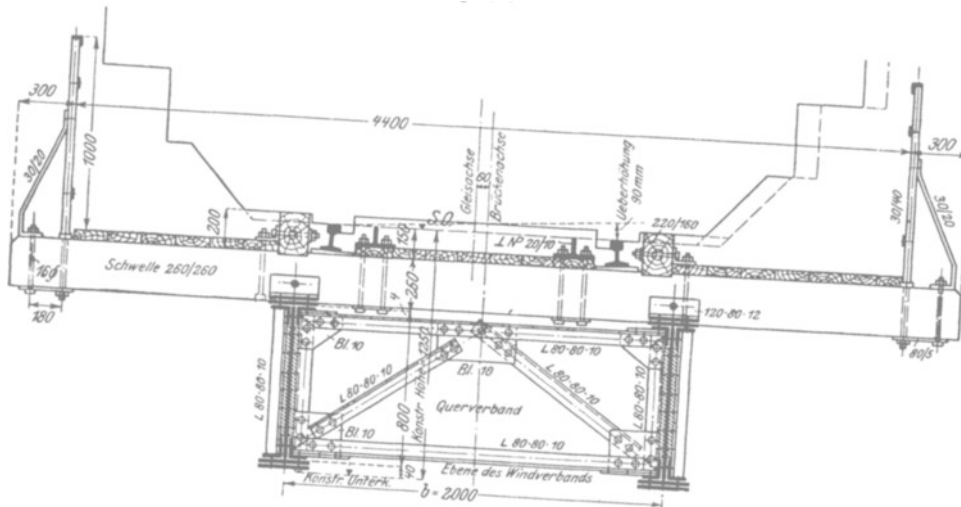


Fig. 425<sup>b</sup>.

b) Die Schienen liegen mit hölzernen Querschwellen auf der Eisenkonstruktion auf, und zwar entweder unmittelbar auf den Hauptträgern (Fig. 427) oder aber auf den Längsträgern (Fig. 386, 387, 414). Der Abstand der Schwellen, die zur guten Lagerung und Befestigung der Schienenunterlagsplatten eine Breite von mindestens 22 cm erhalten müssen, soll im durchlaufenden Gleis höchstens 0,6 m von Mitte zu Mitte sein; an den Schienenstößen, die bei Spannweiten über 16 m erforderlich werden, ist die Schwellenlage nach den für den betreffenden Oberbau erlassenen Vorschriften anzuordnen. Die Austeilung der Schwellen erfolgt so, daß der Querträgerabstand  $a$  (Fig. 380<sup>a</sup>)

in eine Anzahl gleicher Teile  $\leq 0,6$  m eingeteilt wird und der Querträger zwischen zwei Schwellen liegt (Fig. 431 und 447). Gegen seitliche Verschiebung wird die Schwelle 1 bis 3 cm eingekämmt (Fig. 428); gegen Verschieben in der Fahrtrichtung und zur Verhinderung des Aufkippens bei einer Entgleisung wird sie durch Schrauben von 20 bis 26 mm  $\phi$  und Winkelstücke 120·80·10 bis 160·80·14 mit der Eisenkonstruktion verbunden; mit Rücksicht auf die verschiedene Richtung der Bremskraft und des Anfahrwiderstandes werden diese Winkeleisen zweckmäßig abwechselnd auf der einen und anderen Seite der Schwelle angeordnet.

Fig. 427<sup>a</sup>.Fig. 427<sup>b</sup>.

Infolge der durch die Verkehrslast hervorgerufenen Durchbiegung legt sich die Schwelle auf die Innenkante *A* (Fig. 428) des Schwellenträgers und beansprucht dessen obere Gurtung durch das Moment  $Rr$  auf Biegung. Bei den gewalzten  $\text{H}$ -Normalprofilen haben sich hieraus Übelstände nicht ergeben, weil die an sich schon schmalen Flansche dieser Profile durch die Schwellenbefestigungswinkel selbst eine wesentliche Verstärkung erfahren. Bei den Differdinger  $\text{H}$ -Eisen empfiehlt es sich, bei Flanschbreiten über 200 mm besondere Unterlagplatten *p* (Fig. 429) anzuordnen, die mit den Flanschen durch Stiftschrauben verbunden sind und eine möglichst zentrische Druckübertragung ermöglichen. Die Länge dieser Platten ist durch die Schwellenbreite bestimmt; ihre Stärke beträgt 20 bis 30 mm, ihre Breite endlich nicht unter 100 mm; die Druckbeanspruchung des Holzes soll für den größten Auflagerdruck der Schwelle nicht mehr als 60 bis 70 kg/qcm betragen. Liegen die Schwellen auf genieteten Trägern (Fig. 427<sup>b</sup>), so ist im





Liegt das Gleis in einer Kurve, so wird die verschiedene Höhenlage der Schienen dadurch erreicht, daß man entweder unter der äußeren Schiene einen durchlaufenden Längsbalken von der Höhe der Überhöhung  $u$  anordnet, oder daß man den äußeren Längsträger höher rückt (Fig. 386), oder daß

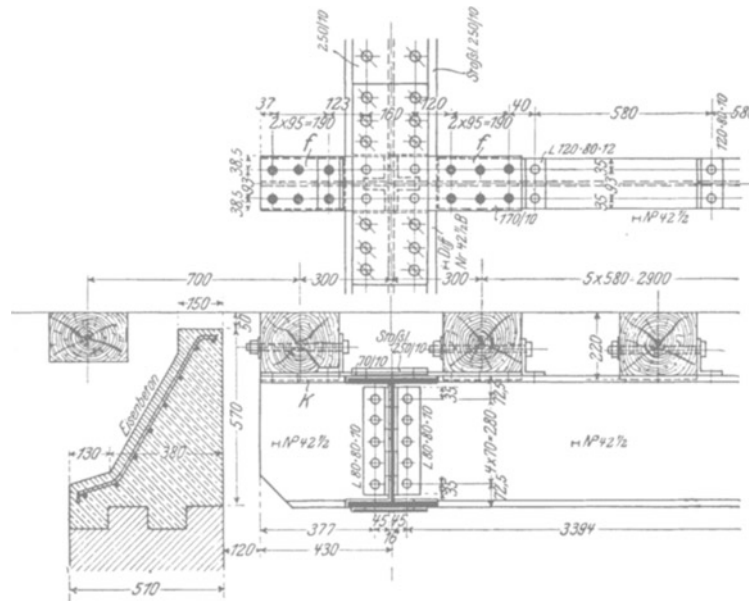


Fig. 431. Fahrbahnabschluß der Brücke Fig. 387.

man den äußeren Längsträger eine größere Profilhöhe gibt (z. B. außen  $\text{I-NP}$ , innen  $\text{I-Diff}$ ), oder daß man endlich die ganze Brücke geneigt anordnet (Fig. 427<sup>b</sup>), eine Anordnung, die aber nur bei kleiner Spannweite und Überhöhung zulässig und zweckmäßig ist.

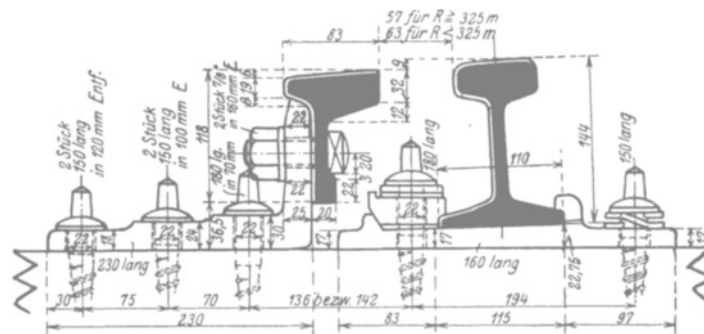


Fig. 432.

Ist der Radius der Krümmung kleiner als 500 m, so sind Entgleisungsvorrichtungen anzubringen, die entweder nach Fig. 386 und 427<sup>b</sup> aus beiderseits der Schiene angeordneten Leitschienen (außen Streichbalken, innen  $\perp$ -Eisen) oder aber nach Fig. 432 nur aus einer innen angebrachten Zwangsschiene bestehen. Dieselben Vorrichtungen sind auch bei geradem Gleis zur Ver-

hinderung des Ablaufens entgleister Räder zu treffen, wenn die Fahrbahn über dem Obergurt liegt.

c) **Das Schotterbett wird auf der Brücke durchgeführt**, so daß der Oberbau der freien Strecke auch auf der Brücke beibehalten werden kann.

Die geringste Stärke der Bettung soll von Oberkante Abdeckschicht bis Schwellenunterkante bei den 16 cm hohen Holzschwellen 20 cm, bei den 8 cm hohen Eisenschwellen 15 cm betragen. Die Breite des Schotterbetts soll tunlichst 3,3 m betragen, um das Unterstopfen der Schwellen vor Kopf zu ermöglichen.

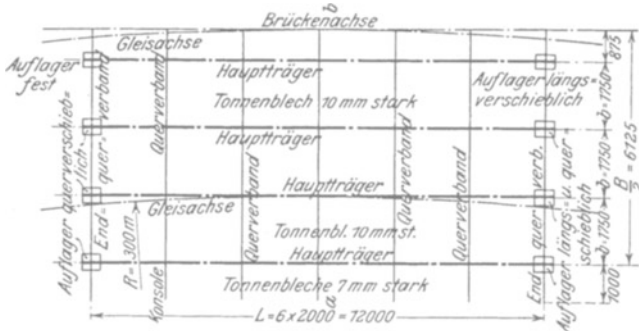


Fig. 433<sup>a</sup>.

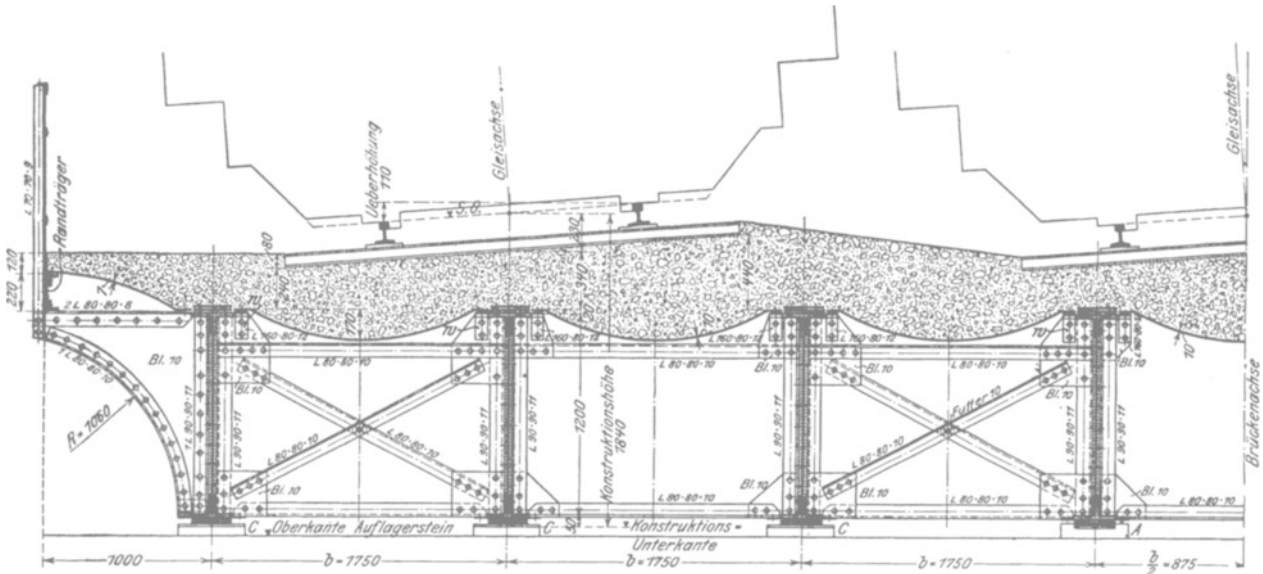


Fig. 433<sup>b</sup>. Schnitt a—b.

Die Schienenüberhöhung in Kurven wird durch verschiedene Stärke des Schotterbetts erzielt (Fig. 433).

## 2. Abmessungen der Fahrbahndecke.

a) Die Breite der eigentlichen Fahrbahn richtet sich nach der Umgrenzungslinie (Normalprofil) des lichten Raumes, das 4,0 m Breite und 4,8 m Gesamthöhe mit je 0,38 m hohen Absätzen über Schienenoberkante hat (Fig. 434).

Wegen der im Betriebe vorkommenden Verschiebungen und Senkungen der Gleise sollen alle Konstruktionsteile, die innerhalb der beiden Absätze, also nicht höher als 0,76 m über S.O. liegen, bei Querschwellenoberbau min-



## II. Die Fahrbahntafel.

Eine eigentliche Fahrbahntafel ist nur bei Durchführung des Schotterbetts vorhanden und wird gebildet durch:

### 1. Buckelbleche,

die verzinkt oder mit Asphaltlack gestrichen werden. Die Pfeilhöhe beträgt  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$  der kleineren Seite. Mit Rücksicht auf eine gute Entwässerung werden sie unter der eigentlichen Fahrbahn stets hängend angeordnet und an allen 4 Seiten durch Niete von 16 mm  $\phi$  in 60 bis 70 mm Teilung an die Quer- und Längsträger (Fig. 388) oder bei als Blechträger ausgebildeten Hauptträgern auch unmittelbar an deren Stehblech (Fig. 404) angeschlossen; in diesem Falle ist an der Blechwand ein  $\perp$ -Profil anzuordnen, das aus  $\perp$  NP.  $\frac{12}{6}$

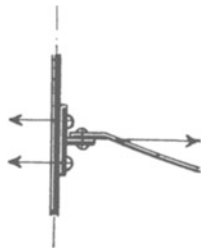


Fig. 435.

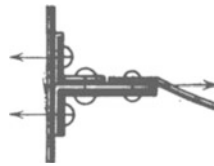


Fig. 436.

bis  $\frac{16}{8}$  (Fig. 435) oder aber besser aus 2 Winkeleisen (Fig. 436) besteht, von denen das untere an den Querträgeranschlüssen unterbrochen wird; wegen der Zugbeanspruchung der Befestigungsniete soll die Teilung in der Blechwand nicht größer als 60 bis 70 mm sein.

Werden genietete Quer- und Längsträger verwendet, so ist im Obergurt stets eine Lamelle anzuordnen (Fig. 437), um das Abbiegen und Abwürgen der Gurtwinkel durch den Horizontalabzug der Buckelbleche zu verhindern. Um in der Vernietung des Blechträgers unabhängig von der

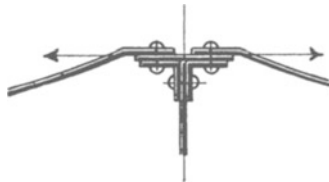


Fig. 437.

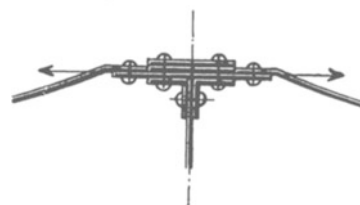


Fig. 438.

Buckelplatten zu sein, ist es zweckmäßiger und bei mehreren Lamellen auch Regel, die unmittelbar auf den Gurtwinkeln liegende Lamelle beiderseits um 60 bis 70 mm breiter auszuführen (Fig. 438); die Untergurtlamellen werden dabei entweder alle in gleicher oder auch in verschiedener Breite (Fig. 433<sup>b</sup>) ausgeführt.

Nach der Vernietung werden alle Fugen mit Asphaltkitt verstrichen und darauf die ganze Oberfläche der Fahrbahntafel zweimal mit Teer + Asphalt gestrichen und mit feinem Sand übersiebt.

Das durch das Schotterbett dringende Wasser sammelt sich an den tiefsten Punkten der Buckelbleche; hier sind Bohrungen von 25 bis 40 mm  $\phi$  angebracht, die mit einer Kieshaube bedeckt sind, das sind halbkugelförmige, mit Öffnungen für den Wasserablauf versehene gußeiserne

Siebe (Fig. 439 und 440)<sup>1)</sup>; an das Bohrloch schließt sich die Tülle, das ist ein Abflußrohr von 30 bis 40 mm Weite, das in untergehängte Längsrinnen aus Zinkblech, verzinktem Eisenblech oder verzinktem  $\sqcup$ - oder  $\wedge$ -Eisen von wenigstens  $80 \times 60$  mm freier Querschnittsfläche entwässert; diese Rinnen sind entweder unter dem Querträger aufgehängt (Fig. 404<sup>b</sup>) oder aber bei fehlender Konstruktionshöhe durch den Querträgersteg geführt (Fig. 388<sup>b</sup>), der dann entsprechend auszusteifen ist; sie erhalten von der Mitte

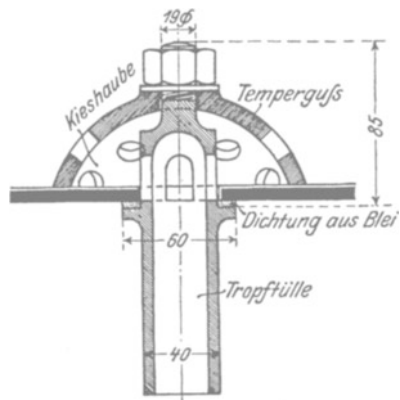


Fig. 439.

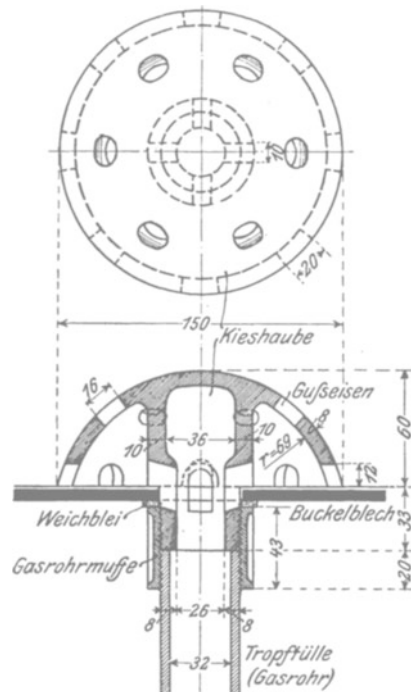


Fig. 440.

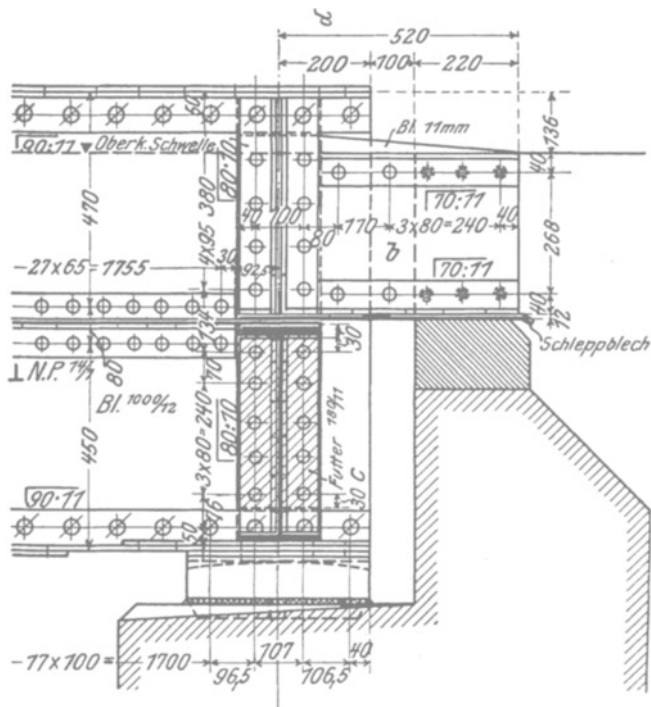


Fig. 441<sup>a</sup>.

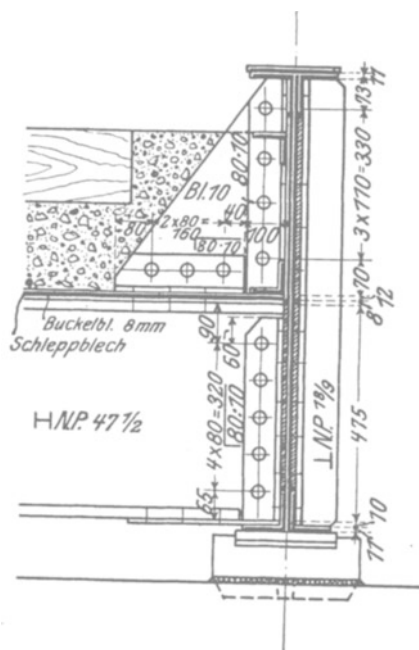


Fig 441<sup>b</sup>. Schnitt c—d.

<sup>1)</sup> Fig. 439 System C. H. Jucho-Dortmund; Fig. 440 System Aug. Klönne-Dortmund.

zu den Widerlagern hin ein Gefälle von mindestens 1:100, besser 1:50 und entwässern in parallel den Widerlagern laufende, mit einem Gefälle nicht unter 1:50 verlegte Querrinnen und durch diese in die Abfallrohre.

Statt dieser Einzelentwässerung einer jeden Buckelplatte kann man bei Brücken bis etwa 10 m Spannweite auch die Fahrbahn als Ganzes nach den beiden Widerlagern hin entwässern. Die Buckelbleche werden dann bis etwa 3 cm über Fahrbahnafeloberkante mit Beton ausgefüllt, dessen Oberfläche ein Quergefälle von 1:50 bis 1:80 nach

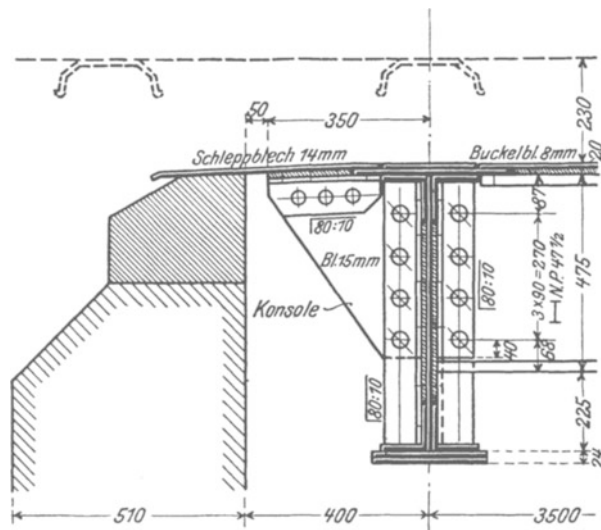


Fig. 442.

der Brückenmitte hin und ein Längsgefälle von 1:20 bis mindestens 1:80 von der Mitte nach beiden Widerlagern hin erhält; der Beton erhält einen wasserdichten Überzug aus Asphaltfilz ohne oder mit Bleienlagen oder aus Tektolith, zu dessen Schutz eine trocken verlegte Ziegelflachschiicht angeordnet wird.

Der Übergang von der Fahrbahn zu den Widerlagern wird durch wagerechte (Fig. 441) oder schwach geneigte (Fig. 442) Schleppbleche von 10 bis 16 mm Stärke vermittelt, die einerseits auf dem Endquerträger,

andererseits auf dem Abdeckstein des Widerlagers aufrufen; am beweglichen Auflager müssen sie das Widerlager um das Längsverschiebungsmaß der Hauptträger überragen. Bei größerer Freilage werden sie in der Achse der Längsträger durch Konsolen verstärkt (Fig. 442). Der seitliche Abschluß des Kiesbetts wird durch senkrechte Bleche ( $b$  in Fig. 441\*) erreicht, die oben und unten durch Winkeleisen gesäumt und mit dem Schleppblech vernietet sind.

Der Ersatz der Buckelbleche durch ebene Bleche erfordert einen erheblichen Mehraufwand an Blechstärke und an Längs- und Querträgern, da die geringere Tragfähigkeit eine engere Teilung bedingt.

## 2. Tonnenbleche,

die verzinkt oder mit Asphaltlack gestrichen werden. Die Pfeilhöhe beträgt  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$  der Freilage. Sie liegen mit ihrer Längsachse entweder parallel der Brückenachse, so daß sie mit den Längsträgern bzw. unmittelbar mit den Hauptträgern (Fig. 433<sup>b</sup>) vernietet sind, oder aber rechtwinklig zur Brückenachse, so daß sie mit den Querträgern vernietet und an beiden Enden durch halbe Buckelbleche abgeschlossen sind (Fig. 486). In letzterem Falle erfolgt die Entwässerung wie beim Buckelblechbelag, im ersteren aber stets nach den beiden Widerlagern, seltener zur Brückenmitte hin; das Längsgefälle wird dabei entweder durch allmähliche Verkleinerung der Pfeilhöhe bei gleichbleibender Trägerhöhe oder aber umgekehrt durch Verkleinerung der Trägerhöhe bei gleichbleibender Pfeilhöhe hergestellt. Dichtung, Entwässerung und Anschluß an die Widerlager erfolgt nach den unter 1. gegebenen Grundsätzen.

### 3. Beton

ohne oder mit Eiseneinlagen wird bei Brücken bis zu 12 m Spannweite mit oberliegender Fahrbahn verwendet. Das Traggerippe der Brücke (Fig. 443) besteht aus in 0,5 bis 0,7 m Entfernung angeordneten Hauptträgern aus  $\text{H-NP}$  oder Diff., bei deren Berechnung eine Verteilung der Gleislast auf 3,5 m Brückenbreite angenommen werden kann; die Zwischenräume sind mit Beton

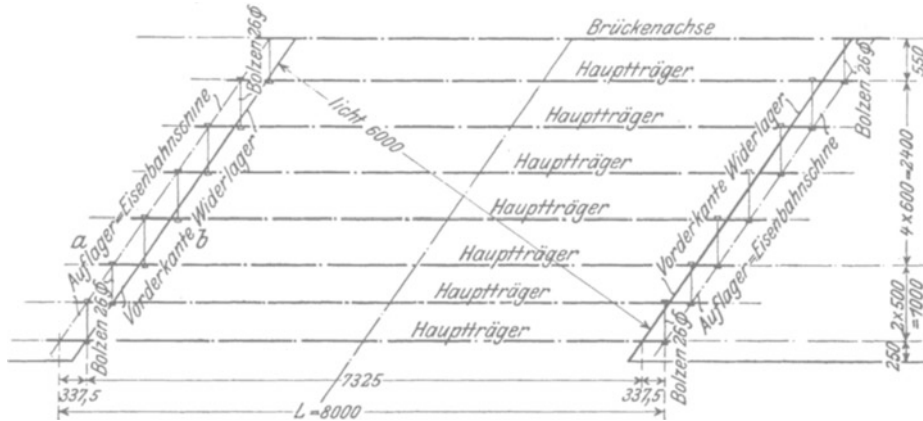


Fig. 443<sup>a</sup>.

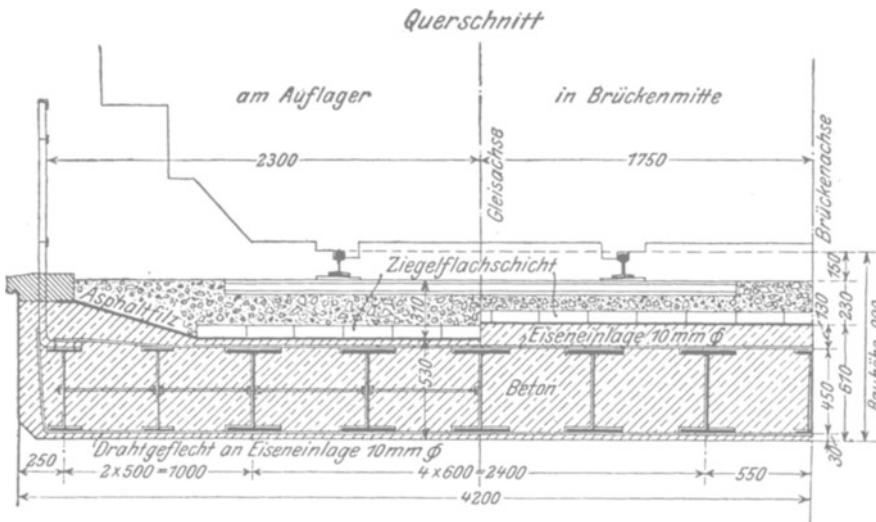


Fig. 443<sup>b</sup>.

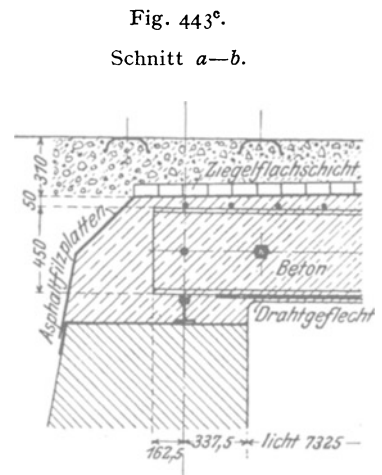


Fig. 443<sup>c</sup>.  
Schnitt a—b.

ausgestampft. An den Auflagern sind die einzelnen Träger durch Bolzen von 20 bis 26 mm  $\phi$  miteinander verbunden und auf einer durchlaufenden Mauerlatte aus  $\text{H-Eisen}$  oder Eisenbahnschienen (Fig. 443<sup>a</sup>) gelagert. Über den Hauptträgern sind rechtwinklig oder noch besser unter  $45^\circ$  bis  $60^\circ$  zu deren Achse Rundeisen von 10 bis 13 mm  $\phi$  in 80 bis 120 mm Entfernung angeordnet, um das Auftreten von Querrissen im Beton zu verhindern und eine gleichmäßige Verteilung der Gleislast auf alle in Rechnung gestellten Hauptträger zu erreichen. Unter



den Hauptträgern ist ein Drahtgeflecht angehängt, das mit einem 30 bis 50 mm starken Zementputz beworfen wird, um die eisernen Träger auch von unten her gegen Rostbildung zu schützen.

Die Oberfläche des Betons erhält zur Entwässerung von Mitte Öffnung nach beiden Widerlagern hin ein Längsgefälle von 1 : 20 bis mindestens 1 : 80, wobei die kleinste Betonstärke über den Hauptträgern am Widerlager mindestens 50 mm betragen soll; sie wird mit einer wasserdichten Abdeckschicht aus Asphaltfilz, geteeter Jute oder Asphaltbleiisolierung versehen, zu deren Schutz eine trocken verlegte Ziegelflachschiicht angeordnet wird.

Mit Rücksicht auf die geringe Stützweite und die geschützte Lage der Eisenträger im Beton wird auf die Berücksichtigung der Wärmeschwankungen, also auf die Anordnung eines beweglichen Auflagers verzichtet, so daß sich der Übergang zu den Widerlagern, besonders bei schiefen Brücken, sehr einfach gestaltet (Fig. 443<sup>a</sup>). Um aber bei der Durchbiegung des Überbaues eine Rissebildung im Widerlager zu vermeiden, sind beide durch eine wagerechte (Fig. 443<sup>b</sup>) oder lotrechte Fuge zu trennen.

### III. Die Längsträger.

#### 1. Grundrißanordnung.

a) **Unmittelbare Schienenauflagerung.** Liegen die Schienen ausnahmsweise unmittelbar auf den Längsträgern, so werden diese in 1,5 m Mittenentfernung symmetrisch zur Brückenachse angeordnet.

b) **Querschwellenoberbau.** Im geraden Gleis werden die Längsträger stets symmetrisch zur Brückenachse angeordnet. Ihre geringste zulässige Mittenentfernung von 1,5 m erfordert zwar die kleinste Schwellenhöhe, wird

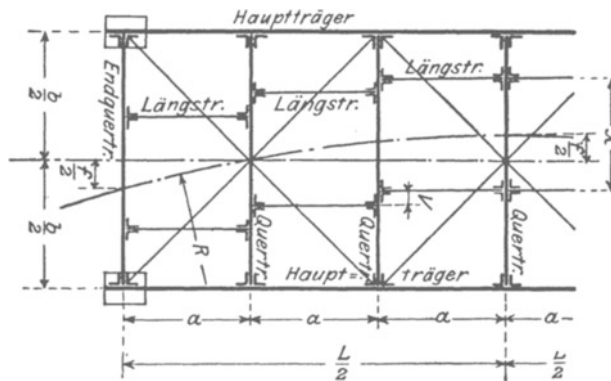


Fig. 444.

aber nur ausnahmsweise bei sehr beschränkter Konstruktionshöhe gewählt, weil sie ein hartes Fahren und stärkere Querträger ergibt. Der gebräuchliche Mittenabstand der Längsträger ist  $\lambda = 1,6$  bis 2,0 m.

Bei Kurven mit einem Radius  $R > 250$  m wird dieselbe Anordnung wie im geraden Gleis gewählt (Fig. 386<sup>b</sup>), nur ist die Entfernung  $\lambda$  um die

Pfeilhöhe  $f$  (Fig. 405) zu vergrößern, damit an keiner Stelle die Schienen außerhalb der Längsträger liegen.

In Kurven mit einem Radius  $R \leq 250$  m werden die Längsträger in den einzelnen Feldern gegeneinander versetzt (Fig. 444), um zu starke Schwellen zu vermeiden und eine gleichmäßigere Beanspruchung beider Längsträger herbeizuführen. Das Maß  $v$  der Versetzung muß mindestens gleich dem doppelten Wurzelmaß der Anschlußwinkel  $\pm$  der Stegstärke des Längsträgers sein.

c) **Durchführung des Schotterbetts.** Je nach der Breite der Brücke ordnet man einen (Fig. 404 und 406) oder drei (Fig. 388) Längsträger zwischen zwei Hauptträgern an; ihre Entfernung ist durch die Abmessungen der Tonnen- bzw. Buckelbleche bedingt, deren Breite nicht über 1,8 bis 2,0 m gewählt wird.

### 2. Querschnittsbildung.

Die Längsträger erhalten meist  $\text{H NP}$ , bei geringer Konstruktionshöhe auch  $\text{H Diff}$ ,  $\text{I}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{C}$ -förmigen Querschnitt; nur bei Fachweiten  $a \geq 6,0 \text{ m}$  werden Blechträger, selten Fachwerkträger verwendet; die Höhe soll zweckmäßig  $\frac{1}{6}$  bis mindestens  $\frac{1}{8}$  der Spannweite betragen.

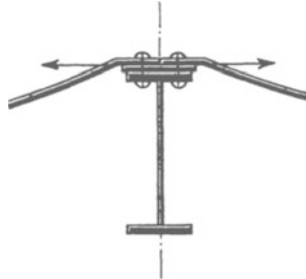


Fig. 445.

Sind bei Durchführung des Schotterbetts die Querträger als Blechträger mit einer breiten oberen Lamelle (Fig. 438) zur Auflagerung der Buckelbleche ausgebildet, so empfiehlt es sich, dem Längsträger ebenfalls eine obere Lamelle von gleicher Stärke zu geben (Fig. 445); einmal erreicht man dadurch eine willkommene Verstärkung des oberen Flansches gegen Abbiegen und gegen die Zugkräfte der anschließenden Buckelplatten; dann aber kann der obere Flansch durch die Niete  $nn$  (Fig. 446) unmittelbar an die vorstehende Querträgerlamelle angeschlossen und dadurch eine wesentliche Entlastung der senkrechten Anschlußniete (vgl. 3.) und eine Aussteifung der Lamelle selbst erreicht werden; endlich wird das notwendige Ausarbeiten des oberen Längsträgerflansches auf ein Kleinmaß beschränkt.

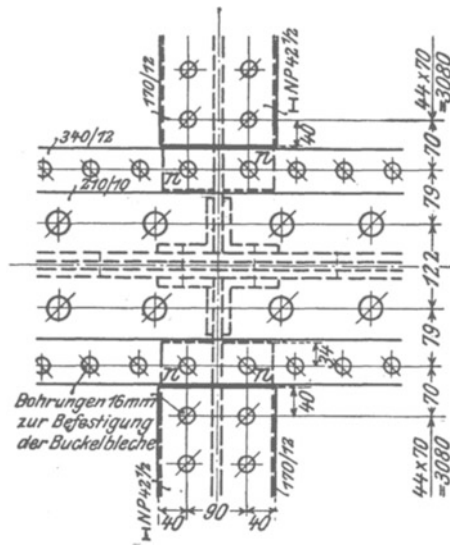


Fig. 446°.

Bei Fachweiten  $a \geq 3,0 \text{ m}$  ist der Steg bzw. das Stehblech des Längsträgers in der Mitte oder in den Drittelpunkten durch senkrechte Winkelisen auszusteifen.

Das Ausbiegen des gedrückten Obergurts aus der senkrechten Ebene (Fig. 81) ist bei Buckel- und Tonblechbelag ausgeschlossen, bei Querschwellenoberbau aber durch die Querschwellen selbst zu verhindern, auf

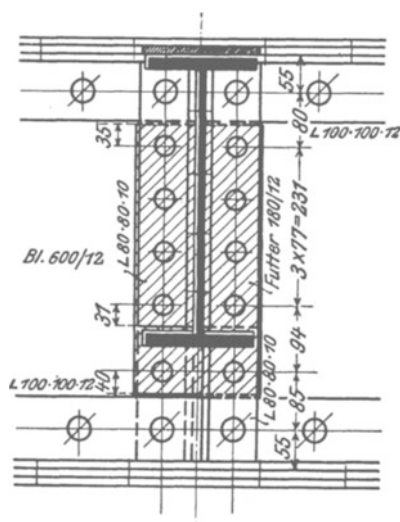


Fig. 446<sup>a</sup>.

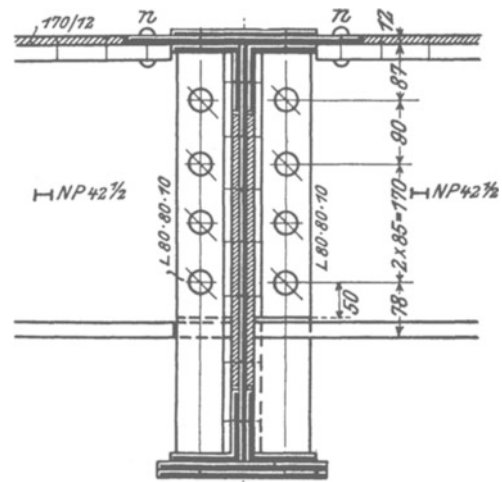
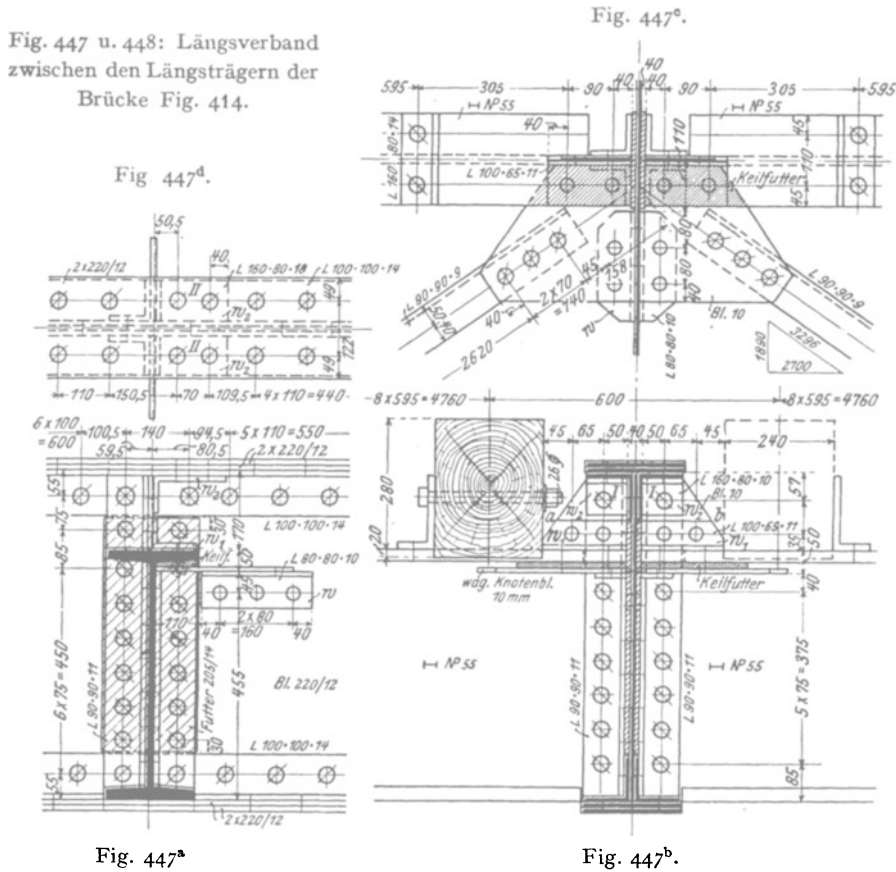


Fig. 446<sup>b</sup>.

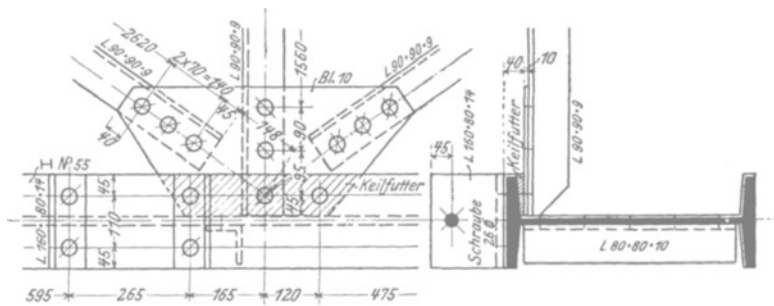
Fig. 446. Anschluß des mittleren Querträgers (Fig. 388) an den Querträger.

deren dauernde feste Verbindung mit den Längsträgern daher besonderer Wert zu legen ist.

Wird bei Fachweiten  $a \geq 3,5 \text{ m}$  zur Aufnahme der wagerechten Kräfte ein Längsverband nach Fig. 384 zwischen den Längsträgern angeordnet (Fig. 386 und 414), so



werden die Stäbe dieses Verbandes je nach der Größe der Fachweite aus Winkleisen 80·80·10 bis 120·80·12 gebildet und durch wagerechte Knotenbleche an Längs- und



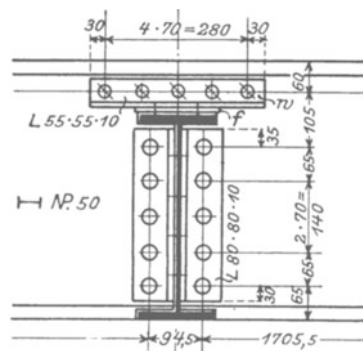
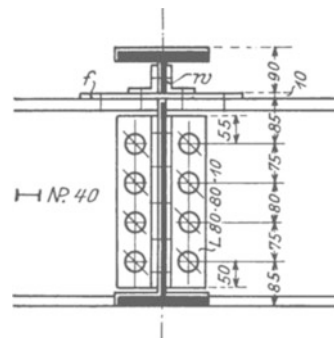
Querträger mit mindestens je 3 Nieten angeschlossen. Für die in Fig. 414 dargestellte Fachwerkbrücke zeigen die Fig. 447 und 448 diese Anschlüsse. Die wagerechten, 10 mm starken Knotenbleche sind an die Längsträgerflansche unter Einschaltung von Keilfuttern angeschlossen (Fig. 448), deren Dicke so zu bemessen ist, daß zwischen Schwellenunter-

kante und Längsverbandoberkante ein Spielraum von mindestens 40 bis 50 mm verbleibt. Zum Anschluß an die Querträger dienen besondere wagerechte Winkeleisen  $w$  (Fig. 447<sup>a u. c</sup>).

### 3. Anschluß an die Querträger.

a) **Längsträger oberhalb der Querträger.** Die Längsträger können mit guß- oder flußeisernen Unterlagplatten so aufgelagert werden, daß sie ihren Auflagerdruck genau zentrisch in der Stegachse des Querträgers abgeben; werden nur die in der Mitte der Spannweite liegenden Längsträger fest mit den Querträgern bzw. mit dem etwa vorhandenen Bremsverband verbunden, die übrigen aber längsverschieblich gelagert, so bleiben sie unabhängig von den durch die Verkehrslast erzeugten Längenänderungen der Hauptträger. Zum Schutz gegen Abheben dienen Klemmplatten (Fig. 199, 335); zum Schutz gegen Kanten werden die nebeneinanderliegenden Längsträger in den Auflagerpunkten bzw. bei Fachweiten  $a > 3,5$  m auch noch in der Mitte durch vollwandige oder gegliederte Querrahmen miteinander verbunden, an die sich auch der etwa vorhandene Längsverband (Fig. 384) anschließt.

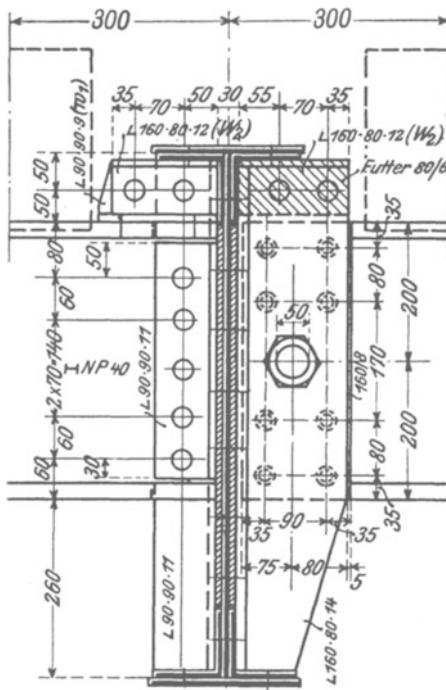
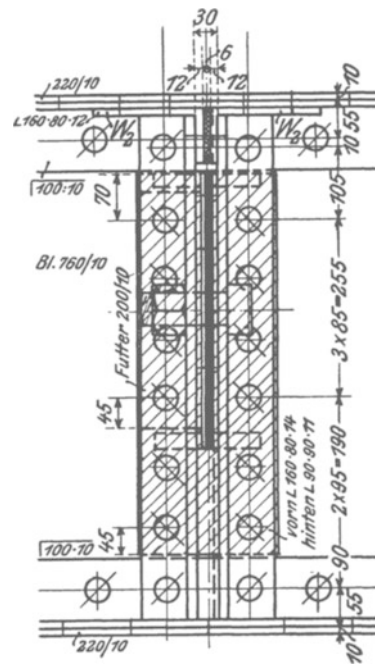
b) **Längsträger zwischen den Querträgern.** Der Anschluß erfolgt durch Winkeleisen nach den im 3. Kap. B13 erörterten Regeln. Wegen der Größe und Geschwindigkeit der Verkehrslasten ist die Gefahr der Verdrehung des Querträgers und des Losrüttelns der oberen Anschlußniete (Fig. 108) in be-

Fig. 449<sup>a</sup>.Fig. 449<sup>b</sup>.

sonders hohem Maße gegeben. Eine wesentliche Verminderung dieser Gefahr erreicht man durch die Ausbildung des Anschlusses nach Fig. 447; hier ist der durchgehende Längsträgerflansch durch ein wagerechtes Winkeleisen  $w_1$  und ein senkrechtes Blech an den durchlaufenden Anschlußwinkel angeschlossen, der sich seinerseits durch die ein- oder zweiseitig angeordneten Winkeleisen  $w_2$  an die Gurtung des Querträgers anschließt; die Scherfestigkeit der Niete I und II (Fig. 447<sup>b u. d</sup>) widerstrebt dem Losrütteln der Anschlußniete im Querträger durch Anfnahme der durch die teilweise Einspannung des Längsträgers erzeugten Horizontalkraft. Eine ganz ähnliche Anordnung ist in Fig. 450 dargestellt.

Eine fast vollkommene Entlastung der Anschlußniete von den wagerechten Zugkräften erreicht man durch die Verbindung der Obergurte der an einem Querträger zusammenstoßenden Längsträger durch wagerechte Bleche oder Flacheisen. Eine solche Verbindung ist unumgänglich erforderlich, wenn der Längsträger als Kragträger wirkt; ein Beispiel zeigt Fig. 431, bei

der das Längsträgerstück  $k$  durch die Flacheisen  $f$  an den oberen Flansch des durchlaufenden Längsträgers angeschlossen ist. Man erkennt, daß diese Verbindung keine Schwierigkeiten bietet, wenn Quer- und Längsträger mit ihrer Oberkante bündig liegen; sie wird bei Durchführung der Bettung schon durch die Buckelbleche selbst hergestellt; daher auch der Vorteil der Anschlußniete  $n$  in Fig. 446. Liegt dagegen die Oberkante des Längsträgers tiefer als die des Querträgers, so muß das Verbindungsflacheisen  $f$  durch einen im Steg bzw. Stehblech des Querträgers angebrachten Schlitz durchgesteckt werden (Fig. 449); die Verschwächung des Querträgers kann bei hinreichender Höhe durch aufgenietete Winkeleisen ( $w$  in Fig. 449) ausgeglichen

Fig. 450<sup>a</sup>.Fig. 450<sup>b</sup>.

werden, nicht dagegen der Nachteil, daß keiner der Anschlußwinkel über die ganze Querträgerhöhe durchgeführt werden kann. Erfordert daher der Anschluß an das Widerlager die Auskrägung des Längsträgers nach Fig. 431, so ist es bei Querschwellenoberbau zweckmäßig, den Endquerträger mit gleicher Steghöhe wie die Längsträger auszubilden (vgl. Aufg. 72 und 74 II).

Steht am Widerlager genügende Höhe zur Verfügung, so kann der Endquerträger auch so tief gelegt werden, daß die Längsträger über ihn fortlaufen, eine Anordnung, die besonders bei großen Spannweiten mit genieteten Fahrbahnträgern mit Vorteil angewendet werden kann.

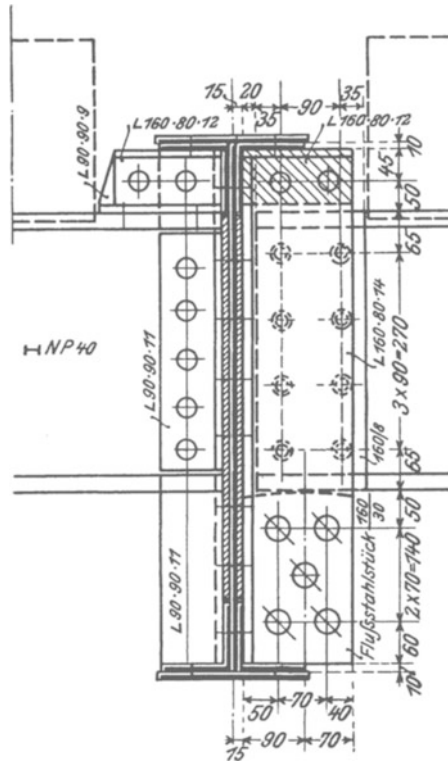
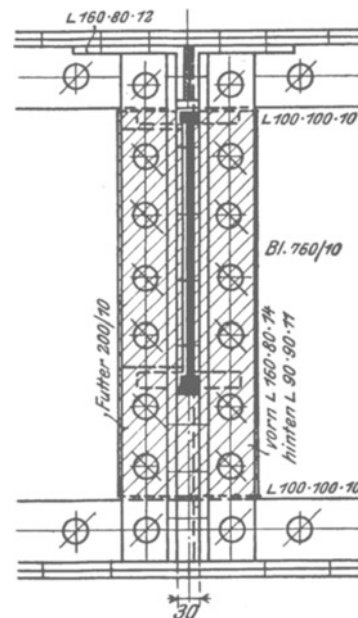
**c) Gelenkanschuß bei Gerberträgern.** Sind die Hauptträger mit Gelenken als Gerberträger ausgebildet, so müssen die Längsträger an den Orten dieser Gelenke ebenfalls gelenkig an die Querträger angeschlossen werden.

Bei Hauptträgern ohne Gelenke empfiehlt sich eine Unterbrechung der Fahrbahn durch längsverschieblichen Gelenkanschuß der Längsträger an ein oder mehreren Stellen bei Spannweiten von etwa 80 m an immer dann, wenn die Querträger fest an die Haupt-

träger angeschlossen sind, um den Einfluß der durch die Verkehrslast erzeugten Längenänderungen der Hauptträger auf die Längsträger abzuschwächen.

Am festen Gelenk erfolgt der Anschluß meist durch Gelenkbolzen (Fig. 450), die nach den Regeln des 2. Kap. auf Abscheren, Lochleibung und Biegung zu berechnen sind; zur Herabminderung des Lochleibungsdrucks kann die Stegstärke durch beiderseits mit versenkten Nietnieten angeschlossene Flacheisen ( $\frac{160}{8}$  Fig. 450<sup>a</sup>) vergrößert werden.

Am beweglichen Gelenk kann der anschließende Längsträger mit einem Langloch versehen werden; bei größeren Fachweiten ist es aber zweckmäßiger,

Fig. 451<sup>a</sup>.Fig. 451<sup>b</sup>.

ihn auf ein zwischen den Anschlußwinkeln eingennietetes, oben gewölbtes Flußstahlstück aufzulagern (Fig. 451); nur bei großen Spannweiten werden auch auf Konsolen gelagerte Gleitlager verwendet, die die ungeschwächte Durchführung des Längsträgers gestatten.

In allen Fällen wirkt der Auflagerdruck des Längsträgers wegen der erforderlichen großen Breite der Anschlußwinkel bzw. Konsolen weit außerhalb der Querträgerachse, so daß die Zugbeanspruchung der oberen Anschlußniete hier eine besonders große ist und Vorkehrungen nach Fig. 447, 450 und 451 erfordert (vgl. auch Fig. 485 und 489 des 12. Kap.). Ist das Höhenmaß zwischen Unterkante Quer- und Längsträger groß, so muß dabei der Untergurt des Querträgers gegen die eintretende Verdrehung durch dreieckige Konsolbleche gegen den Untergurt des fest anschließenden Längsträgers abgestützt werden (vgl. Fig. 489 im 12. Kap.).

## IV. Die Querträger.

### 1. Grundrißanordnung.

a) **Unmittelbare Schienenauflagerung.** Liegen die Schienen ausnahmsweise unmittelbar auf den Querträgern (Fig. 425), so darf deren Grundrißentfernung voneinander höchstens 0,6 m betragen.

b) **Querschwellenoberbau.** Die Entfernung der Querträger voneinander, die Fachweite  $a$ , wird bei Brücken bis etwa  $b = 4,0$  m Breite zu  $a = 1,7$  bis 3,0 m, bei größerer Breite zu  $a = 3,4$  bis 5,0 m gewählt. Einen nennenswerten Einfluß auf das Gesamtgewicht der Brücke hat das Maß  $a$  nicht; daher trifft man insbesondere bei Fachwerkträgern die Wahl so, daß die mittleren Diagonalen des Hauptträgers unter  $40^\circ$  bis  $50^\circ$  gegen die Waagrechte geneigt sind.

c) **Durchführung des Schotterbetts.** Entsprechend den gebräuchlichen Abmessungen der Tonnen- und Buckelbleche wird der Querträgerabstand zu

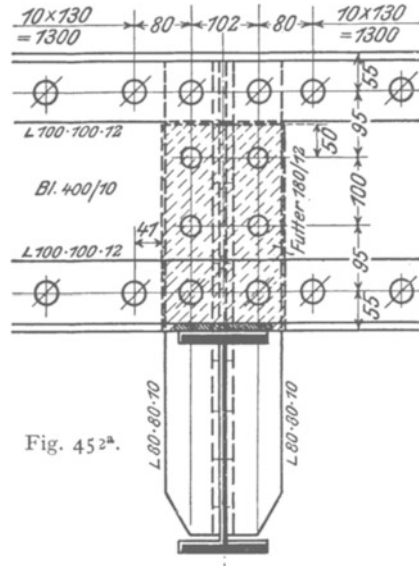
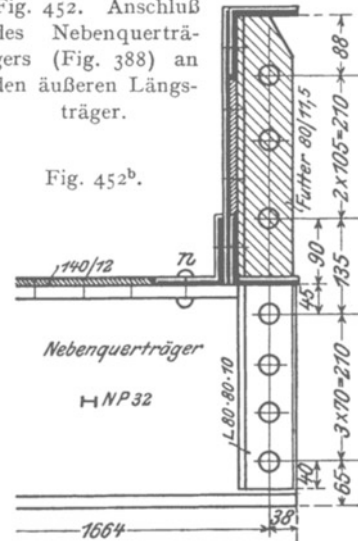
Fig. 452<sup>a</sup>.

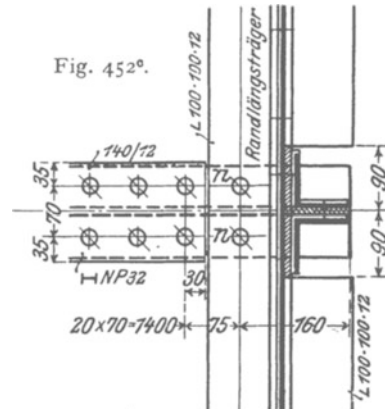
Fig. 452. Anschluß des Nebenquerträgers (Fig. 388) an den äußeren Längsträger.

Fig. 452<sup>b</sup>.

1,5 bis 2,2 m gewählt. Daher werden bei Fachwerkbrücken mit Fachweiten  $a > 2,2$  m besondere Nebenquerträger erforderlich (Fig. 388), die sich an die Längsträger anschließen.

### 2. Querschnittsausbildung.

Die Hauptquerträger werden aus  $\text{H NP}$  oder Diff. oder als Blechträger, seltener als Fachwerkträger ausgebildet; die Höhe soll zweckmäßig  $\frac{1}{6}$ , mindestens  $\frac{1}{10}$  der Spannweite betragen. Sind bei Durchführung des Schotterbetts

Fig. 452<sup>c</sup>.

Nebenquerträger erforderlich (Fig. 388), so werden sie aus  $\text{H}$ -Eisen gebildet; ist dabei der Hauptquerträger ein Blechträger, so erhalten sie zweckmäßig eine obere Lamelle ( $^{140}/_{12}$  Fig. 452) aus den schon bei den Längsträgern angeführten Gründen: Verstärkung des oberen Flansches gegen die Zugkräfte der Buckelbleche, unmittelbarer Anschluß durch die Niete  $n$  (Fig. 452<sup>b u. c</sup>) an den Randlängsträger, dadurch Aussteifung des unteren Gurtwinkels dieses Längsträgers, endlich Kleinmaß der erforderlichen Ausarbeitung für den oberen Flansch des Nebenquerträgers.

Zur Aussteifung des Stegs bzw. Stehblechs und zur Sicherung des gedrückten Obergurts gegen Ausknicken aus der senkrechten Querträgerebene genügen im allgemeinen die Anschlußwinkel der Längsträger; liegen diese oberhalb der Querträger, so sind an ihren Auflagerpunkten besondere Aussteifungswinkel anzuordnen.

### 3. Anschluß an die Hauptträger.

**a) Querträger oberhalb der Hauptträger.** Die Querträger werden entweder fest mit den Obergurten der Hauptträger vernietet oder aber, um die hierbei auftretende Verdrehung der Gurtungen zu vermeiden, mit guß- oder flußeisernen Unterlagplatten zentrisch und frei drehbar aufgelagert; wird dabei nur der mittelste Querträger fest, die übrigen aber längsverschieblich gelagert, so bleibt das Fahrbahngerippe unabhängig von den Längenänderungen der Hauptträger; die Verschiebung in der Querrichtung der Brücke wird durch Nasen oder Anschlagleisten in den Unterlagplatten, das Abheben durch Klemmplatten, das Kanten endlich durch die fest an die Querträger angeschlossenen Längsträger verhindert.

**b) Querträger zwischen den Hauptträgern.** *a)* Die Querträger sind nur Glieder der Wind- und Querverbände, wenn entweder in beiden Gurtebenen ein Windverband und zwei Endquerverbände (Fig. 67) oder aber nur in einer Gurtebene ein Windverband und in allen senkrechten Knotenpunktebenen Querverbände (Fig. 72) vorhanden sind; sie erhalten dann durch die wagerechten Kräfte zusätzlich nur Zug- bzw. Druckkräfte, so daß ihr Anschluß an die Hauptträger nur den senkrechten Stützdruck zu übertragen hat. Dieser Anschluß erfolgt durch Winkeleisen nach den Regeln des 3. Kap. In den Knotenpunkten des Hauptträgers, in denen Knotenbleche in der Hauptträgerebene entbehrlich sind, z. B. in den Punkten ( $\text{X}$ ), ( $\text{II}$ ) und ( $\text{IV}$ ), der Fig. 386<sup>a</sup>, wird die Entlastung der oberen Anschlußniete von den Zugkräften durch senkrechte Bleche ( $s$  in Fig. 386<sup>c</sup>) erreicht, die durch die Vertikalen des Hauptträgers hindurchgreifen; in den übrigen Knotenpunkten ( $\text{I}$ ) und ( $\text{III}$ ) können diese Bleche ( $s_1$  in Fig. 386<sup>d</sup>) nur unterhalb der Knotenbleche durch die Vertikale durchgreifen und müssen daher noch durch besondere Winkeleisen ( $w$  in Fig. 386<sup>d</sup>) angeschlossen werden, deren obere Niete durch wagerechte, an den Obergurt angeschlossene Bleche ( $a$ ) entlastet werden.

Da sich diese Bleche  $a$  nur an das innere  $\text{C}$ -Eisen des Obergurts anschließen, sind die unteren Flanschen beider  $\text{L}$ -Eisen beiderseits dicht neben dem Knotenblech durch wagerechte Bleche zu verbinden, um der Gefahr des Abreißen des inneren  $\text{C}$ -Eisens zu begegnen.

Besteht die Vertikale aus einem gewalzten  $\text{H}$ -Eisen, wie z. B. in Punkt ( $\text{3}$ ), bis ( $\text{5}$ ), der Fig. 414<sup>c</sup>, so sind zum Anschluß der senkrechten Bleche  $s$  stets Anschlußwinkel  $w$  (Fig. 414<sup>a</sup>) erforderlich; eine vollständige Entlastung der



Anschlußniete von den Zugkräften ist jetzt undurchführbar; ihre Wirkung wird aber wesentlich dadurch vermindert, daß man die Bleche  $s$  so hoch über Querträgeroberkante führt, wie das Normalprofil gestattet; sie dienen dann gleichzeitig dazu, etwa entgleiste Fahrzeuge von den Hauptträgern abzuhalten.

Fig. 453<sup>a</sup>.

Fig. 453<sup>b</sup>.

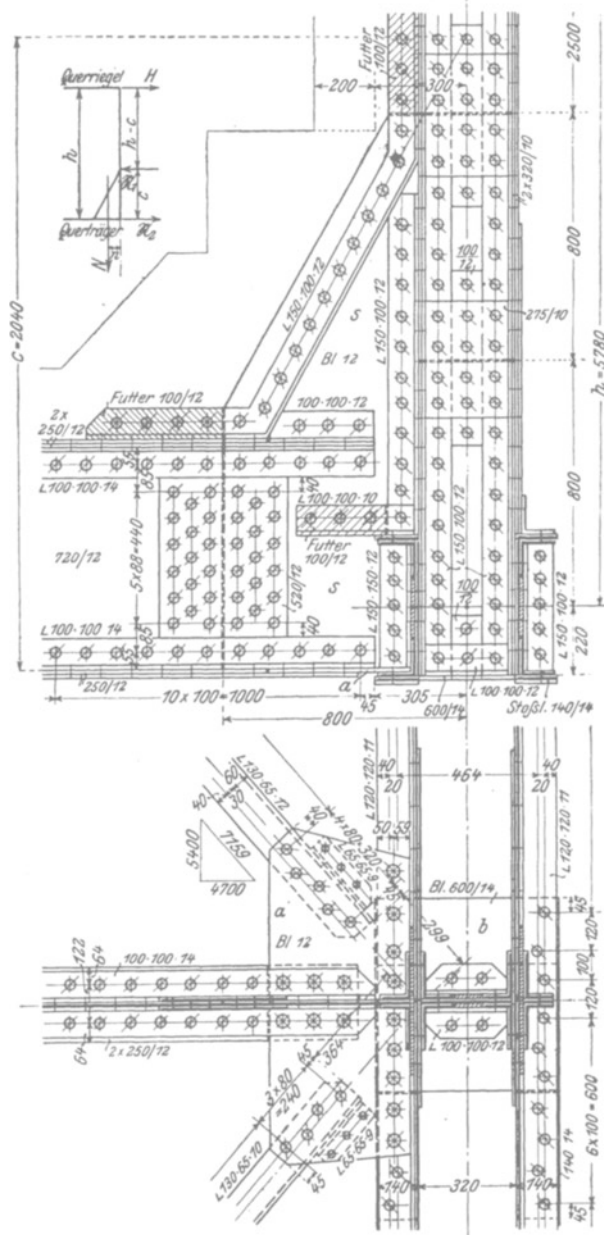


Fig. 453<sup>b</sup>.

Fig. 453. Querträgeranschluß in Punkt (2) des Brückenträgers Fig. 414.

Anschlußpunkten an die Hauptträger (Fig. 413, 416 bis 419, 423) eintritt; der Anschluß hat daher nicht nur den senkrechten Stützdruck, sondern auch jenes Biegemoment aufzunehmen.

Fig. 453<sup>a</sup>. Da sich die Winkel  $w$  nur an den inneren Flansch der Vertikalen anschließen, der Querträgerstützdruck daher die Gurtung auf Verdrehen beansprucht, sind die beiden Gurtteile in den Knotenpunkten stets durch wagerechte Bleche miteinander zu verbinden, die durch Winkel-eisen ( $v$  in Fig. 414<sup>a</sup>) an die Vertikale anzuschließen sind.

In allen Fällen müssen die Querträger als Glieder der Wind- und Querverbände an die wagerechten Knotenbleche des Windverbands angeschlossen werden.

Sind zwei Windverbände vorhanden, so können die Querträger in den Knotenpunkten des Untergurts mit besonderen Auflagerstühlen auch zentrisch und frei drehbar aufgelagert werden (vgl. unter a); zu dieser Anordnung geht man aber nur bei großer Spannweite und Brückenbreite über.

$\beta$ ) Die Querträger sind Glieder der Querrahmen, wenn entweder zwei Windverbände und in den beiden Endpunkten des oberen Verbandes geschlossene Portale (Fig. 68, 69, 70) bei tiefliegender Fahrbahn oder aber nur ein Windverband und in allen Knotenpunktsvertikalen offene Querrahmen (Fig. 73) vorhanden sind; sie erhalten dann durch die wagerechten Kräfte zusätzlich auch Biegemomente, deren Größtwert in ihren

Bei geschlossenen Portalrahmen sind die Momente in den Anschlußpunkten positiv oder negativ (Fig. 413, 416 bis 419), so daß beide Querträgergurte Zugkräften ausgesetzt sein können. Daher werden zunächst die unteren Gurtwinkel durch wagerechte Bleche (*a* Fig. 414<sup>b</sup>), die meist gleichzeitig zum Anschluß des Windverbands dienen (Fig. 453), unmittelbar an den Untergurt des Hauptträgers, die oberen Gurtwinkel aber an ein senkrecht angeordnetes Anschlußblech (*s* Fig. 414<sup>b</sup> und 453) angeschlossen, das so hoch geführt wird, wie das Normalprofil gestattet, oberhalb der Knotenbleche des Hauptträgers durch die stets als Blechträger ausgebildete Vertikale durchgeführt und zur Verhinderung des Ausknickens an seiner Schrägkante mit Winkeleisen gesäumt wird.

Zur Ermittlung der erforderlichen Abmessungen und Anschlußniete betrachtet man die Hauptträgervertikale nach Fig. 453<sup>o</sup> als einen Kragträger auf 2 Stützen, der im freien Endpunkt mit  $H$  belastet ist. Die Auflagerdrücke berechnen sich zu  $\mathfrak{R}_1 = \frac{Hh}{c}$  und  $\mathfrak{R}_2 = \frac{H(h-c)}{c}$ . Der Stützdruck  $\mathfrak{R}_2$  wird unmittelbar durch das wagerechte Anschlußblech *a* in den Windverband übergeleitet; die Zerlegung von  $\mathfrak{R}_1$  in senkrechter und schräger Richtung ergibt die Zug- bzw. Druckkraft in den Saumwinkeln. Zu der Kraft  $H$  liefert der auf den betreffenden Obergurtnotenpunkt entfallende Winddruck  $W$  den Beitrag  $\pm \frac{W}{2}$ , der exzentrische Anschluß des Querträgers aber hinreichend genau den Beitrag  $N \frac{n}{h}$ , wenn  $N$  der größte Querträgerstützdruck und  $n$  die Entfernung der

Wurzellinie seines Anschlußwinkels von der Vertikalebene des Hauptträgers ist (vgl. Fig. 108<sup>o</sup>).

Bei offenen Halbrahmen sind die Momente in den Anschlußpunkten bei belasteter Brücke stets positiv (Fig. 424), so daß nur der untere Querträgergurt Zugspannungen erleidet; er wird daher unmittelbar an die Hauptträgergurtung durch ein wagerechtes Blech angeschlossen (Fig. 108), das meist gleichzeitig zum Anschluß der Windverbanddiagonalen dient (Fig. 454). Zur Entlastung der oberen Anschlußniete werden auch hier zwischen Querträgerobergurt und Hauptträgervertikalen dreieckige Bleche eingeschaltet (Fig. 108, 404<sup>b</sup>, 441<sup>b</sup>, 455<sup>b u. c</sup>), die bei größerer Höhe zum Schutz gegen Ausknicken durch Winkeleisen gesäumt werden (Fig. 387<sup>b</sup>); bei ge-

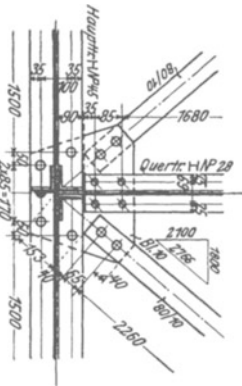


Fig. 454 (vgl. Fig. 425<sup>a</sup>).

nieteten Querträgern und Vertikalen kann an Stelle des durchlaufenden Blechs eine dreieckförmige Stabaussteifung treten (Fig. 388<sup>b</sup>).

## V. Die Hauptträger.

### 1. Grundrißausbildung.

**a) Gerade Brücken.** Der Schnittwinkel der sich kreuzenden Verkehrswege ist  $90^\circ$ . Die Hauptträger bilden mit den Endquerträgern ein Rechteck, dessen Längsachse parallel der Gleisachse bzw. in Krümmungen parallel der Bogensehne (Fig. 405) liegt.

**a) Fahrbahn oberhalb der Hauptträger.** Liegen die Schienen bei sehr geringer Konstruktionshöhe ausnahmsweise unmittelbar auf den Hauptträgern, so ist deren Entfernung  $b = 1,5$  m.

Bei Querschwellenoberbau (Fig. 407 und 408) wird die Entfernung  $b$  der Hauptträger mit Rücksicht auf die Standsicherheit der Brücke gegen Um-

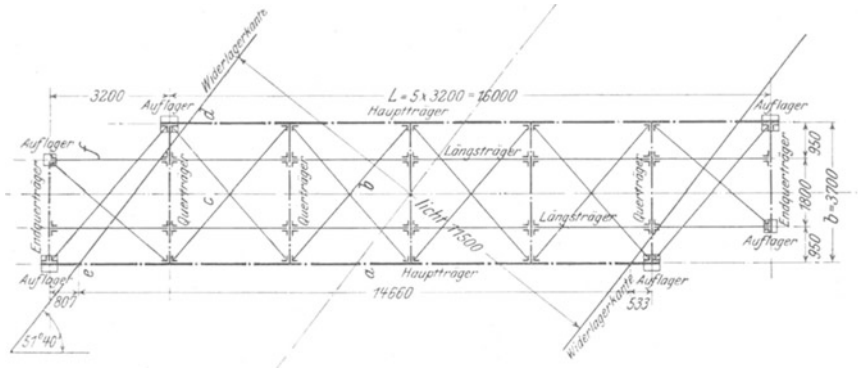


Fig. 455<sup>a</sup>.

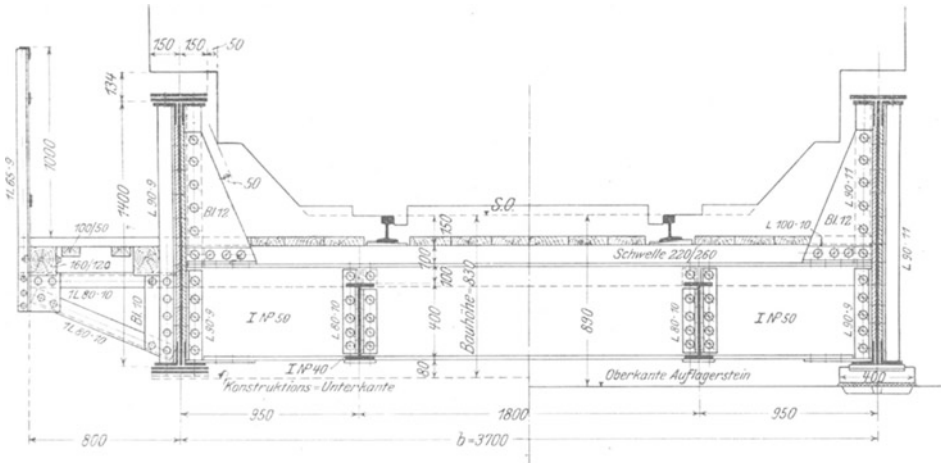


Fig. 455<sup>b</sup>.

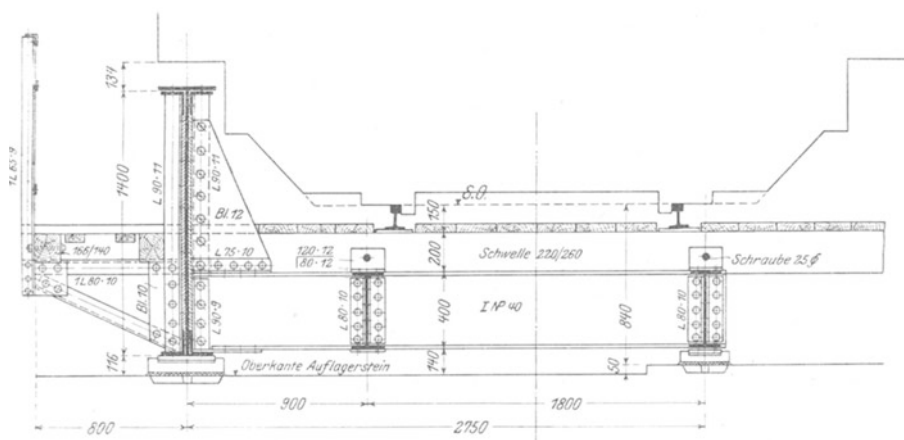


Fig. 455<sup>c</sup>.

kippen durch wagerechte Kräfte für eine Spannweite  $L \leq 8$  bzw. 10 bzw. 20 bzw. 30 bzw. 40 m zu  $b \geq 1,8$  bzw. 2,0 bzw. 2,6 bzw. 3,0 bzw. 3,4 m ge-

wählt. In Gleiskrümmungen (Fig. 427) sind diese Werte der Pfeilhöhe  $f$  entsprechend zu vergrößern.

Bei Durchführung der Bettung wird bei Tonnen- und Buckelblechbelag <sup>ohne</sup> mit Einschaltung eines Längsträgers  $b = \begin{matrix} 1,75 \text{ bis } 2,25 \text{ m (Fig. 433)} \\ 3,50 \text{ bis } 4,50 \text{ m (Fig. 406)} \end{matrix}$  gewählt.

Bei Betonabdeckung (Fig. 443) endlich ist  $b = 0,5 \text{ bis } 0,75 \text{ m}$ .

$\beta$ ) **Fahrbahn zwischen den Hauptträgern.** Liegen die Schienen bei sehr geringer Konstruktionshöhe ausnahmsweise unmittelbar auf den Querträgern (Fig. 425), so wird  $b = 2,1 \text{ m}$  gewählt.

Bei Querschwellenoberbau richtet sich die Hauptträgerentfernung  $b$  nach der Umgrenzungslinie des lichten Raumes (Fig. 434). Liegt die Fahrbahn halb versenkt (Fig. 386), so wird in der geraden Strecke für  $L = 20$  bis  $50 \text{ m}$  die Entfernung  $b = 2,5 \text{ bis } 4,0 \text{ m}$  gewählt. In Gleiskrümmungen sind diese Werte der Pfeilhöhe  $f$  entsprechend zu vergrößern. Liegt die Fahrbahn ganz versenkt (Fig. 387 und 414), so ergibt sich, wenn die Hauptträger in den 1. oder 2. Absatz des Normalprofils hineinreichen (Fig. 404 und 455),  $b = 2,6 \text{ bis } 3,8 \text{ m}$ , wenn sie aber mehr als  $0,76 \text{ m}$  über S.O. hinausgehen (Fig. 387),  $b = 4,8 \text{ bis } 5,0 \text{ m}$ , nämlich = Breite des Normalprofils

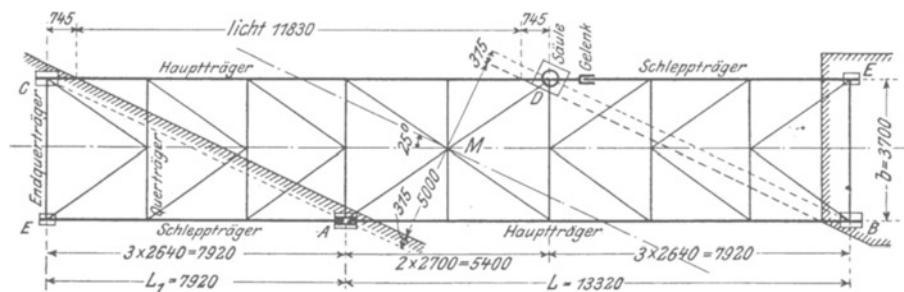


Fig. 456.

$4,0 \text{ m} +$  Obergurtbreite  $+ 2 \times 0,2 \text{ m}$  Spielraum. In Kurven sind die Breiten  $b$  entsprechend zu vergrößern, wobei besonders noch auf die Schiefstellung des Normalprofils (Fig. 405) Rücksicht zu nehmen ist.

Bei Durchführung der Bettung soll die Breite des Schotterbetts mindestens  $3,3 \text{ m}$  betragen, so daß sich für Hauptträger im 1. oder 2. Absatz des Normalprofils (Fig. 404)  $b = 3,4 \text{ bis } 3,8 \text{ m}$ , für höhere (Fig. 388)  $b = 4,8 \text{ bis } 5,0 \text{ m}$  ergibt.

**b) Schiefe Brücken.** Der Schnittwinkel der sich kreuzenden Verkehrswege ist  $< 90^\circ$ . Die Anordnung schiefer Endquerträger ist wegen der erforderlichen schwierigen und teuren schiefen Anschlüsse grundsätzlich zu vermeiden.

Weicht der Schnittwinkel nur wenig von  $90^\circ$  (Fig. 427), so ordnet man den Grundriß wie den einer geraden Brücke an, indem man die Auflagerepunkte der Hauptträger in ungleicher Entfernung von Vorderkante Widerlager legt; die geringste Entfernung soll dabei  $300 \text{ mm}$  betragen.

Bei größerer Abweichung des Schnittwinkels von  $90^\circ$  bildet man den Grundriß der Brücke nach Fig. 455 aus; außer den 4 Auflagern für die Hauptträger ist auf jedem Widerlager in der Längsträgerachse noch je ein Auflager für die Endquerträger angeordnet.

Bei sehr spitzem Schnittwinkel ordnet man auf jedem Widerlager in der Verlängerung der Hauptträgerachse je einen Schleppträger an (Fig. 456); wird dabei die Vorderkante des Widerlagers schräg zur Brückenachse ausgebildet, so erhalten Schlepp- und Hauptträger ein gemeinsames Auflager (A Fig. 456); liegt dagegen diese Vorderkante rechtwinklig zur Brückenachse, so wird der Schleppträger mit einem Gelenk an den auf einer Säule (D Fig. 456) aufgelagerten Hauptträger angeschlossen.

## 2. Querschnittsausbildung.

a) **Vollwandige Träger** haben bis etwa 20 m Stützweite vor den Fachwerkträgern den Vorzug der einfacheren Herstellung, der leichteren und billigeren Unterhaltung (wegen des geringeren Angriffs der geschlossenen Querschnittsform durch Rost), der größeren Unabhängigkeit in der Querträger- und Schwellenteilung und des einfacheren Anschlusses des Fahrbahngerippes an Hauptträger und Widerlager, besonders bei schiefen Brücken; dem größeren Eigengewicht steht der geringere Einheitspreis und der verminderte Einfluß der Stöße der Fahrzeuge gegenüber.

a) Gewalzte Profile (I- und Diff.) kommen bei Anordnung von 2 Hauptträgern (Fig. 425) bis etwa  $L = 8,0$  m, bei Anordnung mehrerer Hauptträger mit Betonabdeckung (Fig. 443) bis etwa  $L = 12,0$  m und zwar ohne Überhöhung in der Mitte zur Verwendung.

β) Genietetete Blechträger erhalten zweckmäßig eine Stehblechhöhe  $h = \frac{1}{8}L$  bis  $\frac{1}{9}L$ , die aber bei geringer Konstruktionshöhe auf Kosten des Eigengewichts auf  $\frac{1}{16}L$  bis  $\frac{1}{20}L$  verringert werden darf, solange nur die Durchbiegung den Wert  $\frac{1}{1200}L$  bis  $\frac{1}{1000}L$  nicht überschreitet. Die Stärke  $\delta$  des Stehblechs soll mit Rücksicht auf die Rostgefahr, die Knicksicherheit und den zulässigen Lochleibungsdruck mindestens 10 mm, bei Stehblechhöhen über 800 mm besser 12 mm betragen. Die Gurtwinkel werden meist gleichschenkelig, seltener ungleichschenkelig mit 10 bis 16 mm Schenkelstärke ausgeführt. Die Lamellen sollen beiderseits über den Winkelkanten um einige Millimeter, höchstens aber um das 2- bis  $2\frac{1}{2}$ -fache ihrer Stärke vorstehen; bei größerem Überstand sind die vorstehenden Teile gegen Knicken besonders zu schützen. Wird die unmittelbar auf den Gurtwinkeln liegende Lamelle zur Aufnahme der Tonnen- oder Buckelbleche breiter als die übrigen Lamellen ausgeführt, so sind die vorstehenden Teile in 2,0 bis 2,5 m Entfernung auszusteifen, entweder unmittelbar durch die Querträger (Niete  $n$  in Fig. 446) oder durch die Querverbände (Winkel  $w$  in Fig. 433<sup>b</sup>); dasselbe gilt für den Untergurt, wenn auch hier ungleiche Lamellenbreiten ausgeführt sind wie in Fig. 433<sup>b</sup>. Um das Eindringen von Schmutz und Feuchtigkeit in die Fugen zwischen Stehblech und Obergurtwinkeln zu verhindern, ist die unmittelbar auf den Winkeln liegende Lamelle stets über die ganze Trägerlänge durchzuführen. Für die Ausbildung der Stöße und Aussteifungen gelten die Regeln des 3. Kap.

Nur Blechträger ohne Stehblechstoß werden ohne Überhöhung (Fig. 34) ausgeführt; alle übrigen erhalten in der Mitte eine Überhöhung  $u$ , die entweder gleich der durch die ständige Last erzeugten, nach Gl. 13 zu berechnenden Durchbiegung  $\delta_1$  oder aber bei größeren Spannweiten besser gleich  $\delta_1 + \frac{1}{2}\delta_2$  gewählt wird, wenn  $\delta_2$  die ebenfalls nach Gl. 13 zu berechnende Durchbiegung durch die Verkehrslast ist.

**b) Fachwerkträger.** Die Hauptträger werden mit Rücksicht auf die billigere Herstellung in der Werkstatt bis zu etwa  $L = 50$  m Spannweite als Parallel- oder Trapezträger (Fig. 61<sup>a</sup> und 61<sup>b</sup>) mit einer Höhe  $h = \frac{1}{8}L$ , darüber hinaus als Parabel- oder Halbparabelträger (Fig. 61<sup>a</sup> bis 61<sup>b</sup>) mit einer Höhe  $h = \frac{1}{7}L$  ausgeführt, weil dann die Eisenersparnis den Mehraufwand an Arbeitslöhnen überwiegt. Die Fachweite  $a$  (Fig. 380<sup>a</sup>) wird so gewählt, daß der Neigungswinkel der Diagonalen  $40^\circ$  bis  $50^\circ$ , am besten  $45^\circ$  beträgt; ergeben sich bei diesem Winkel Fachweiten von mehr als 6,0 bis 8,0 m, so wählt man eine Unterteilung des Hauptsystems (Fig. 61<sup>s</sup>), um allzu große Querschnittsabmessungen bei Quer- und Längsträgern zu vermeiden.

Die konstruktive Ausbildung der Hauptträger erfolgt nach den Regeln des 3. Kap. Da die Träger im Freien liegen, ist besonders darauf zu achten, daß offene Fugen und enge Zwischenräume vermieden werden, ebenso nach oben offene Querschnitte, die als Rinnen wirken oder die Bildung von Wassersäcken ermöglichen. Auf die Zugänglichkeit aller Teile zur Instandhaltung und Erneuerung des Anstrichs ist besonderer Wert zu legen. Mit Rücksicht auf die Rostgefahr sind Blechstärken unter 8 bis 9 mm, mit Rücksicht auf eine ordnungsmäßige Vernietung Nietdurchmesser unter 16 mm und daher Stabbreiten unter 55 mm zu vermeiden. Die Gurtungen werden möglichst aus  $\square$ -Eisen, die Füllungsstäbe aus  $\Gamma$ - oder  $\square$ -Eisen gebildet. Können die Vertikalen bzw. auch die Diagonalen als gleichzeitige Glieder geschlossener Portale oder offener Halbrahmen nicht aus gewalzten Profilen hergestellt werden, so sind sie als Blechträger auszubilden.

Die Überhöhung  $u$  in Mitte wird auch hier zu  $u = \delta_1$ , besser  $u = \delta_1 + \frac{1}{2}\delta_2$  gewählt und nimmt gewöhnlich beiderseits nach einer Parabel bis auf Null über den Auflagerpunkten ab (Fig. 34).

Für Parallel- und Trapezträger auf 2 Stützen tritt für die Durchbiegung zu dem nach Gl. 13<sup>b</sup> zu berechnenden Beitrag der Gurtungen noch der Einfluß der Füllungsstäbe hinzu; die gesamte Durchbiegung  $\Delta$  kann annähernd aus der Gleichung  $\Delta = \delta \left(1 + \frac{4h}{L}\right)$  berechnet werden, die mit  $J_{max} = \frac{1}{2} F_{max} h^2$  (vgl. Fig. 95), wo  $F_{max}$  der größte vorhandene Gurtquerschnitt ist, in  $\Delta = \frac{5,5}{24} \frac{L^2}{E F_{max} h^2} \left(1 + \frac{4h}{L}\right) M_{max}$  übergeht. Für den Parallelträger der Aufg. 16 ist  $L = 28,0$  m,  $h = 3,5$  m,  $F_{max} = 172,6$  qcm (vgl. Zahlentafel 2) und nach Zahlentafel IV des Anhangs für einen Hauptträger für den Lastenzug  $A$  das größte Moment  $M_{max} = \frac{1}{2} \cdot 728,2 = 364,1$  mt, daher berechnet sich die Durchbiegung durch die Verkehrslast zu  $\Delta_2 = \frac{5,5}{24} \frac{28,0^2}{3,5^2} \frac{36410}{2150 \cdot 172,6} \left(1 + \frac{4 \cdot 3,5}{28,0}\right) = 2,2$  cm.

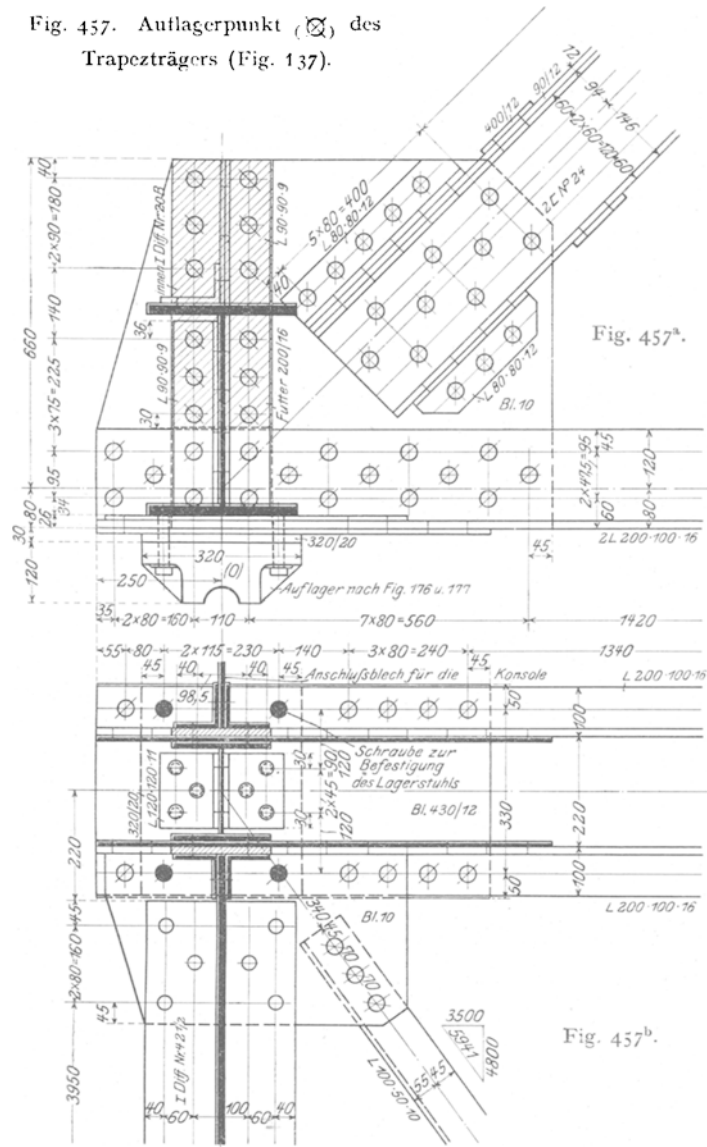
### 3. Auflagerung.

Bei den im Freien liegenden Trägern ist besonderer Wert darauf zu legen, daß der Ansammlung von Staub, Schmutz und Feuchtigkeit zwischen den beweglichen Teilen der Lager möglichst vorgebeugt wird. Um die Lager den von der Oberfläche der Widerlager abprallenden Regentropfen und Schmutzteilchen tunlichst zu entziehen und sie gleichzeitig zur Reinigung besser zugänglich zu machen, werden sie möglichst hochliegend angeordnet, indem man die eigentlichen Auflagersteine über das übrige Mauerwerk hervorragen läßt; die Höhe der Steine ist dabei so reichlich zu bemessen, daß sie noch genügend tief in das Widerlagermauerwerk einbinden. Besonderes Augenmerk ist auch auf das satte Untergießen der vorderst bei der Mon-

tage auf eiserne Keile gesetzten Lagerkörper mit dünnflüssigem Zementmörtel (1 Zement + 1 Sand) zu richten.

a) **Vollwandige Träger** erhalten bis etwa  $L = 14$  m Spannweite beiderseits Gleitlager; darüber hinaus wird am beweglichen Ende ein einrolliges

Fig. 457. Auflagerpunkt (☒) des  
Trapezträgers (Fig. 137).



Auflager angeordnet (Fig. 163 und 164); auf eine genügende Aussteifung des Stegs bzw. Stehblechs in der Auflagersenkrechten ist besonderes Gewicht zu legen (Fig. 430, 441).

Bei Anordnung von zwei Hauptträgern wird für die gebräuchlichen Brückenbreiten  $b \leq 5,0$  m meist die Lagerung nach Fig. 66 angeführt, bei der alle 4 Auflager ohne Querverschieblichkeit, d. h. beiderseits mit Anschlagleisten bzw. Rollenbunden ausgebildet sind. Werden dagegen mehrere fest miteinander verbundene Hauptträger an-

geordnet (Fig. 433), so wird die Lagerung entweder nach Fig. 74 oder aber meist so ausgeführt, daß nur die Auflager der beiden mittleren Hauptträger ( $A$  in Fig. 433<sup>b</sup>) seitliche Anschlagleisten, alle übrigen aber ( $C$  in Fig. 433<sup>b</sup>) freie Querverschieblichkeit besitzen, um den Längenänderungen der Brückenbreite nach bei Wärmeschwankungen Rechnung zu tragen.

**b) Fachwerkträger** erhalten durchweg Kipp- und Rollenlager (Fig. 163 bis 168, 171), nur bei beschränktem Raum Pendellager (Fig. 170). Die Mitte des Auflagers muß bei der mittleren Aufstellungstemperatur von  $10^{\circ}\text{C}$  mit der Lotrechten durch den Auflagerknotenpunkt zusammenfallen. Die Oberfläche des Auflagerstuhls liegt meist in Höhe Unterkante Untergurt, wie z. B. bei dem in Fig. 457 dargestellten Auflagerpunkt des Trapezträgers Fig. 137 (vgl. auch Fig. 387<sup>e</sup>). Ist der erste Untergurtstab geneigt oder wegen seiner Querschnittsform zur unmittelbaren Auflagerung ungeeignet, so wird das Knotenblech, wie schon bei der Auflagerung der Binder erläutert, in einem passenden Abstand  $a$  (Fig. 333 und 334) unterhalb des Auflagerknotenpunkts wagerecht abgeschnitten, mit Winkeleisen gesäumt und mit einer flußeisernen Platte von 20 bis 30 mm Stärke auf den Auflagerstuhl gelegt (vgl. Fig. 503). Ganz ebenso wird verfahren, wenn ein Knotenpunkt des Obergurts Auflagerpunkt ist. In allen Fällen ist die Aussteifung des Knotenblechs auf seine ganze Höhe, der zweckmäßige Anschluß der im Auflagerknotenpunkt zusammentreffenden Stäbe unter Vermeidung aller Abbiegungen, Krümmungen und Kröpfungen sowie endlich eine ausreichende wagerechte Verbindung der einzelnen Teile mehrteiliger Querschnitte von besonderer Wichtigkeit.

## VI. Der Windverband.

Der meist fachwerkförmig gegliederte Windverband bildet einen Parallelträger, dessen Gurtungen durch die Hauptträgergurte und dessen Vertikale durch die Querträger bzw. Querriegel gebildet werden; die Diagonalen werden entweder gekreuzt (Fig. 380<sup>a</sup>) oder **K**-förmig (Fig. 456) angeordnet. Ein durchlaufender Tonnenblech-, Buckelblech- oder Eisenbetonbelag (Fig. 433, 404, 443) bildet für sich einen vollwandigen Windverband.

### 1. Die Diagonalen.

**a)** Werden die Diagonalen gekreuzt ausgeführt, so wird ihr Querschnitt meist so bemessen, daß die gezogene Diagonale die ganze Stabkraft aufnehmen kann. Nur bei kleiner Spannweite und sehr beschränkter Konstruktionshöhe werden beide Diagonalen aus Flacheisen (Fig. 454), sonst in jedem Feld die eine aus Flach-, die andere aus Winkeleisen, bei größeren Spannweiten am besten beide aus Winkeleisen gebildet; geringere Querschnitte als  $\frac{80}{10}$  bzw.  $\times 70 \cdot 70 \cdot 9$  sind hierbei zu vermeiden. Bei genügender Konstruktionshöhe wird der abstehende Schenkel des einen Winkeleisens nach oben, der andere nach unten gelegt, so daß an der Überkreuzungsstelle kein Stoß erforderlich ist. Bei beschränkter Konstruktionshöhe liegen die abstehenden Schenkel beider Winkeleisen nach oben, so daß das eine an der Kreuzungsstelle gestoßen werden muß (Fig. 458).

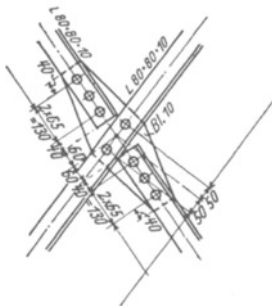


Fig. 458.



Um das Durchhängen der Stäbe bei großer Fachweite  $a$  oder Brückenbreite  $b$  zu verhindern, werden sie an den Längsträgern durch Vernietung oder durch Klammern aus abgebogenem Flacheisen aufgehängt.

Bei großen Spannweiten kommen  $\perp$ - und  $\sqcup$ -förmige Querschnitte zur Verwendung, deren Lichtabstand bei Längen über etwa 5,0 bis 6,0 m zur Verringerung der Durchbiegung auf  $\frac{1}{25}$  bis  $\frac{1}{15}$  der Stablänge vergrößert wird (vgl. Fig. 459).

Der Anschluß an das Knotenblech soll, wenn die Rechnung kein Mehr ergibt, bei  $\frac{\text{Flach}}{\text{Winkel}}$  eisen mit mindestens  $\frac{2}{3}$  Nieten erfolgen.

b) Werden die Diagonalen **K**-förmig ausgeführt (Fig. 456), so wird in jedem Feld stets die eine auf Zug, die andere auf Druck beansprucht; für diese genügt der Nachweis einer 4fachen Knicksicherheit. Der Querschnitt wird bei kleinen Spannweiten  $\perp$ -, bei größeren  $\perp$ - oder  $\sqcup$ -förmig gewählt. Für den Anschluß gilt das vorher Gesagte.

c) Die Mittellinien der Diagonalen werden entweder in den zugehörigen Knotenpunkten des Hauptträgers (Fig. 454, 457<sup>b</sup>) oder aber zur Vermeidung allzu großer Anschlußbleche exzentrisch (Fig. 453<sup>b</sup>) eingeführt.

d) Die Anschlußbleche erhalten 10 bis 14 mm Stärke und liegen bei Hauptträgern aus Walzprofilen unter den Flanschen (Fig. 454), bei Blechträgern auf dem Schenkel des inneren Gurtwinkels (Fig. 108), ebenso bei Fachwerkträgern (Fig. 455<sup>b</sup>, 457<sup>b</sup>), wenn der Windverband nahe der Fahrbahnebene liegt; die beiden Teile eines zweiseitigen Gurtquerschnitts müssen dann aber durch ein wagerechtes Blech miteinander verbunden werden, um eine einseitige Überlastung des inneren Teils zu vermeiden. Bei außerhalb der Fahrbahnebene liegenden Verbänden schließen sich die Knotenbleche bei geraden Gurtungen an Ober- oder Unterkante Gurtung (Fig. 386<sup>e</sup> u. d), bei vieleckigen Gurtungen am besten in der Schwerachse der Gurtung mit besonderen Anschlußwinkeln ( $\vartheta$  in Fig. 459<sup>b</sup>) an.

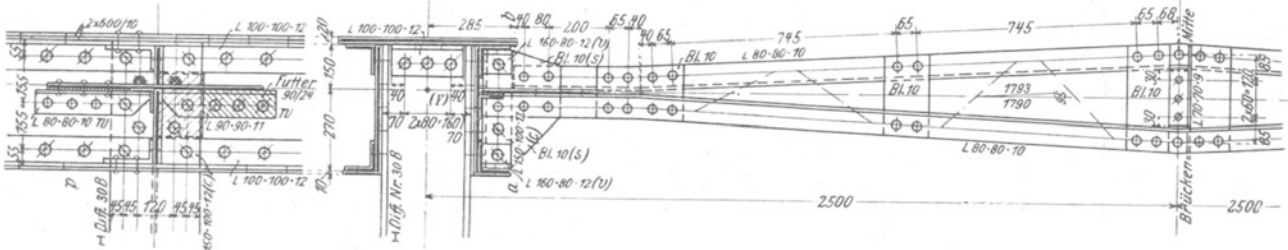
## 2. Die Vertikalen.

a) Bei nahe der Fahrbahnebene liegendem Windverband bilden die Querträger in der Regel die Vertikalen; sie sind daher stets an die Windverbandknotenbleche anzuschließen. Erstreckt sich ein Diagonalkreuz über  $\frac{1}{2}$  Fachweiten (Feld  $M$  in Fig. 456), so ist der Kreuzungspunkt fest an den Querträger, dieser aber mit besonderen wagerechten Blechen (Fig. 108) an die Hauptträgergurtung anzuschließen.

b) Die Querriegel werden als Vertikale eines außerhalb der Fahrbahnebene liegenden Windverbands auf Druck beansprucht; es genügt der Nachweis einer 4fachen Knicksicherheit.

Sie werden  $\perp$ - oder  $\sqcup$ -förmig ausgebildet (Fig. 386, 414, 459) und bei größerer Länge zur Vermeidung des Durchhängens entweder durch Schrägstäbe gegen die Hauptträgervertikalen abgestützt (Fig. 414) oder aber in Stabmitte bis auf  $\frac{1}{25}$  bis  $\frac{1}{15}$  ihrer Länge auseinander gezogen; zur Verbindung beider Teile genügen bei mittleren Stabkräften einzelne Bindbleche (Fig. 459<sup>a</sup>); bei größeren Kräften wird zwischen diesen eine durchlaufende Vergitterung angebracht, wie in Fig. 459<sup>b</sup> gestrichelt angedeutet.

Der Anschluß des Querriegels erfolgt einmal an das Knotenblech des Windverbands, dann aber, um dieses gegen Abbiegen zu schützen, noch mit besonderen lotrechten Anschlußblechen (s in Fig. 386<sup>c</sup>, 459<sup>b</sup>) und Anschluß-

Fig. 459<sup>a</sup>.Fig. 459<sup>b</sup>.

winkeln ( $\epsilon$ ) an die Hauptträgergurtung; zur Herabminderung der Zugspannungen in den Anschlußnieten des lotrechten Winkelschenkels werden zweckmäßig die Winkel  $\nu$  angeordnet (vgl. Fig. 450).

## VII. Der Querverband.

### 1. Fachwerkförmig gegliederte Querverbände

(Fig. 386<sup>c</sup> u. <sup>d</sup>, 427<sup>b</sup>, 433<sup>b</sup>) bestehen aus den wagerechten oberen und unteren Riegeln und den Diagonalen.

a) Die Riegel werden L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-förmig ausgebildet; bei Fahrbahn oben (Fig. 386) bilden die Querträger gleichzeitig die oberen Querriegel. Sie müssen sowohl in der lotrechten als auch in der wagerechten Ebene an die Hauptträger angeschlossen werden.

In der lotrechten Ebene dienen zum Anschluß senkrechte Knotenbleche, die entweder durch die Hauptträgervertikalen durchgreifen (Fig. 386) oder durch besondere Winkelleisen angeschlossen werden (Fig. 427<sup>b</sup>, 433<sup>b</sup>), die dann bei genieteten Hauptträgern gleichzeitig zur Aussteifung des Stehblechs dienen.

In der wagerechten Ebene erfolgt der Anschluß entweder unmittelbar an das Windverbandknotenblech (Fig. 386) oder an besonders eingeschaltete wagerechte Bleche (Fig. 427<sup>b</sup> Obergurt) oder endlich bei Blechträgern an die vorstehenden Lamellen, und zwar entweder unmittelbar (Fig. 433<sup>b</sup> Untergurt) oder mittelbar durch Hilfswinkel ( $w$  Fig. 433<sup>b</sup> Obergurt).

b) Die Diagonalen werden gekreuzt (Fig. 386<sup>c</sup>, 433<sup>b</sup>) oder K-förmig (Fig. 427<sup>b</sup>) aus L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-,  $\perp$ L-Profilen gebildet und an die lotrechten Anschlußbleche der Riegel angeschlossen; nur bei kleiner Brückenbreite und Fahrbahn oben werden die Endquerverbanddiagonalen wohl durch ein volles Blech ersetzt (Fig. 430).

Sind mehrere fest miteinander verbundene Hauptträger vorhanden (Fig. 433<sup>b</sup>), so sind die Diagonalen nach Fig. 74 nur zwischen 2 Hauptträgern erforderlich; zum Anschluß der übrigen Träger an das so gebildete innerlich und äußerlich unverschiebliche Raumbachwerk genügen die oberen und unteren Querriegel; meist werden aber nach Fig. 433<sup>b</sup> je 2 Hauptträger durch Querverbände zu einem Raumbachwerk miteinander verbunden.

## 2. Querrahmen.

a) **Geschlossene Querrahmen** (Portale Fig. 414<sup>b</sup>) werden durch die Querträger, die Hauptträgervertikalen und die oberen Riegel gebildet. Erleiden letztere nur Längskräfte (Fig. 413, 419), so werden sie wie die Vertikalen des Windverbands ausgebildet; erleiden sie aber auch Biegemomente (Fig. 416 bis 418), so werden sie als Blech- oder Fachwerkträger durchgebildet. Ihr Anschluß an die Hauptträger erfolgt in derselben Weise wie der der Riegel der Wind- und Querverbände bzw. der Querträger.

Die Ausbildung der Portale als Rahmen mit Kämpfergelenken (Fig. 420 bis 422) ist bei Eisenbahnbrücken selten; über ihre konstruktive Ausbildung vgl. 12. Kap.

b) **Offene Querrahmen** (Halbrahmen) werden durch die Querträger und die Hauptträgervertikalen bzw. die Aussteifungswinkel bei Blechträgern gebildet; ihre konstruktive Durchbildung ist bereits bei den Quer- und Hauptträgern besprochen worden.

---

## Zwölftes Kapitel.

# Straßenbrücken.

## A. Berechnung der Straßenbrücken.

Über Belastungen und zulässige Beanspruchungen vgl. Anhang Zahlen-  
tafel V.

Für die Durchführung der Berechnung sind die für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln auch hier sinngemäß gültig, so daß nur das den Straßenbrücken im besonderen Eigentümliche anzuführen bleibt.

Von den äußeren Belastungen scheidet die Flieh- und Bremskraft einschließlich des Anfahrwiderstandes mit Rücksicht auf die geringe Geschwindigkeit der Fuhrwerke ganz aus; die Seitenstöße der Verkehrslast werden nur bei den mit Steinpflaster abgedeckten Brücken durch Einführung der Radlasten mit ihrem 1,1fachen Wert berücksichtigt.

Bei der ständigen Last ist außer dem Eigengewicht der Konstruktion noch eine Schneelast von 75 kg/qm in Rechnung zu setzen.

## I. Fahrbahntafel.

### 1. Fahrbahntafel aus Holz: Bohlenbelag.

Da die einzelnen Bohlen meist über mehr als 2 Felder ununterbrochen durchgehen, so darf bei der Querschnittsbestimmung das Moment mit  $\frac{4}{5}$  des bei freier Auflagerung auftretenden Wertes eingeführt werden. Das Einheitsgewicht des Belags in durchnäßigem Zustand ist für  $\frac{\text{Nadelholz}}{\text{Eichen}}$  zu  $\frac{900}{1000}$  kg/cbm einzuführen.

Bei einfachem Belag ist jede Bohle für den ganzen Raddruck  $R$  zu berechnen; bei doppeltem Belag (Fig. 460) darf  $R$  auf 2 Bohlen verteilt werden, wobei aber nur der untere Belag als tragend in Rechnung zu ziehen ist. Die zulässige Beanspruchung beträgt  $k = 75$  kg/qcm.

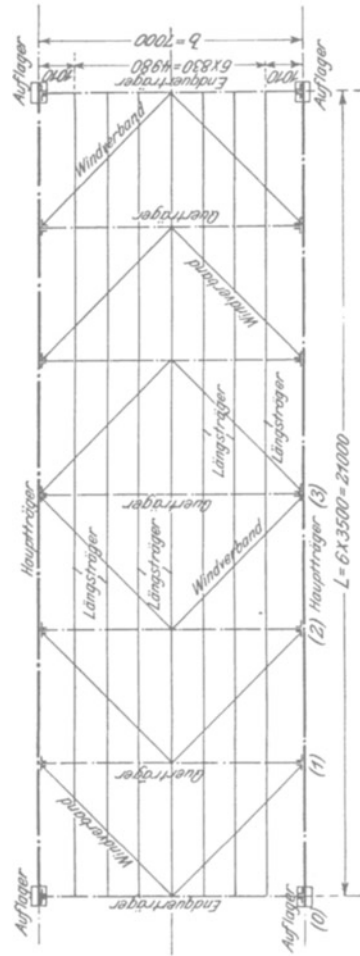


Fig. 461a. (Aufriß vgl. Fig. 61b.)

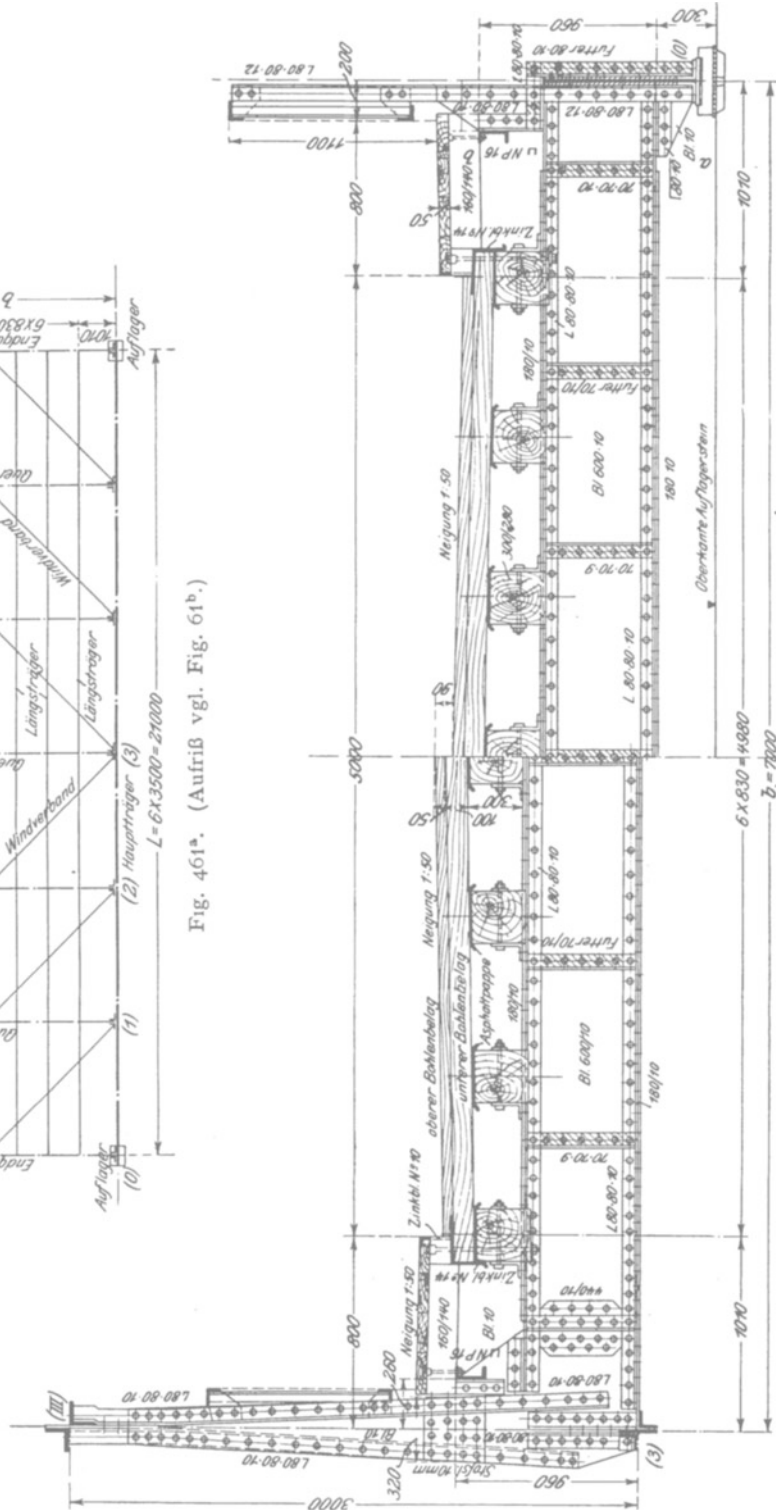


Fig. 461b. Querschnitt in Brückenmitte.

Fig. 461c. Querschnitt am Auflager.

**Aufgabe 80.** Es ist der eichene Bohlenbelag der in Fig. 461 dargestellten Straßenbrücke für einen 10 t Wagen als größte Verkehrslast zu berechnen.

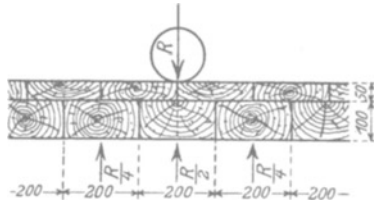


Fig. 460.

**Auflösung.**  $\lambda = 0,83 \text{ m}$ .

1. Ständige Last. Eigengewicht des Belags  $(0,05 + 0,10) 1000 = 150 \text{ kg/qm}$ , zuzüglich Nägel und Schrauben rund  $175 \text{ kg/qm}$ ; Schnee  $75 \text{ kg/qm}$ ; insgesamt  $250 \text{ kg/qm}$ . Daher die Gesamlast für eine  $0,2 \text{ m}$  breite Bohle

$$P_0 = 250 \cdot 0,83 \cdot 0,2 = 40 \text{ kg}$$

und das Moment

$$M_0 = \frac{4}{5} \cdot \frac{40 \cdot 83}{8} = 330 \text{ cmkg.}$$

2. Verkehrslast. Mit  $R = \frac{10,0}{4} = 2,5 \text{ t}$  wird  $M_v = \frac{4}{5} \cdot \frac{2500}{2} \cdot \frac{83}{4} = 20750 \text{ cmkg.}$

3. Größte Beanspruchung. Bei  $10 \text{ cm}$  Bohlenstärke ergibt sich

$$\sigma = \frac{(330 + 20750)6}{20 \cdot 10^2} = 63 \text{ kg/qcm.}$$

### 2. Fahrbahntafel aus Stein.

a) **Werksteine** (Sandstein oder Granit) finden als freitragende Platten nur für die Fußwege Verwendung; sie liegen entweder nur an zwei (Fig. 462<sup>b</sup>)



Fig. 462<sup>a</sup>.

halten im ersten Falle eine geringste Stärke von  $10 \text{ cm}$ , im zweiten von  $8 \text{ cm}$ . Die zulässige Beanspruchung beträgt für Sandstein je nach der Härte  $3$  bis  $8 \text{ kg/qcm}$ , für Granit  $15$  bis  $17 \text{ kg/qcm}$ .

b) **Beton und Eisenbeton** kommen eben oder gewölbt zur Verwendung; ihre Berechnung erfolgt nach den im 3. und 6. Kap. aufgestellten Regeln.

### 3. Fahrbahntafel aus Eisen.

a) **Buckel- und Tonnenbleche** erhalten als geringste Stärke unter der Fahrbahn  $6 \text{ mm}$ ; im übrigen den Fußwegen  $5 \text{ mm}$ ; wird ihre Stärke je nach der Größe

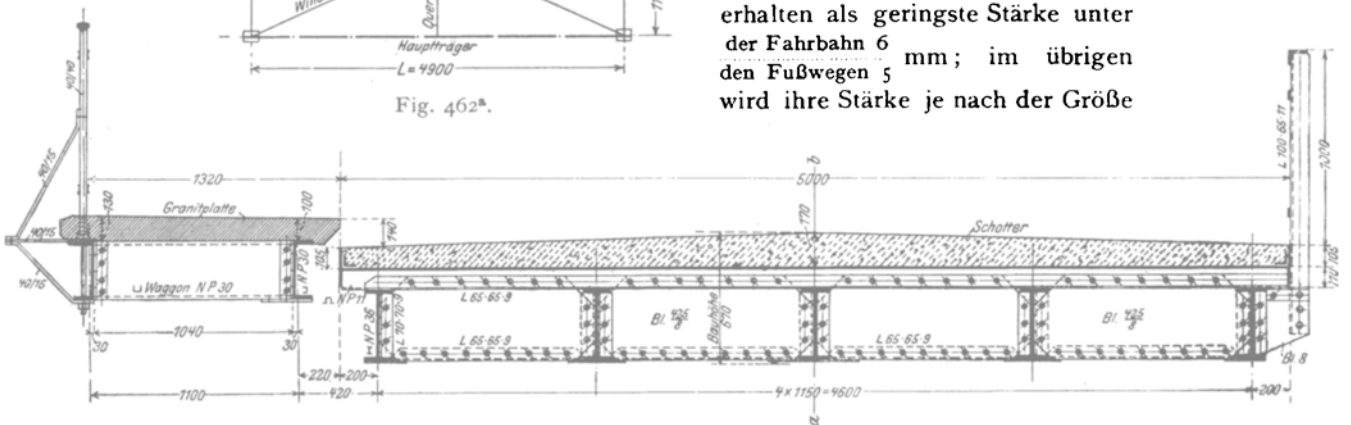


Fig. 462<sup>b</sup>.

der Verkehrslast um 1 bis 2 mm geringer als bei den Eisenbahnbrücken gewählt.

b) **Wellblech**, eben oder bombiert, wird nach den im 3. und 6. Kap. gegebenen Regeln berechnet; der Raddruck  $R$  kann je nach der Höhe der Auffüllung auf 2 bis 4 Wellen verteilt werden.

c) **Belageisen** bilden meist Träger auf mehr als 3 Stützen, so daß bei der Querschnittsbestimmung das Moment mit  $\frac{4}{5}$  des bei freier Auflagerung eintretenden Wertes eingeführt werden darf. Der Raddruck  $R$  kann auf 2 Belageisen verteilt werden.

**Aufgabe 81.** Es sind die Belageisen der in Fig. 462 dargestellten Landstraßenbrücke für einen 20 t Wagen als gewöhnliche und eine 23 t Dampfwalze als außergewöhnliche Verkehrslast zu berechnen; die zulässige Beanspruchung im  $\frac{\text{ersten}}{\text{zweiten}}$  Falle  $k = \frac{800}{1100}$  kg/qcm.

**Auflösung.**  $\lambda = 1,15$  m.

1. Ständige Last. Auf ein Belageisen entfällt nach Fig. 463 die Schotterlast  $(0,35 \cdot 0,1375 + 0,11 \cdot 0,24) 1800 = 134$  kg/m, die Schneelast  $75 \cdot 0,35 = 26$  kg/m, Eigengewicht

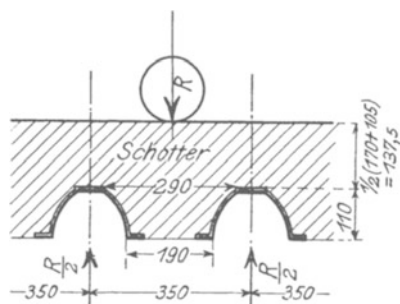


Fig. 463.

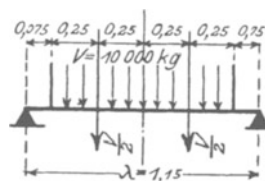


Fig. 464.

19 kg/m, insgesamt rund 180 kg/m. Daher die Gesamtlast  $P_0 = 180 \cdot 1,15 = 210$  kg und das Moment  $M_0 = \frac{4}{5} \cdot 210 \cdot \frac{115}{8} = 2400$  cmkg.

2. Verkehrslast. Mit  $R = \frac{20,0}{4} = 5,0$  t wird (Fig. 463) vom 20 t Wagen das Moment  $M_v' = \frac{4}{5} \cdot \frac{5000}{2} \cdot \frac{115}{4} = 57500$  cmkg.

Vom 10 t Vorderrad der Dampfwalze wird bei Verteilung auf 2 Belageisen nach Fig. 464 das Moment  $M_v'' = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{10000}{2} \left( \frac{115}{2} - \frac{100}{4} \right) = 65000$  cmkg; vom 6,5 t Hinterrad wird bei 0,5 m Breite ganz entsprechend  $M_v'' = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{6500}{2} \left( \frac{115}{2} - \frac{50}{4} \right) = 58500$  cmkg.

3. Größte Beanspruchung. Das gewählte  $\wedge$  NP. 11 hat  $W = 76,5$  cm<sup>3</sup>, erleidet daher die Beanspruchung  $\sigma' = \frac{2400 + 57500}{76,5} = 30 + 750 = 780$  kg/qcm bei Einwirkung des 20 t Wagens bzw.  $\sigma'' = \frac{2400 + 65000}{76,5} = 30 + 850 = 880$  kg/qcm bei Einwirkung der 23 t Dampfwalze.

## II. Die Längsträger.

### 1. Die Fahrbahnlängsträger.

Bei der Ermittlung der größten Biegemomente und Stützdrücke ist die Verkehrslast in die ungünstigste Stellung zu rücken. Bei der Berechnung eines Zwischenlängsträgers befindet sich daher stets eine Radreihe unmittelbar

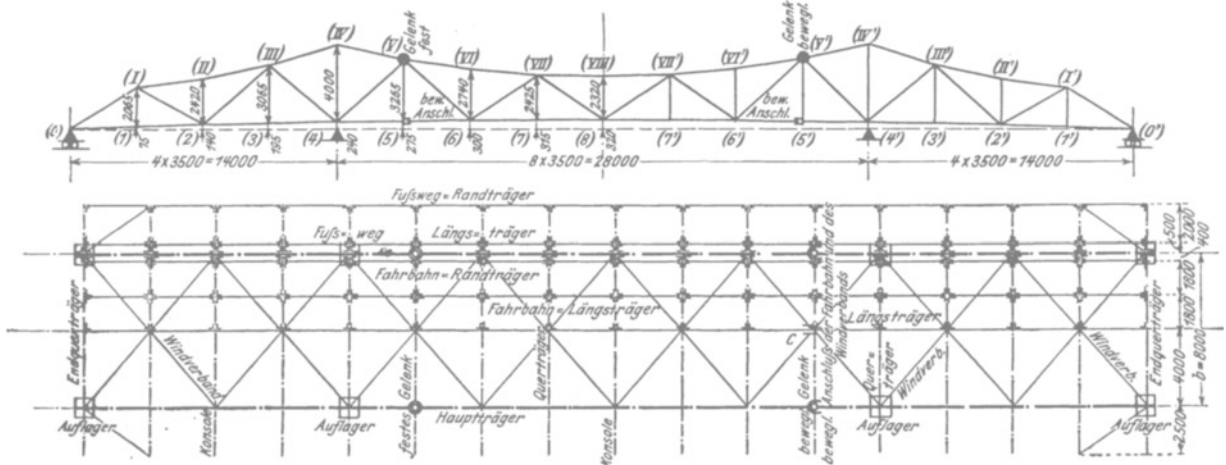


Fig. 466\* (vgl. Fig. 451).

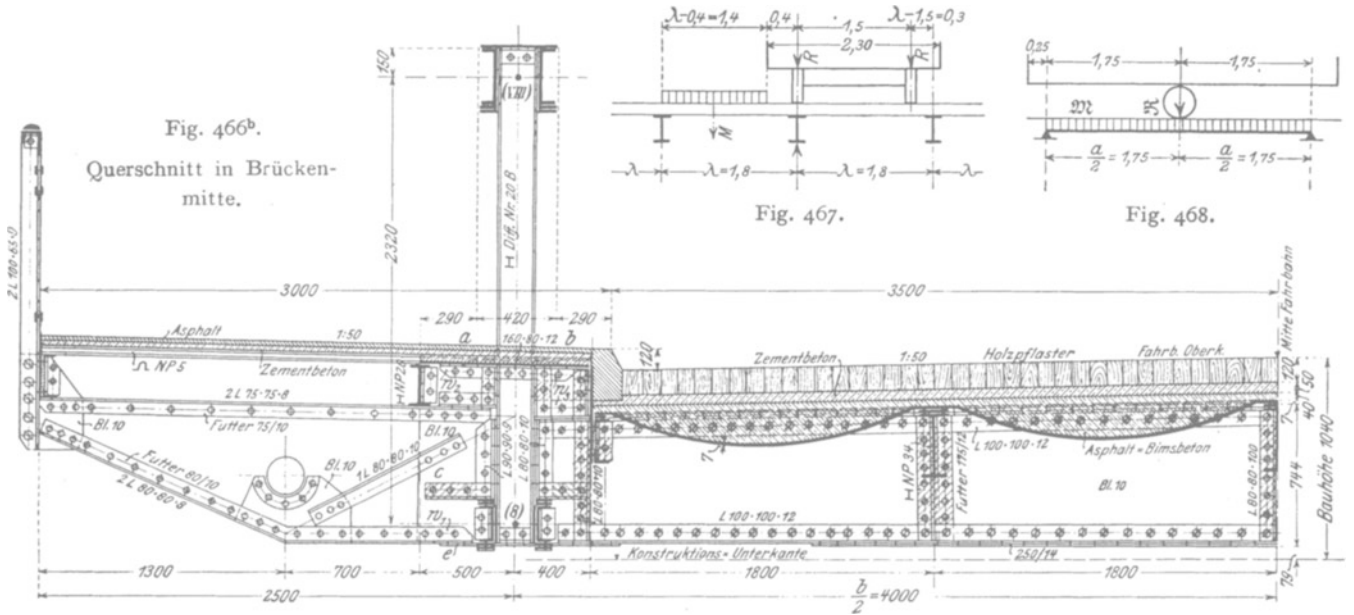


Fig. 466b.  
Querschnitt in Brückenmitte.

Fig. 467.

Fig. 468.

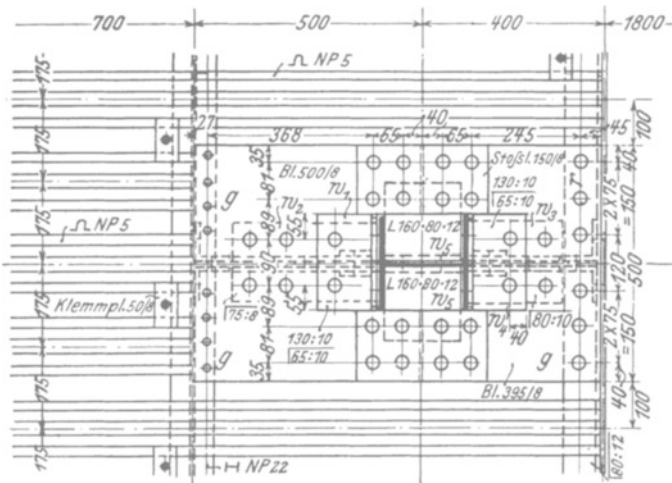


Fig. 466e. Schnitt a-b.

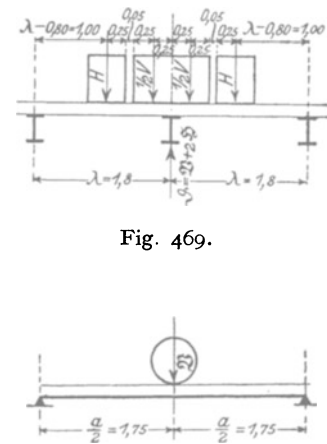


Fig. 469.

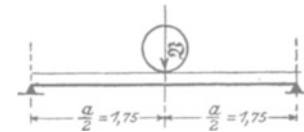


Fig. 470.

über dem Träger (Fig. 467); bei der Berechnung des Randlängsträgers zwischen Fahrbahn und Fußweg ist die Radreihe dicht an den Bordstein zu rücken (Fig. 465) und die gleichzeitig eintretende Fußwegbelastung zu berücksichtigen.

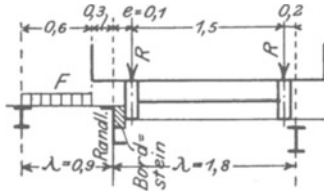


Fig. 465.

**Aufgabe 82.** Es sollen die Momente infolge der Verkehrslast für die Zwischenlängsträger der in Fig. 466 dargestellten Straßenbrücke berechnet werden.

**Auflösung.**  $a = 3,5 \text{ m}$ .  $\lambda = 1,8 \text{ m}$ .

1. Gewöhnliche Verkehrslast. 20 t Wagen und 400 kg/qm Menschengedränge. Von den Radlasten  $R$  entfällt nach Fig. 467 auf einen Längsträger  $\mathfrak{R} = \left(1 + \frac{0,3}{1,8}\right) R = 1,17 R$ , von dem seitlich

des Wagens befindlichen Menschengedränge  $M = 1,4 \cdot 3,5 \cdot 400 = 1960 \text{ kg}$  der Betrag  $\mathfrak{M} = 1960 \cdot \frac{0,7}{1,8} = 760 \text{ kg}$ . Daher ergibt sich mit  $R = 5000 \text{ kg}$  nach Fig. 468 das größte

$$\text{Moment zu } M_v' = 1,17 \cdot 5000 \cdot \frac{350}{4} + 760 \cdot \frac{350}{8} = 511\,900 + 33\,300 = 545\,200 \text{ cmkg.}$$

Erst bei Fachweiten  $a \geq 6,0 \text{ m}$  ergibt die Aufstellung beider Wagenachsen (entsprechend Fig. 471) ein größeres Moment als eine Achse in Trägermitte. Für die gebräuchlichen Werte  $\lambda \leq 2,5 \text{ m}$  ergibt ein 20 t Wagen stets größere Momente als mehrere, nebeneinander fahrende 10 t Wagen.

2. Außergewöhnliche Verkehrslast: 23 t Dampfwalze. Bei der in Fig. 469 dargestellten ungünstigsten Laststellung entfällt auf einen Längsträger

$$\text{vom 10 t Vorderrad } \mathfrak{B} = 2 \cdot \frac{10,0}{2} \cdot \frac{1,8 - 0,25}{1,8} = 8,6 \text{ t,}$$

$$\text{von jedem 6,5 t Hinterrad } \mathfrak{C} = 6,5 \cdot \frac{1,8 - 0,8}{1,8} = 3,6 \text{ t,}$$

insgesamt  $\mathfrak{D} = \mathfrak{B} + 2 \mathfrak{C} = 15,8 \text{ t}$ . Daher ergibt sich nach Fig. 470 das größte Moment

$$M_v'' = 8600 \cdot \frac{350}{4} = 752\,500 \text{ cmkg.}$$

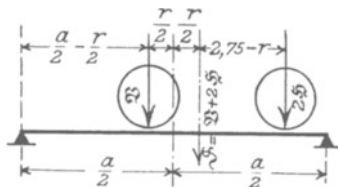


Fig. 471.

von der Trägermitte absteht, das größte Moment tritt dann unter diesem Rad ein.

Hier würde sich  $r = \frac{5,5 \cdot 3,6}{15,8} = 1,25 \text{ m}$  ergeben, so daß das Moment erst für  $a \geq 5,0 \text{ m}$  größer als das berechnete  $M_v''$  würde.

## 2. Die Fußweglängsträger.

Sie sind als Träger auf 2 Stützen zu berechnen, die durch ständige Last und Menschengedränge belastet sind; beim äußeren Fußwegrandträger ist daneben ein Zuschlag für das Gewicht des Geländers zu machen.

## III. Die Querträger.

Die Verkehrslast ist sowohl auf der eigentlichen Fahrbahn als auch auf den Fußwegen in die ungünstigste Stellung zu bringen.

**Aufgabe 83.** Es sollen die Momente infolge der Verkehrslast für die Querträger der in Fig. 466 dargestellten Straßenbrücke berechnet werden.



**Auflösung.**  $b = 8,0 \text{ m}$ .  $a = 3,5 \text{ m}$ .

**1. Gewöhnliche Verkehrslast:** a) 10 t Wagen und 400 kg/qm Menschengedränge. Nach Fig. 472 entfällt von den Radlasten  $R$  auf einen Querträger  $\mathfrak{R} = R = 2,5 \text{ t}$ , von dem hinter dem Wagen stehenden Menschengedränge  $M = (3,5 - 2,0) 8,0 \cdot 400 = 4800 \text{ kg}$  der Betrag  $\mathfrak{M} = 4800 \frac{1,5}{2 \cdot 3,5} = 1000 \text{ kg}$ , endlich von der Fußwegbelastung

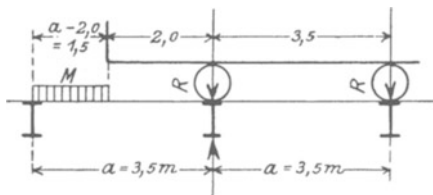


Fig. 472.

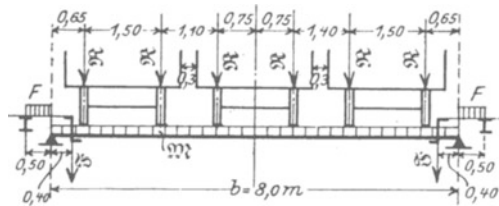


Fig. 473.

$F = 0,5 \cdot 3,5 \cdot 400 = 700 \text{ kg}$  (Fig. 473) beiderseits der Betrag  $\mathfrak{F} = 700 \frac{0,5}{2 \cdot 0,9} = 200 \text{ kg}$ . Daher berechnet sich das größte Moment nach Fig. 473 zu  $M_v' = 2500 [3 \cdot 4,0 - (0,75 + 1,85 + 3,35)] + 1000 \cdot \frac{8,0}{8} + 200 \cdot 0,4 = 16205 \text{ mkg}$ .

b) 20 t Wagen und 400 kg/qm Menschengedränge. Die neben dem 20 t Wagen stehende Menschenbelastung ergibt sich Fig. 474 zu  $\mathfrak{M}_2 = 2,85 \cdot 3,5 \cdot 400 = 4000 \text{ kg}$ ; von der hinter dem Wagen stehenden Menschenlast  $M = 1,5 \cdot 2,3 \cdot 400 = 1400 \text{ kg}$  (Fig. 472) entfällt auf den Querträger der Anteil

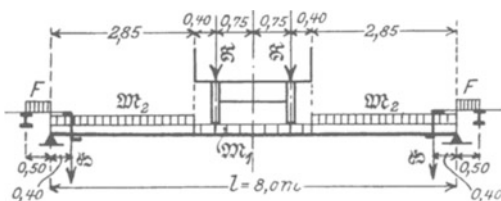


Fig. 474.

$$\mathfrak{M}_1 = 1400 \cdot \frac{1,5}{2 \cdot 3,5} = 300 \text{ kg};$$

die Fußwegbelastung liefert wie vorher den Beitrag 200 kg. Daher berechnet sich das größte Moment nach nach Fig. 474 mit  $R = 5,0 \text{ t}$

$$\text{zu } M_v'' = 5000 (4,0 - 0,75) + 4000 \frac{2,85}{2} + \frac{300}{2} \left( 4,0 - \frac{1,15}{2} \right) + 200 \cdot 0,4 = 22544 \text{ mkg}.$$

**2. Außergewöhnliche Verkehrslast.** Nach Fig. 475 entfällt auf den Querträger

$$\text{vom Vorderrad } \mathfrak{B} = V = 10,0 \text{ t},$$

$$\text{von jedem Hinterrad } \mathfrak{S} = 6,5 \cdot \frac{0,75}{3,5} = 1,4 \text{ t}.$$

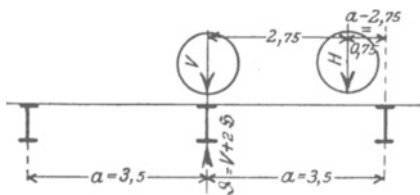


Fig. 475.

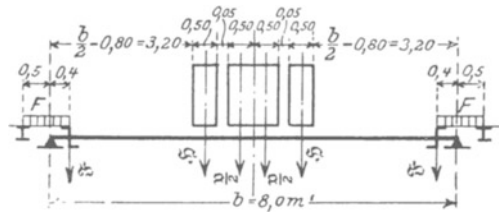


Fig. 476.

Von der seitlichen Fußwegbelastung  $F = 0,9 \cdot 3,5 \cdot 400 = 1300 \text{ kg}$  (Fig. 476) entfällt auf den Querträger beiderseits der Betrag  $\mathfrak{F} = \frac{1300}{2} = 650 \text{ kg}$ . Daher berechnet sich das größte Moment nach Fig. 476 zu  $M_v''' = 5000 (4,0 - 0,25) + 1400 (4,0 - 0,8) + 650 \cdot 0,4 = 23490 \text{ mkg}$ .

#### IV. Die Konsolen.

1. Die Konsolen bilden einseitig eingespannte Träger (Fig. 24). Außer der durch die Fußweglängsträger übertragenen ständigen und Verkehrslast ist das Eigengewicht sowie die Belastung durch etwa aufgelagerte Leitungen für Gas, Wasser oder Elektrizität in Rechnung zu stellen.

2. Die den Fußweg abschließenden Geländer sind für eine am oberen Holm angreifende wagerechte Belastung von 80 bis 120 kg/m zu berechnen. Die Holme bilden dabei Träger auf 2 Stützen, die sich von einem Hauptpfosten zum andern freitragen; gegen Durchbiegung in lotrechter Richtung sind sie durch die Geländerfüllung zu schützen. Die Hauptpfosten sind als an der Konsolspitze eingespannte Träger zu berechnen.

#### V. Die Hauptträger.

Die Hauptträger werden bis etwa 20 bis 25 m Stützweite unter Zugrundelegung der wirklichen Lasten (Raddrücke und Menschengedränge), darüber hinaus unter Zugrundelegung einer gleichförmig verteilten Belastung von 400 bis 500 kg/qm berechnet. Sind die Fußwege auf Konsolen ausgekragt, so ergibt sich die ungünstigste Belastung eines Hauptträgers bei einseitigem Menschengedränge auf nur einem Fußweg nach Fig. 477.

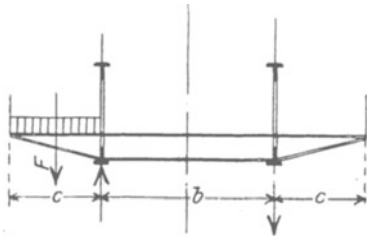


Fig. 477.

Beispielsweise ergibt sich für die in Fig. 466 dargestellte Straßenbrücke die größte Belastung eines Hauptträgers mit

$$F = 2,5 \cdot 0,4 = 1,0 \text{ t/m}$$

zu

$$p_v = \frac{8,0}{2} \cdot 0,4 + 1,0 \left( 1 + \frac{2,5}{2 \cdot 8,0} \right) = 1,6 + 1,16 = \sim 2,8 \text{ t/m.}$$

Bei Fachwerkträgern ist für diejenigen Vertikalen, die nur zur Aufhängung der Fahrbahn dienen, z. B. die Vertikalen in den ungeraden Knotenpunkten der Fig. 466, als Stabkraft der größte durch ständige und Verkehrslast erzeugte Stützdruck des Quertägers einzuführen.

Die Standsicherheit des eisernen Überbaues gegen Umkippen muß für einen Winddruck von 250 kg/qm bei unbelasteter und von 150 kg/qm bei durch leere Wagen mit 0,7 t/m belasteter Brücke eine mindestens 1,3fache sein.

#### VI. Der Windverband.

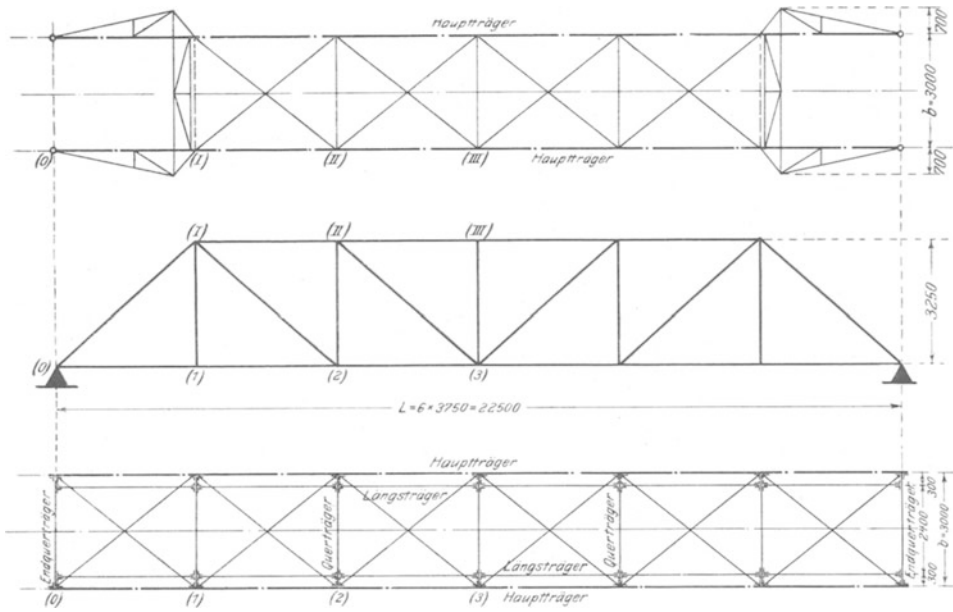
Die Höhe des Verkehrsbandes ist zu 2,0 bis 2,5 m über Straßenoberkante einzuführen; im übrigen gelten die bei den Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln.

#### VII. Die Querverbände.

1. Die Berechnung der Querverbände, Portalrahmen und offenen Halbrahmen erfolgt nach den Regeln des 11. Kap.

**Aufgabe 84.** Bei der in Fig. 478 dargestellten Fußgängerbrücke werden die Stützdrücke des oberen Windverbands durch in den Ebenen der Enddiagonalen  $\rho_1$ — $\rho_2$  liegende, fachwerkförmig gegliederte Rahmen mit Kämpfergelenken (Fig. 420 bis 422) auf die Hauptträgerstützpunkte  $\rho_3$  übertragen; es sollen die Spannkkräfte in den einzelnen Rahmenstäben bestimmt werden.

Oberer Windverband.



Unterer Windverband.

Fig. 478<sup>a</sup>.

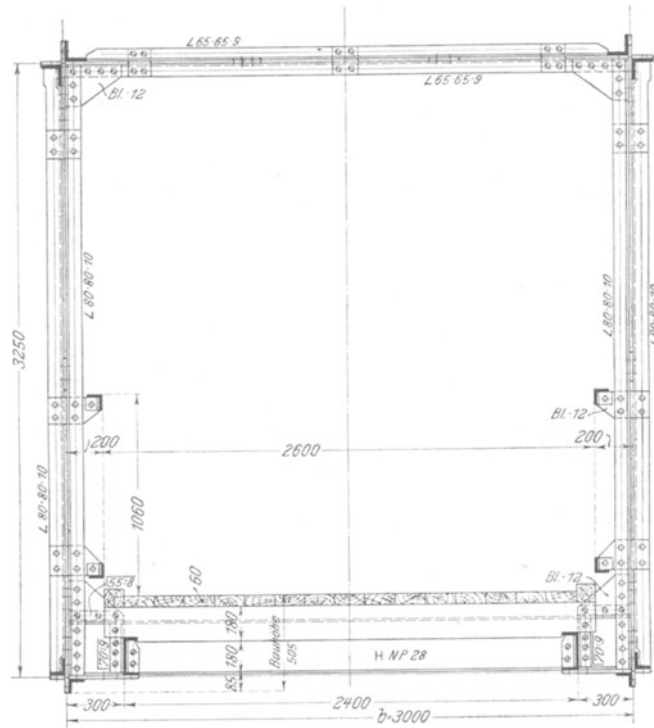


Fig. 478<sup>b</sup>.

Querschnitt in Brückenmitte.

**Auflösung.** Die mittlere Stabbreite beträgt für den Obergürt 0,23 m, für die Diagonalen 0,15 m, für die Vertikalen 0,17 m. Bei  $a = 3,75$  m Fachweite,  $h = 3,25$  m Höhe und 4,962 m Diagonallänge ergibt sich daher die für den oberen Windverband maßgebende vom Wind getroffene Fläche zu  $0,23 + \frac{1}{2} \cdot 0,15 \cdot \frac{4,962}{3,75} + \frac{1}{2} \cdot 0,17 \cdot \frac{3,25}{3,75} = 0,41$  qm/m,

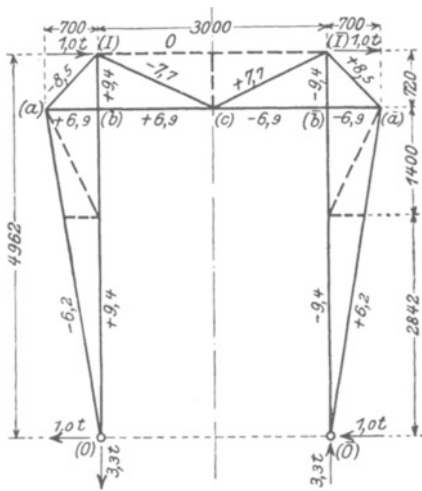


Fig. 479<sup>a</sup>.

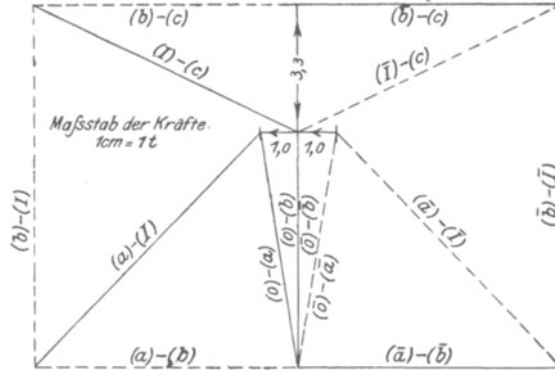


Fig. 479<sup>b</sup>.

zuzüglich Knotenbleche rund 0,6 qm/m; hierzu für den windabgelegenen Hauptträger 50 v. H. ergibt insgesamt 0,9 qm/m. Bei unbelasteter Brücke berechnet sich daher der Stützdruck des 15,0 m langen oberen Windverbandes zu  $W = \frac{1}{2} \cdot 15,0 \cdot 0,9 \cdot 0,25 = 1,7$  t, wofür zur Berücksichtigung des auf die Enddiagonale und den Querrahmen treffenden

Fig. 480<sup>b</sup>.

Fig. 480<sup>a</sup>.

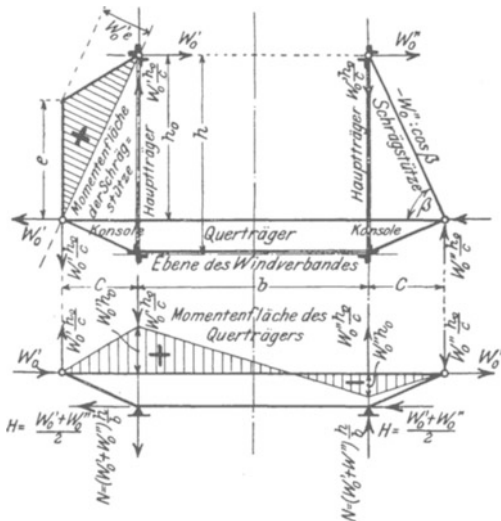


Fig 480<sup>a</sup>.

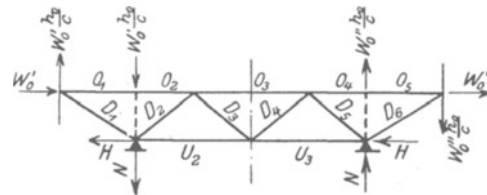


Fig. 481<sup>a</sup>.

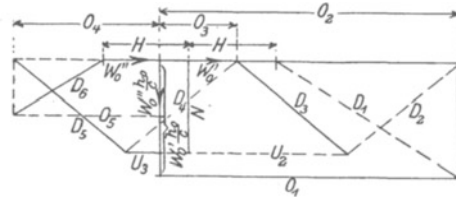


Fig. 481<sup>b</sup>.

Winddrucks rund  $W = 2,0$  t eingeführt ist Diese Kraft wird nach Fig. 479<sup>a</sup> je zur Hälfte in den Punkten (I) und (Ī) der gegenüberliegenden Hauptträger angreifend gedacht und ruft in den Stützpunkten (O) und (Ō) wagerechte Auflagerdrücke von je 1,0 t und senkrechte Auflagerdrücke von je  $2,0 \cdot \frac{4,962}{3,0} = 3,3$  t hervor. Die Bestimmung der

Spannkräfte erfolgte nunmehr durch Zeichnung des Kräfteplans Fig. 479<sup>b</sup>, in dem Druckkräfte durch ausgezogene Linien angegeben sind. Zugkräfte durch gestrichelte Linien angegeben sind.

2. Eine den Straßenbrücken eigentümliche Rahmenausbildung zeigt Fig. 480, nämlich die Abstützung der Obergurtnotenpunkte gegen die Spitzen der Konsolen bzw. der nach außen verlängerten Querträger, und zwar entweder durch eine gerade Schrägstütze (Fig. 480<sup>a</sup>), die nur Längskräfte erleidet, oder aber durch eine passend gebogene Stütze (Fig. 480<sup>b</sup>), wenn der Raum oberhalb der Konsole zur Durchführung des Fußgängerverkehrs frei bleiben soll; es treten dann in der vollwandig oder fachwerkförmig gegliedert ausgeführten Stütze neben den Längskräften noch Biegemomente auf. In beiden Fällen erleiden Konsolen und Querträger zusätzliche Momente, deren Flächen in Fig. 480<sup>c</sup> dar-

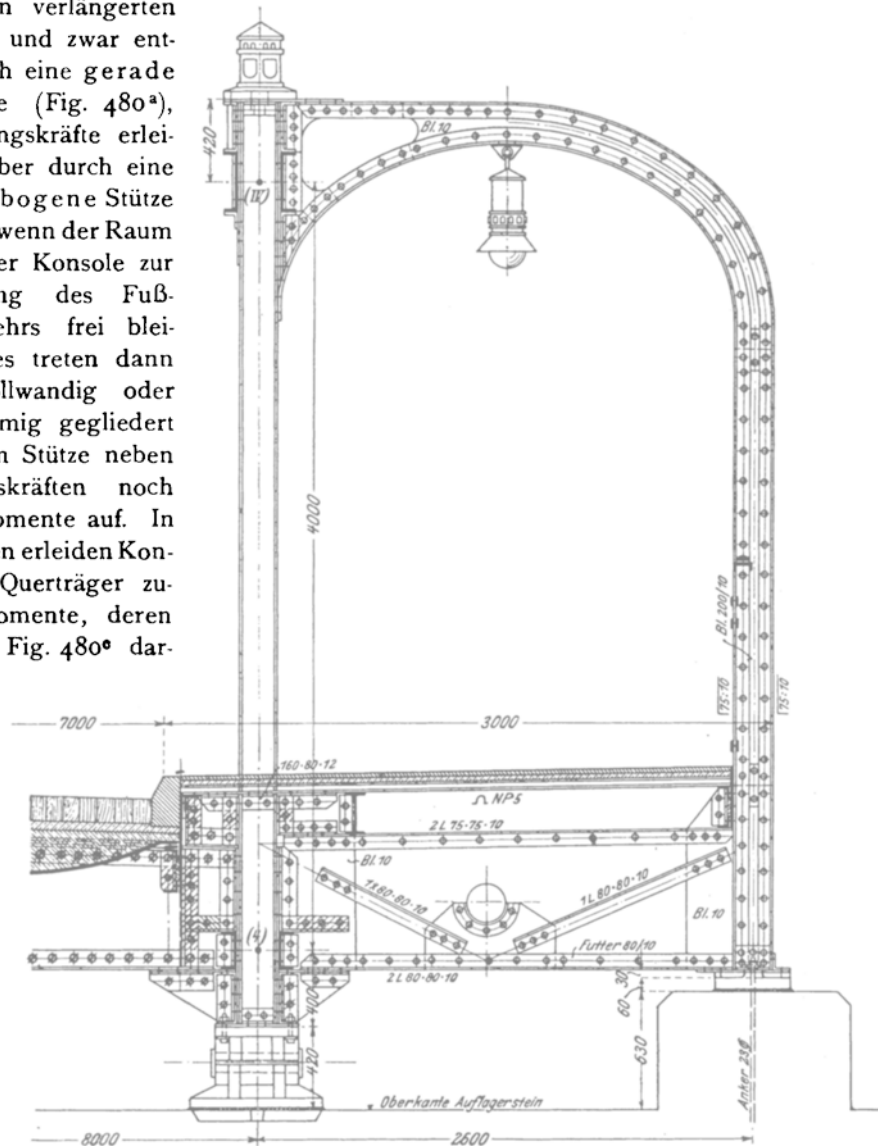


Fig. 482. Fußwegportal über den Mittelpfeilern der Straßenbrücke Fig. 466.

gestellt sind. Sind beide fachwerkförmig gegliedert, so werden die Spannkräfte nach Fig. 481 zeichnerisch bestimmt.

Befindet sich eine solche Rahmenaussteifung über einem Widerlager oder Zwischenpfeiler, so kann man Konsolen und Querträger durch Anordnung besonderer Auflager in den Konsolspitzen von zusätzlichen Momenten ganz

freihalten, wie in Fig. 482 dargestellt; da nach Fig. 480° sowohl positive als auch negative Stützdrücke auftreten können, ist das Auflager zu verankern, aber so, daß die Querverschieblichkeit nicht gehindert wird (vgl. Fig. 335); die wagerechten Stützdrücke  $H$  (Fig. 480°) werden durch die Untergurtstäbe der Konsolen in die Auflagerstühle der Hauptträger übergeführt.

## VIII. Die Auflager.

Die Berechnung der Auflager erfolgt nach den für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln.

### B. Konstruktion der Straßenbrücken.

#### I. Die Fahrbahndecke.

##### 1. Abmessungen.

a) Die **Fahrbahnbreite** muß mindestens so groß sein, daß sich 2 Fuhrwerke von 2,6 bzw. 2,3 m Ladebreite ausweichen können. Sind Fahrbahn und Fußwege nicht durch die Hauptträger getrennt (Fig. 461, 462, 483), so darf die Ladung der Fuhrwerke 0,10 bis 0,25 m über Bordkante hinausragen, so daß eine geringste Fahrbahnbreite von 4,7 m genügt, die aber bei größerem Verkehr besser auf 5,0 m erhöht wird. Sind dagegen Fahrbahn und Fußwege durch die Hauptträger getrennt (Fig. 466, 484), so muß zwischen den am weitesten vorstehenden Teilen der Hauptträger und der Begrenzungslinie der Fahrbahnbreite je nach der Größe des Verkehrs ein Spielraum von 0,1 bis 0,3 m verbleiben, so daß sich die lichte Entfernung der Hauptträger zu 5,4 bis 5,8 m ergibt.

Sollen sich mehr als 2 Fuhrwerke auf der Brücke begegnen können, so ist zwischen den einzelnen Wagenreihen ein Spielraum von mindestens 0,2 m vorzusehen (Fig. 473), so daß sich z. B. für 3 Reihen die gesamte Wagenbreite zu  $3 \cdot 2,3 + 2 \cdot 0,2 = 7,3$  m berechnet. Liegen nunmehr Fahrbahn und Fußwege nicht durch die Hauptträger getrennt, so ist die geringste Fahrbahnbreite zu 6,8 m, bei regerem Verkehr besser zu 7,0 m zu wählen; im anderen Falle muß die lichte Entfernung der Hauptträger mindestens  $7,3 + 2 \cdot 0,1 = 7,5$  m betragen. Ganz ebenso geht man vor, wenn sich z. B. ein Straßenbahnwagen von 2,2 m Breite, ein schwerer Lastwagen von 2,6 m, und ein leichteres Fuhrwerk von 2,0 m Ladebreite begegnen sollen.

Die lichte Höhe der Fahrbahn muß bei Brücken mit oberem Wind- und Querverband bei Wagenverkehr 4,5 bis 5,0 m, bei alleinigem Fußgängerverkehr (Fig. 478) mindestens 2,1 m betragen.

b) Die **Fußwegbreite** ist für einen Fußgänger auf 0,6 m zu berechnen; sie richtet sich nach der Dichte des über die Brücke gehenden Verkehrs; neben den sonst üblichen Maßen von 2,0 bis 3,0 m, führt man bei städtischen Straßenbrücken Breiten von 10,0 m und mehr aus.

Sind Fahrbahn und Fußwege durch die Hauptträger getrennt, so muß zwischen der Bordkante und den am weitesten vorstehenden Teilen der Hauptträger ein Spielraum („Schrammkante“) von 0,25 bis 0,5 m verbleiben (Fig. 466, 484).

2. Gefälle.

a) **Quergefälle.** Die Fahrbahn erhält zur Entwässerung von Straßenmitte zu den Bordsteinen hin ein Quergefälle, das entweder bei wagerechter Fahrbahnplatte durch ungleiche Stärke der Fahrbahnplatte (Fig. 462, 483, 484) oder aber bei gleichbleibender Plattenstärke durch eine beiderseits dem Quergefälle entsprechende Neigung der Fahrbahnplatte (Fig. 461, 466) hergestellt wird.

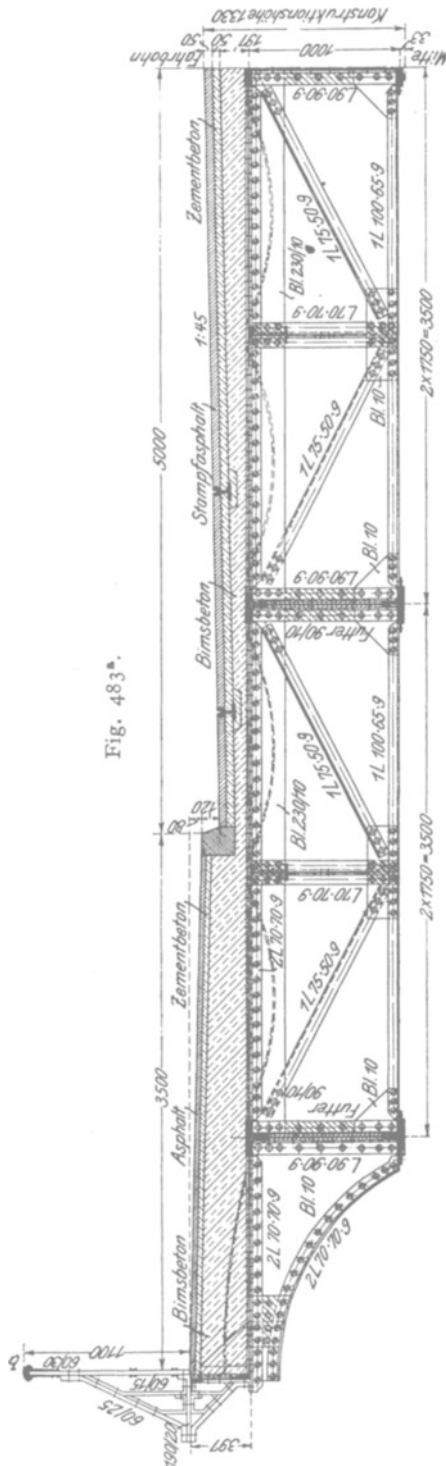


Fig. 483<sup>a</sup>.

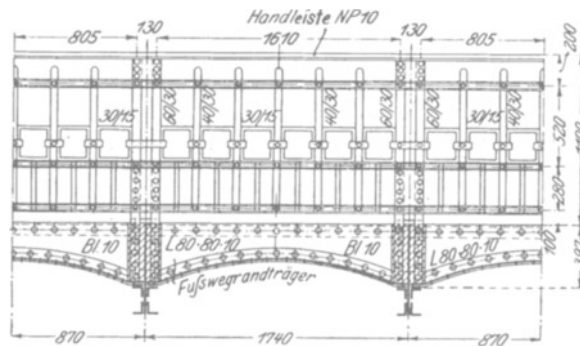


Fig. 483<sup>b</sup>. Schnitt a—b.

Das Quergefälle beträgt für:

- Schotterdecken 1: 50 bis 1: 30;
- Steinpflaster 1: 40 bis 1: 25;
- Holzpflaster 1: 100 bis 1: 50;
- Bohlenbelag 1: 100 bis 1: 50;
- Asphalt 1: 200 bis 1: 50.

Die Fußwege erhalten ein Quergefälle von 1:100 bis 1:40, und zwar meist zu den Bordsteinen, seltener zu den Geländern hin. Die Bordsteinoberkante liegt 10 bis 16 cm über der Fahrbahnplatte, um so entweder den Platz für die Ausbildung der Längsrinne zu gewinnen oder aber um einen durchlaufenden Schlitz für die Entwässerung zu schaffen (Fig. 461 und 462); im letzteren Falle müssen die Querträger sowie alle Holzteile mit Zinkblech oder Asphaltfilz gegen den Einfluß des durchlaufenden Regenwassers geschützt werden.

b) **Längsgefälle.** a) Liegt die Brücke im Gefälle, so fließt das Wasser in den gepflasterten oder aus besonderen Rinnsteinen bzw. Rinneisen gebildeten Rinnen einseitig ab; der Absatz zwischen Fahrbahn und Fußweg wird gleichbleibend 10 bis 14 cm hoch durchgeführt.

Das größte zulässige Gefälle beträgt für die Fahrbahn bei Schotterdecken 1:20, Steinpflaster 1:30, Holzpflaster 1:25, Bohlenbelag 1:25, Asphalt 1:70, und für die Fußwege 1:12.

β) Liegt die Brücke in der Wagerechten, so sind 2 Anordnungen möglich. Wird die Fahrbahndecke wagerecht ausgeführt, so erhalten die

Fig. 484<sup>a</sup>.

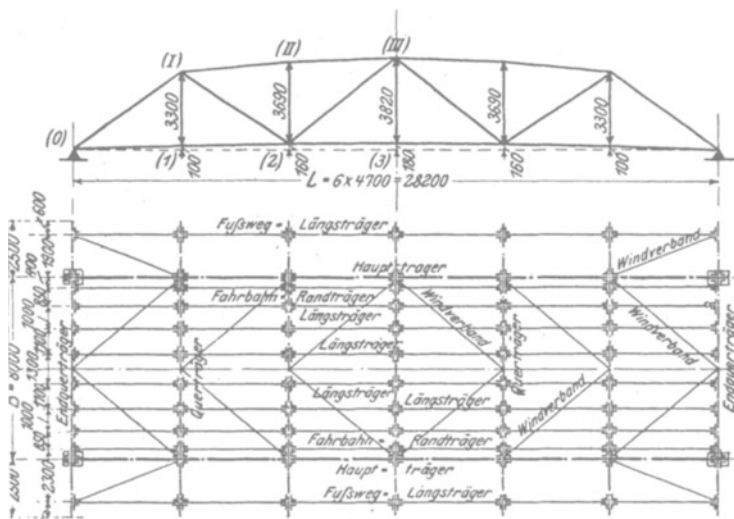


Fig. 484<sup>b</sup>.  
Querschnitt in Brückenmitte.

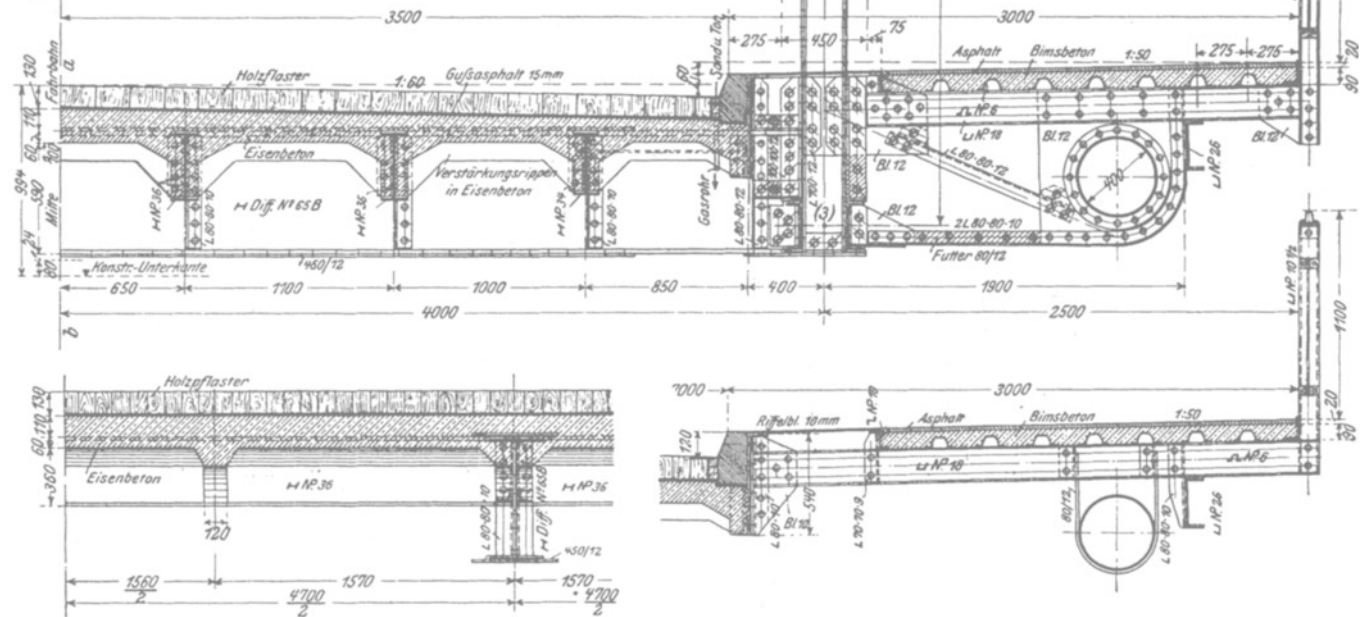


Fig. 484<sup>c</sup>. Längsschnitt a-b.

Fig. 484<sup>d</sup>. Querschnitt durch den Fußweg zwischen den Konsolen.

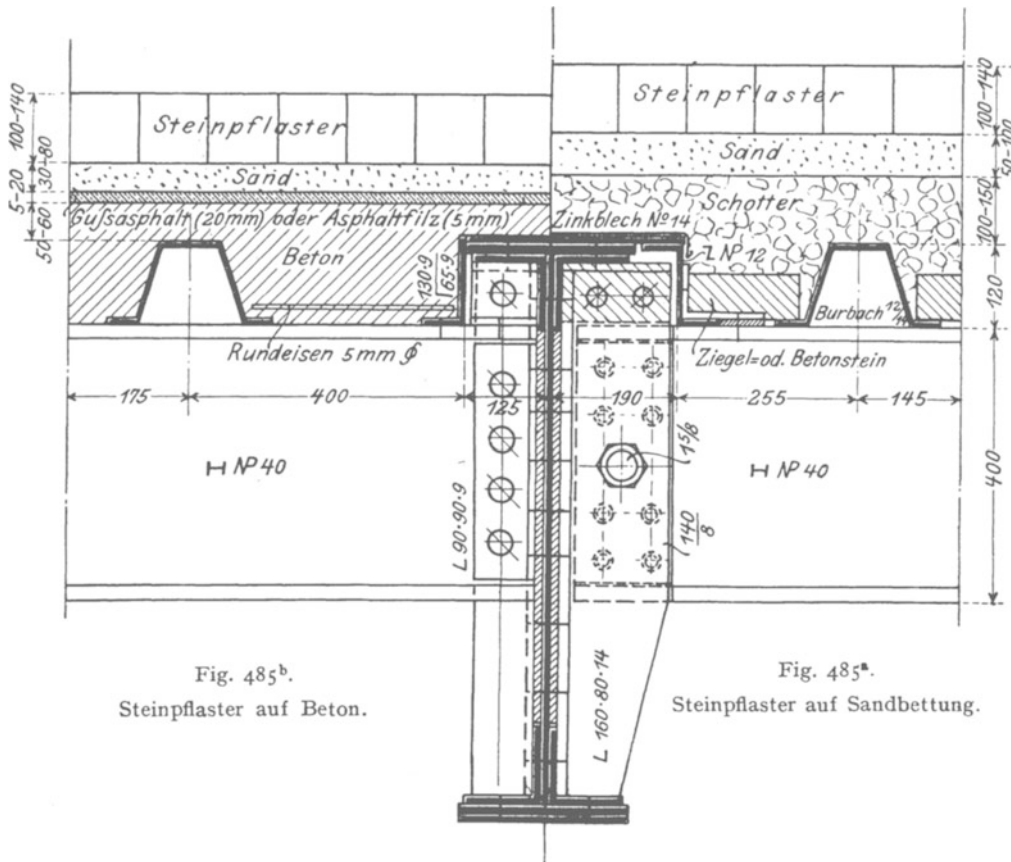
gepflasterten Rinnen ein Längsgefälle von  $\frac{1}{100}$ , so daß sich für den Absatz zwischen Fahrbahn und Fußweg eine wechselnde Höhe ergibt. Da diese mindestens 6 cm, höchstens 18 cm betragen soll, so ergibt sich aus der Länge



der Brücke, ob die Entwässerung von Öffnungsmitte nur nach den beiden Widerlagern hin oder aber auch noch in einzelnen Zwischenpunkten durch besondere Abflußrohre erfolgen muß. Meist wird jedoch die Fahrbahndecke nicht wagerecht, sondern nach der Parabel gewölbt angeordnet (Fig. 34), deren in Öffnungsmitte liegender Pfeil gleich  $\frac{1}{200}$  bis  $\frac{1}{100}$  der Spannweite gewählt wird; die Entwässerung erfolgt dann bei gleichbleibender Bordsteinhöhe nach beiden Widerlagern hin. Bei fachwerkförmigen Hauptträgern wird dabei die der Fahrbahn nächst benachbarte Gurtung, z. B. der Untergurt in Fig. 466 und 484, der Fahrbahndecke parallel geführt.

### 3. Ausbildung.

a) **Steindecken.** a) Schotterdecken kommen hauptsächlich für die Fahrbahn der Landstraßenbrücken zur Verwendung, und zwar entweder auf Buckel- bzw. Tonnenblechen oder auf Belageisen (Fig. 462). Das Schotterbett ruht entweder unmittelbar oder unter Einschaltung einer mindestens 6 cm



starken Betonschicht auf der Fahrbahntafel. Die Stärke des Betts soll am Bordstein mindestens 10 cm über Fahrbahntafeloberkante betragen.

β) Werksteine und zwar hauptsächlich Granit, Trachyt und Sandstein werden nur zur Abdeckung der Fußwege verwendet, und zwar entweder freitragend in Platten bis etwa 2 qm Größe mit 8 bis 15 cm Stärke oder aber auf

einer Unterbettung aus Sand von 5 bis 10 cm bzw. aus Beton von 4 bis 8 cm Dicke mit 5 bis 8 cm Stärke.

Zu demselben Zweck werden freitragende Platten aus Eisenbeton bzw. Zement- oder Tonplatten auf Unterbettung verwendet.

γ) Steinpflaster wird wegen des hohen Eigengewichts nur bei städtischen Straßenbrücken verwendet. Die Höhe der Pflastersteine beträgt bei Vollpflaster 10 bis 14 cm, bei Kleinpflaster 8 bis 10 cm. Die Unterbettung besteht entweder aus:

einer 10 bis 15 cm starken Schotter- und 5 bis 10 cm starken Sandschicht (Fig. 485<sup>a</sup>) oder aus

einer Betonschicht (Fig. 485<sup>b</sup>), die die höchsten Punkte der Fahrbahntafel um 5 bis 6 cm überragen soll und zur wasserdichten Abdeckung eine 20 mm starke Gußasphalt- oder eine 5 mm starke Asphaltfilmschicht erhält, oder endlich aus

einer Asphaltbetonschicht, d. i. vorgewärmter Schotter und Sand mit heißem Teer und Asphalt gemischt.

δ) Asphalt: Stampfasphalt, 5 cm stark, für die Fahrbahn, auf einer einheitlichen Zementbetonschicht, die die Fahrbahntafeloberkante um 9 bis 12 cm überragen soll, oder aber auf einer Zementbetonschicht von 5 bis 7 cm Stärke auf einer Unterlage aus Mager- oder Bimsbeton (Fig. 483) von 6 bis 7 cm geringster Dicke, oder endlich seltener auf einer 8 bis 12 cm starken Zementbetonschicht auf einer Unterlage von Kies und Sand von 5 cm geringster Stärke.

Gußasphalt, 2 bis 3 cm stark, für die Fußwege, auf einer Betonschicht, die die höchsten Punkte der Fußwegtafel um mindestens 2 cm überragen soll. Statt dessen werden auch 2,5 bis 3 cm starke Asphaltplatten auf einer 5 bis 8 cm starken Sandschicht oder auf einer mindestens 2 cm starken Betonunterlage verwendet.

b) **Holzdecken.** α) Bohlenbelag: einfach zur Abdeckung der Fußwege (Fig. 461, 478); nur bei geringem Verkehr auch für die Fahrbahn; doppelt zur Abdeckung der Fahrbahn; die oberen, 5 bis 8 cm starken Bohlen aus Eichen-, Kiefern- oder Buchenholz werden quer zur Fahrtrichtung dicht aneinander gelegt und auf den unteren Belag mit Nägeln befestigt (Fig. 460 und 461); sie bilden die eigentliche, der Abnutzung durch den Verkehr unterworfenen Fahrbahndecke. Die unteren Bohlen bilden den tragenden Belag; sind sie auf Längsträgern aus Holz aufgelagert (Fig. 461), so werden in die Berührungsfächen Streifen aus Zinkblech oder Asphaltpappe eingelegt, um die Feuchtigkeit von den Holzbalken abzuhalten.

Beide Beläge werden in Fahrbahnmitte gestoßen, damit bei einer erforderlichen Auswechslung einzelner Bohlen die eine Hälfte der Brückenbahn für den Verkehr nutzbar bleibt.

β) Holzpflaster, 8 bis 12 cm hoch, mit der Längsrichtung quer zur Brücke verlegt und in den Fugen mit Asphalt gedichtet, erhält auf der Oberfläche einen Überzug von dünnflüssigem Zement und darauf zweckmäßig eine etwa 1 cm starke Schicht aus Porphyrguss, der sich beim Befahren in das Holz preßt. Es wird stets auf einer 5 bis 6 cm starken Zementbetonschicht verlegt; als Unterlage für diese dient entweder eine wasserundurchlässige Asphaltbetonschicht (Fig. 466), die die höchsten Punkte der Fahrbahntafel um mindestens 4 cm überragt, oder eine Zement-, Mager- oder Bimsbetonschicht,

deren Oberfläche zum Schutz gegen etwa durchdringende Feuchtigkeit mit Gußasphalt oder Asphaltfilz abgedeckt wird (Fig. 484).

Um der Ausdehnung des Holzes beim Quellen Rechnung zu tragen, wird bei größerer Fahrbahnbreite neben dem Bordstein eine 3 bis 5 cm breite Fuge gelassen, die mit Sand und Ton gefüllt und in Abständen von 6 bis 10 m durch einbetonierte Gasrohre entwässert wird (Fig. 484<sup>b</sup>).

## II. Die Fahrbahntafel.

### 1. Ausbildung.

a) **Beton und Eisenbeton** kommt entweder eben nach Fig. 252, 253 oder 443, bei Spannweiten  $L \leq 8,0$  m auch nach Fig. 250, oder aber gewölbt nach Fig. 255 oder 256 zur Verwendung. Die ebene oder gewölbte Tafel ruht entweder auf den Hauptträgern (Fig. 443) oder aber unter Fortfall der Längsträger auf den Querträgern oder endlich auf den Längsträgern (Fig. 484); wird im letzteren Fall das Quergefälle durch ungleiche Stärke der Fahrbahndecke hergestellt, so kann die Entfernung der Längsträger voneinander nach den Bordsteinen hin der verminderten Belastung entsprechend verkleinert werden.

Wegen des großen Eigengewichts ist die Verwendung bei größerer Spannweite auf die Fälle beschränkt, wo die Fahrbahntafel von unten her dem öfteren und länger andauernden Angriff von Rauchgasen ausgesetzt ist, weil Eisen diesem Angriff erfahrungsgemäß nur verhältnismäßig kurze Zeit widersteht.

b) **Buckel- und Tonnenbleche** werden nach den für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln durchgebildet. Den geringeren Belastungen entsprechend werden die Buckelplatten bis zu 6 m Seitenlänge verwendet und

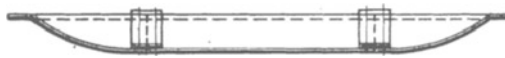


Fig. 486.

dann aus 2 halben Blechen und einem Tonnenblech zusammengenietet (Fig. 486).

Bei Sand- und Schotterauffüllung wird Einzelentwässerung, bei Beton- auffüllung aber Entwässerung nach den Widerlagern hin angeordnet.

c) **Wellblech** wird wegen der schwierigen Entwässerung sowohl unter der Fahrbahn als auch unter den Fußwegen stets mit einer wasserdichten Schicht aus Asphaltbeton oder aus Beton mit Gußasphalt- oder Asphaltfilz-

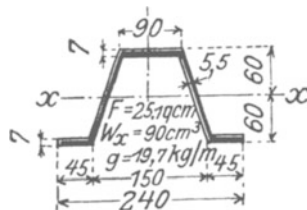


Fig. 487.

überzug abgedeckt. Die Wellen liegen meist senkrecht, seltener parallel zur Brückenachse; der seitliche Abschluß des Straßenkörpers erfolgt wie bei den Belageisen durch Bleche und Winkel- eisen.

d) **Belageisen.** Außer den Normalprofilen kann das in Fig. 487 dargestellte Profil der Burbacher Hütte zweckmäßig verwendet werden.

Die Belageisen werden zur Ersparnis an Eisen mit Zwischenräumen von 5 bis 15 cm und zwar entweder senkrecht (Fig. 462) oder parallel (Fig. 484) zur Brückenachse verlegt; die Zwischenräume werden bei Schotterauffüllung mit Ziegel- oder

Betonsteinen ausgefüllt (Fig. 485<sup>a</sup> und 492); eine auf Schalung hergestellte Betonauffüllung macht diese Steine entbehrlich und ermöglicht durch Anordnung von Eiseneinlagen (Fig. 485<sup>b</sup>) größere Zwischenräume. Die Befestigung der Belageisen an den Fahrbahnträgern erfolgt durch Klemmplatten und

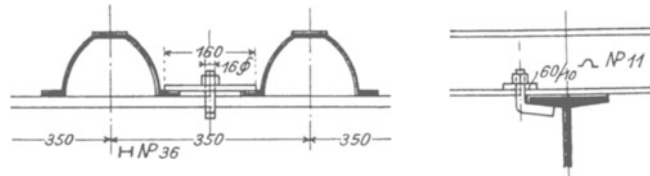


Fig. 488.

Hakenschauben (Fig. 488), seltener durch Vernieten oder Verschrauben der oberen oder unteren Flansche.

Der seitliche Abschluß des Straßenkörpers erfolgt entweder durch die Randlängsträger wie beim Fußweg in Fig. 462<sup>b</sup> oder durch seitliche Begrenzungsbleche bzw. Profileisen (Fig. 466<sup>b</sup> und 492), die durch Winkeleisen mit den oberen Flanschen der Belageisen verbunden sind.

## 2. Unterbrechungen

der Fahrbahn sind bei mit Gelenken versehenen Hauptträgern (Fig. 466) an den Orten dieser Gelenke erforderlich.

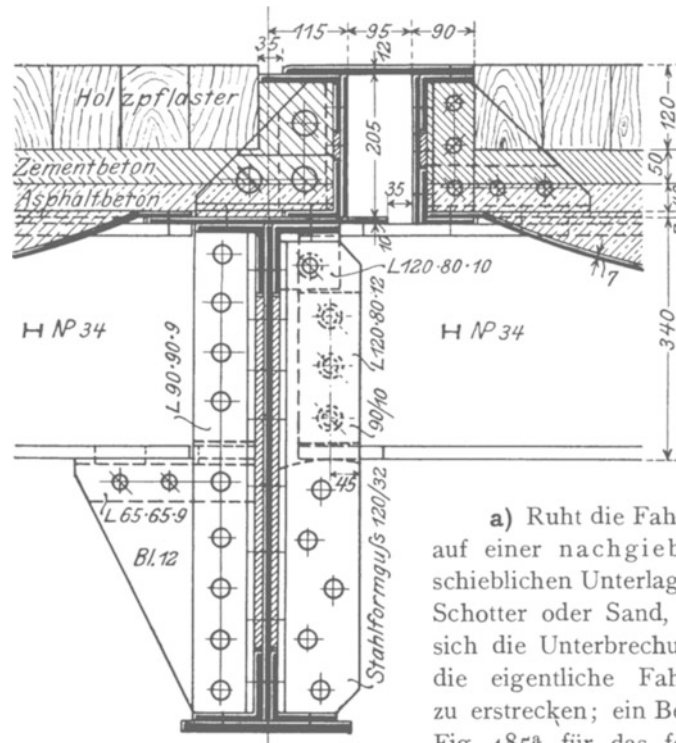


Fig. 489.

a) Ruht die Fahrbahndecke auf einer nachgiebigen, verschieblichen Unterlage, z. B. auf Schotter oder Sand, so braucht sich die Unterbrechung nur auf die eigentliche Fahrbahntafel zu erstrecken; ein Beispiel zeigt Fig. 485<sup>a</sup> für das feste Gelenk der Fig. 466; die Unterbettung

wird durch ein Profileisen seitlich abgeschlossen, auf dessen oberen Flansch sich die seitlich verbreiterte oberste Querträgerlamelle löse auflegt; zum Schutz gegen etwa eindringende Feuchtigkeit wird der Querträger mit einem Zinkblech- oder Asphaltfilzstreifen abgedeckt. Ganz entsprechend ist die Ausbildung am beweglichen Gelenk.

b) Ist die Unterbettung der Fahrbahndecke unnachgiebig und unverschieblich, z. B. aus Beton gebildet, so muß nicht nur die Fahrbahntafel, sondern auch die Fahrbahndecke unterbrochen werden; ein Beispiel zeigt Fig. 489 für das bewegliche Gelenk der Fig. 466; der Straßenkörper ist beiderseits durch  $\square$ -förmige Träger abgeschlossen, von denen der eine mit dem Querträger, der andere aber mit dem längsverschieblich gelagerten Längs-

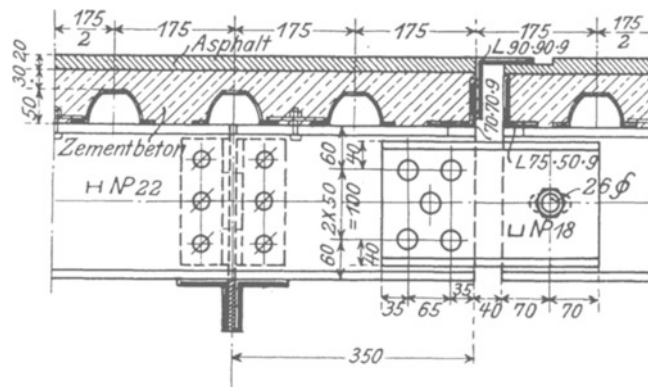


Fig. 490.

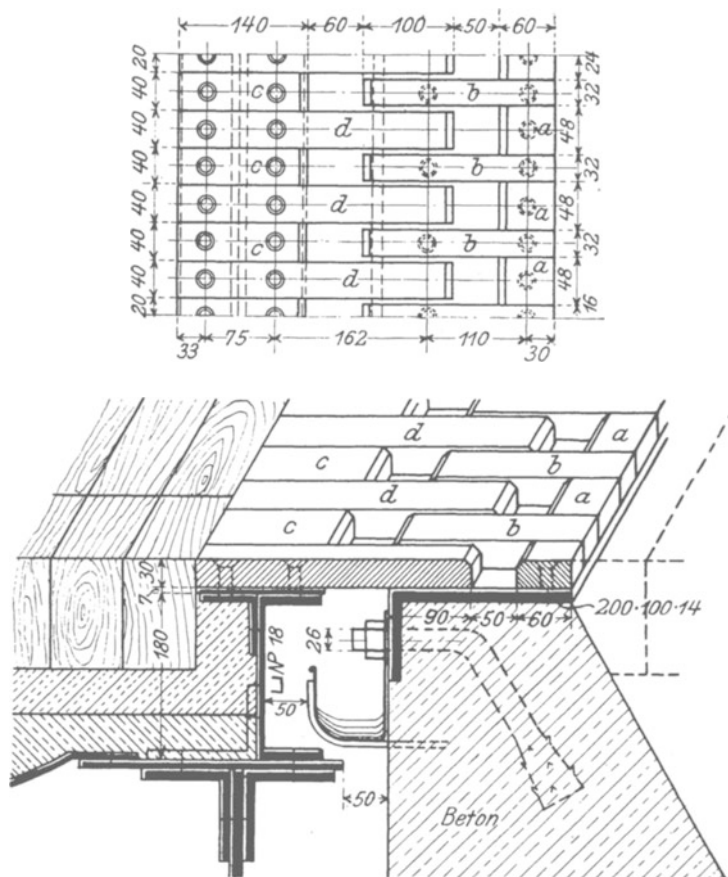
träger fest verbunden ist; der Raum zwischen beiden Trägern, der mit Rücksicht auf den Anstrich nicht zu klein zu wählen ist, wird durch ein glattes oder geriffeltes Blech von 12 mm Stärke überdeckt, das mit dem rechten  $\square$ -Träger fest vernietet, auf dem linken aber lose aufgelagert ist. Die oberen Winkel  $120 \cdot 80 \cdot 10$ , deren schmale Schenkel mit den Längsträgeranschlußwinkeln durch innen versenkte Nieten und deren breite Schenkel mit dem Gurtwinkel des Querträgers verbunden sind, dienen zur Entlastung der Anschlußnieten von den auftretenden Zugkräften (vgl. Fig. 447, 450 und 451).

Für dieselbe Gelenkstelle ist in Fig. 490 die Unterbrechung der Fußwegdecke dargestellt; der rechte Abschlußwinkel  $75 \cdot 50 \cdot 9$  kann noch zweckmäßiger durch ein  $\square$ - oder  $Z$ -Eisen ersetzt werden.

### 3. Anschluß an die Widerlager.

Der Übergang vom Endquerträger zum Widerlager wird durch ein Schleppblech vermittelt, dessen Anordnung dieselbe wie bei den Eisenbahnbrücken ist. Liegt es mit Oberkante Fahrbahn bündig, so wird der Straßenkörper durch  $\square$ - oder  $Z$ -förmige Träger entsprechend Fig. 489 abgeschlossen. Am beweglichen Auflager wird das Schleppblech bei großen Spannweiten, also großen Verschiebungen des Auflagers durch die in Fig. 491 dargestellten Finger ersetzt, das sind zahnartig ineinander greifende Flachschienen aus Flußstahl oder -eisen, die den möglichst stoßfreien Übergang

der Fuhrwerke von der Brücke zum Widerlager gewährleisten; sie werden nur 30 bis 40 mm breit gemacht, um den Rädern in jeder Stellung die erforderliche Unterstützung zu bieten. Der ganze Fingerrost setzt sich aus den mit dem Widerlager fest verbundenen Fingern *a* und *b* und den mit dem Abschlußträger des Straßenkörpers fest vernieteten Fingern *c* und *d* zusammen; letztere ruhen gleichzeitig auf dem Widerlager und zwar in solcher Länge auf, daß sie auch bei der größten Verkürzung des eisernen Überbaues noch ein Auflager von 40 bis 50 mm finden. Eine untergehängte Rinne

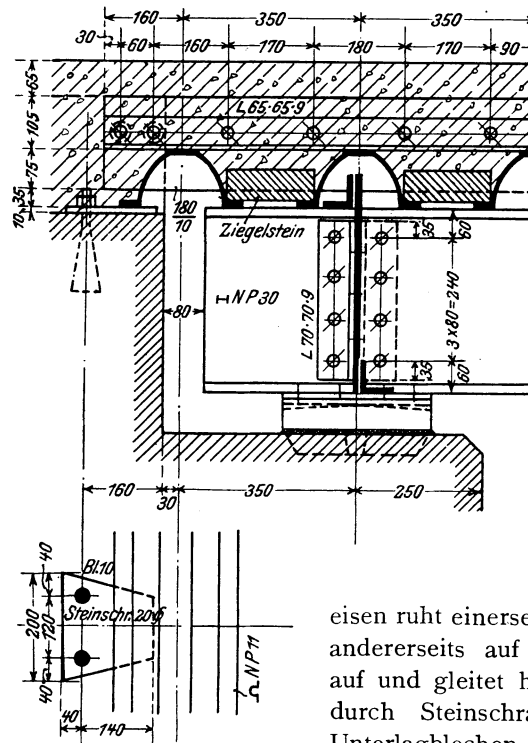
Fig. 491<sup>a</sup>.Fig. 491<sup>b</sup>.

nimmt durchdringenden Schmutz und Regenwasser auf. Da sich die nur 3 bis 5 mm breiten Zwischenräume zwischen den Fingern *b* und *d* leicht verstopfen, kann man die Finger *d* abnehmbar oder um ihr hinteres Ende aufklappbar einrichten und so die Reinigung des Rosts erleichtern. Zur Vermehrung der Reibung werden die Finger an der Oberfläche gefurcht oder geriffelt.

Man kann auch die Finger *a* und *b* sowie *c* und *d* je zu einem einheitlichen Stahlgußkörper vereinigen; *b* und *d* erscheinen dann als frei auskragende Rippen dieser Körper, deren Höhe zur Aufnahme des Raddrucks hinreichend groß gemacht werden kann.

Ist die Fahrbahntafel aus Belageisen gebildet, so kann der Übergang zum Widerlager auch nach Fig. 492 ausgebildet werden; das letzte Belag-

Fig. 492<sup>a</sup> (vgl. Fig. 462).



eisen ruht einerseits auf der Brücke, andererseits auf dem Widerlager auf und gleitet hier auf einzelnen durch Steinschrauben befestigten Unterlagblechen.

Fig. 492<sup>b</sup>.

### III. Die Längsträger.

#### 1. Grundrißanordnung.

Die Entfernung der Längsträger voneinander richtet sich nach der Tragfähigkeit der Fahrbahntafel und schwankt zwischen etwa  $\lambda = 0,8$  bis 2,5 m; sie kann auch bei ein und derselben Brücke veränderlich gewählt werden (Fig. 484).

Man unterscheidet die Fahrbahnzwischenlängsträger und die an der Bordsteinkante liegenden Fahrbahnrandlängsträger, die meist auch gleichzeitig zur Unterstützung des Fußwegs dienen; der Fußwegrandträger dient zum Anschluß des Geländers.

#### 2. Querschnittsausbildung.

a) **Holzbalken** finden nur bei Bohlenbelag Anwendung (Fig. 461); das Quergefälle der Fahrbahndecke wird dadurch hergestellt, daß man entweder die Höhe der Holzbalken nach den Bordsteinen hin abnehmen läßt oder aber die Balken bei gleichbleibender Höhe verschieden tief in den Querträger einkämmt. Die Befestigung auf den Querträgerflanschen erfolgt durch

Winkelisenstücke; zwischen Holz und Eisen ist zur Verhütung der Fäulnis ein Streifen aus Asphaltpappe, Asphaltfilz oder Zinkblech anzuordnen.

b) **Eiserne Längsträger** erhalten gewalzten oder genieteten **I**-, die Randträger auch **C**- oder **Z**-förmigen Querschnitt; die konstruktive Durchbildung ist dieselbe wie bei den Eisenbahnbrücken.

### 3. Anschluß an die Querträger.

Die bei den Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln finden auch hier sinngemäße Anwendung; Beispiele zeigen Fig. 485<sup>b</sup> für den festen Anschluß, Fig. 485<sup>a</sup> für den festen, Fig. 489 für den beweglichen Gelenkanschluß.

## IV. Die Querträger.

### 1. Grundrißanordnung.

Die Entfernung der Querträger voneinander wird bei vollwandigen Brücken zu  $a = 2,0$  bis  $3,0$  m, bei Fachwerkbrücken gleich der Fachweite  $a$  gewählt; ist diese größer als  $4,0$  bis  $5,0$  m, so werden bei Tonnen- bzw. Buckelblechbelag Zwischenquerträger erforderlich.

### 2. Querschnittsausbildung.

Außer den vollwandigen Querschnitten kommen bei größerer Brückenbreite  $b$  auch Fachwerkträger zur Verwendung, die dann meist gleichzeitig als Querverbände dienen (Fig. 483); die konstruktive Durchbildung ist dieselbe wie bei den Eisenbahnbrücken.

### 3. Anschluß an die Hauptträger.

Die bei den Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln finden auch hier sinngemäße Anwendung.

## V. Die Konsolen und Geländer.

### 1. Die Konsolen

werden in der Verlängerung der Querträger angeordnet und entweder vollwandig (Fig. 483) oder als Fachwerkträger (Fig. 466, 484) ausgebildet. Als einseitig eingespannte Träger erleiden sie im Obergurt Zugkräfte, die mit der Ausladung wachsen und die oberen Anschlußniete auf Zug beanspruchen; der Obergurt ist daher nicht nur in der lotrechten Ebene an den Hauptträger, sondern auch in der wagerechten Ebene an den Obergurt des Querträgers anzuschließen.

Die vollkommene Entlastung der Anschlußniete wird erreicht, wenn entweder die obere Gurtung der Konsole mit der des Querträgers durch ein wagerechtes Blech verbunden (Fig. 483) oder wenn das senkrechte Konsolanschlußblech durch die Hauptträgervertikale (Fig. 386<sup>c</sup>) gesteckt werden kann. Bestehen die Vertikalen aus gewalzten **H**-Profilen, so kann die Anordnung nach Fig. 493 getroffen werden, die den Konsolanschluß der Straßenbrücke Fig. 484 darstellt. Das lotrechte Anschlußblech der Konsole, dessen Begrenzung in Fig. 493<sup>a</sup> durch Strichlage hervorgehoben ist, legt sich auf den Steg des die



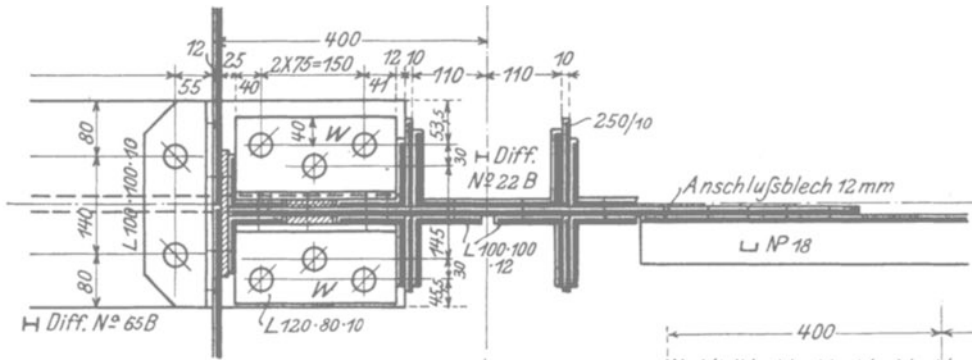


Fig. 493<sup>b</sup>. Schnitt a—b.

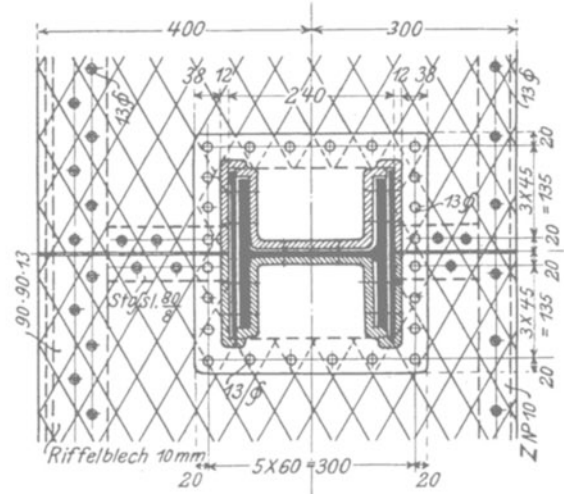


Fig. 493<sup>c</sup>. Schnitt c—d.

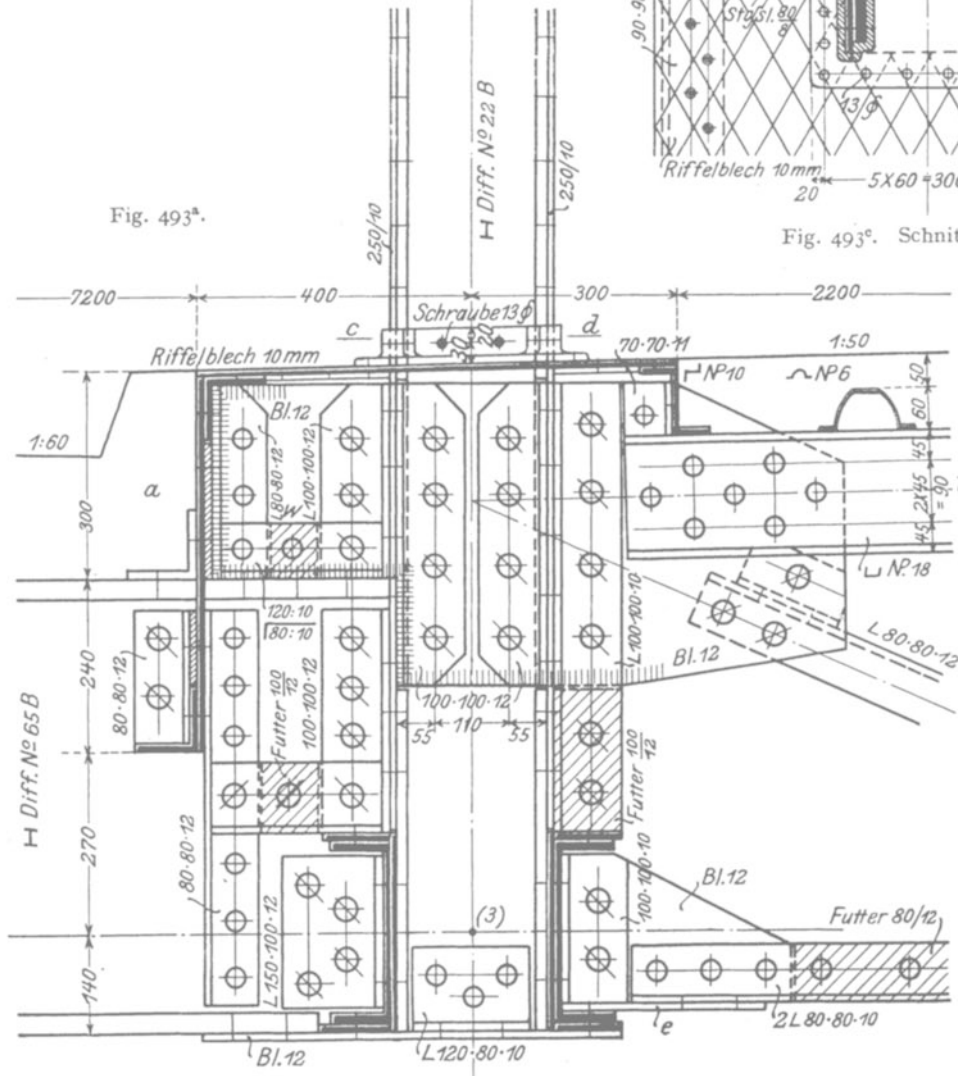


Fig. 493<sup>a</sup>.

Hauptträgervertikale bildenden  $\text{H}$  Diff. Nr. 22 B, dessen Flansche einseitig auf die Höhe des Blechs abgearbeitet und durch Lamellen  $\frac{250}{10}$  ersetzt sind; diese Lamellen sind auf Blechhöhe geschlitzt und daher durch Winkel  $100 \cdot 100 \cdot 12$  an den Steg der Vertikale angeschlossen; die Winkeleisen  $w$  vermitteln die Übertragung der Zugkraft in den oberen Flansch des Querträgers.

Eine andere Ausbildung dieses Anschlusses ist in Fig. 466 dargestellt. Hier ist der Obergurt der Konsole an das senkrechte Blech  $c$  (Fig. 466<sup>b</sup>) angeschlossen, das als Träger auf 2 Stützen aufzufassen ist; die untere Stütze bildet durch Vermittlung der Winkeleisen  $w_1$  und der wagerechten Anschlußbleche  $e$  der Windverband bzw. Querträger, die obere durch Vermittlung der Winkeleisen  $w_2$  (Fig. 466<sup>b</sup> u. <sup>c</sup>) das wagerechte Abdeckblech  $g$  (Fig. 466<sup>e</sup>), das an die Randlängsträger  $r$  (Fig. 466<sup>e</sup>) und durch diese und die Winkel  $w_3$  (Fig. 466<sup>b</sup>) an den Querträgerobergurt angeschlossen ist.

Der Untergurt der Konsole erhält Druck, ist daher der Gefahr des Ausknickens ausgesetzt. Das Abbiegen der lotrechten Anschlußbleche am Hauptträger wird zunächst durch wagerechte Bleche ( $e$  in Fig. 466 und 493<sup>a</sup>) verhindert, das Ausbiegen der Konsolspitze aber durch die Fußwegrandträger in Verbindung mit den in den End- bzw. Mittelfeldern angeordneten Schrägstäben (Grundriß Fig. 466, 484), die den Randträger an den Windverband anschließen; diese Schrägstäbe werden nur dann überflüssig, wenn die Fußwegtafel aus Tonnen- oder Buckelblechen besteht (Fig. 483).

## 2. Die Geländer

schließen die Fußwege nach außen ab und bestehen aus den Hauptpfosten, der Handleiste (Holm), den Zwischenpfosten, Zwischenriegeln und der Füllung.

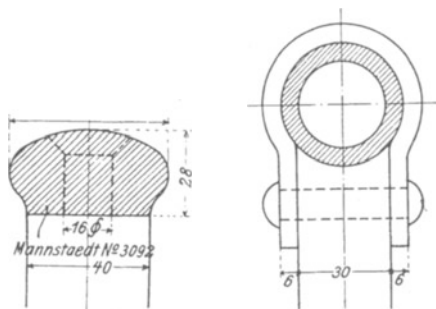


Fig. 494.

Fig. 495.

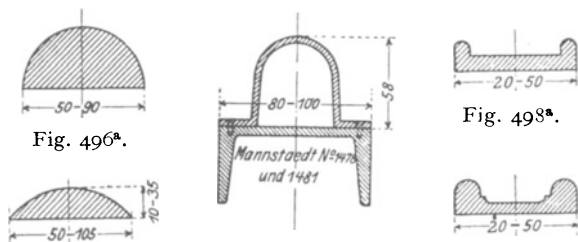


Fig. 496<sup>a</sup>.

Fig. 496<sup>b</sup>.

Fig. 497.

Fig. 498<sup>a</sup>.

Fig. 498<sup>b</sup>.

a) Die Hauptpfosten werden, wenn Fahrbahn und Fußweg nicht durch die Hauptträger getrennt sind, durch die Hauptträgervertikalen gebildet (Fig. 461, 478), wenn die Fußwege durch besondere Hauptträger unterstützt sind (Fig. 462), in 1,0 bis 1,5 m Entfernung, wenn endlich die Fußwege auf Konsolen ausgekragt sind, in den Konsolspitzen angeordnet (Fig. 466, 483, 484). Sie werden aus Vierkanteisen (Fig. 462, 483),  $\text{L}$ -,  $\text{JL}$ -,  $\text{J}$ -,  $\text{JC}$ -Eisen, seltener aus Gußeisen gebildet und meist durch Schrägstreben nach außen abgestützt (Fig. 462, 483); ihre Höhe beträgt

1,0 bis 1,2 m. Auf die Befestigung an den Konsolspitzen bzw. Fußwegrandträgern ist besondere Sorgfalt zu legen da sie als eingespannte Träger

die ganze auf ein Geländerfeld treffende wagerechte Belastung zu übertragen haben.

b) **Die Handleiste** muß besonders in wagerechter Richtung genügend stark ausgebildet sein. Sie wird aus gleich- oder ungleichschenkligen Winkel-eisen (Fig. 461, 478), Handleisteneisen (NP. oder nach Fig. 494), Gasrohr (Fig. 495), Halbrundeisen (Fig. 496),  $\perp$ -Eisen mit aufgenieteten Halbrund- oder Profileisen (Fig. 497) gebildet.

c) **Die Zwischenpfosten**, in 0,15 bis 0,35 m Entfernung angeordnet, bestehen aus Winkel- oder Vierkanteisen und schließen sich unten entweder unmittelbar an den Fußwegrandträger oder aber an einen besonderen, aus Flach-, Winkel- oder Hespeneisen (Fig. 498) gebildeten unteren Holm an.

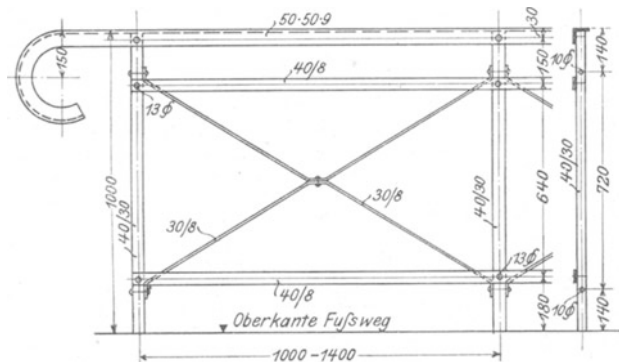


Fig. 499.

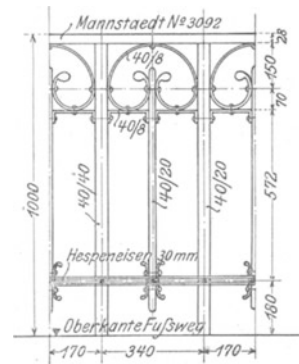


Fig. 500.

d) **Die Zwischenriegel** werden aus Flach-, Winkel- oder Hespeneisen gebildet; ihre Höhenentfernung richtet sich nach der Art der Füllung, soll aber von Oberkante Fußwegrandträger nicht mehr als 200 bis 250 mm betragen, um das Durchkriechen zu verhindern.

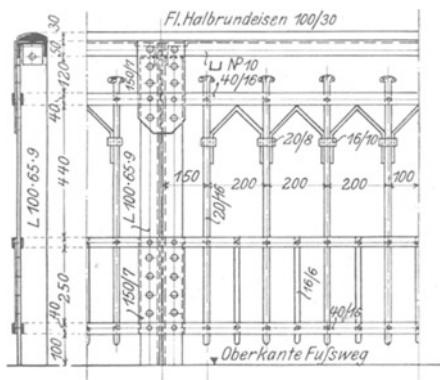


Fig. 501.

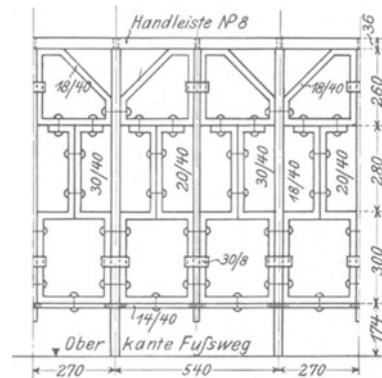


Fig. 502.

e) **Die Füllung** wird je nach Lage der Brücke in ganz einfachen (Fig. 499, 505) oder in mehr oder weniger reichen (Fig. 500 bis 502) Formen ausgebildet; bei regem Verkehr ist für ihre Ausbildung in erster Linie der Gesichtspunkt maßgebend, daß die verbleibenden Zwischenräume Kindern das Durchkriechen verwehren.

## VI. Die Hauptträger.

### 1. Grundrißausbildung.

a) **Fahrbahn oberhalb der Hauptträger.** Bei Spannweiten bis zu etwa 12 m wird die Fahrbahnplatte zur Ersparnis der Quer- und Längsträger unmittelbar auf die  $b = 1,0$  bis 2,5 m voneinander entfernten Hauptträger gelegt (Fig. 462), wobei dann die Fußwege vielfach auf besonderen, schwächer ausgebildeten Hauptträgern aufliegen; darüber hinaus erhalten die Hauptträger unter Einschaltung von Quer- und Längsträgern (Fig. 229, 483) eine Mittenentfernung  $b = 3,0$  bis 5,0 m, wobei die Fußwege meist nur mit einem Teil ihrer Breite auf Konsolen ausgekragt werden.

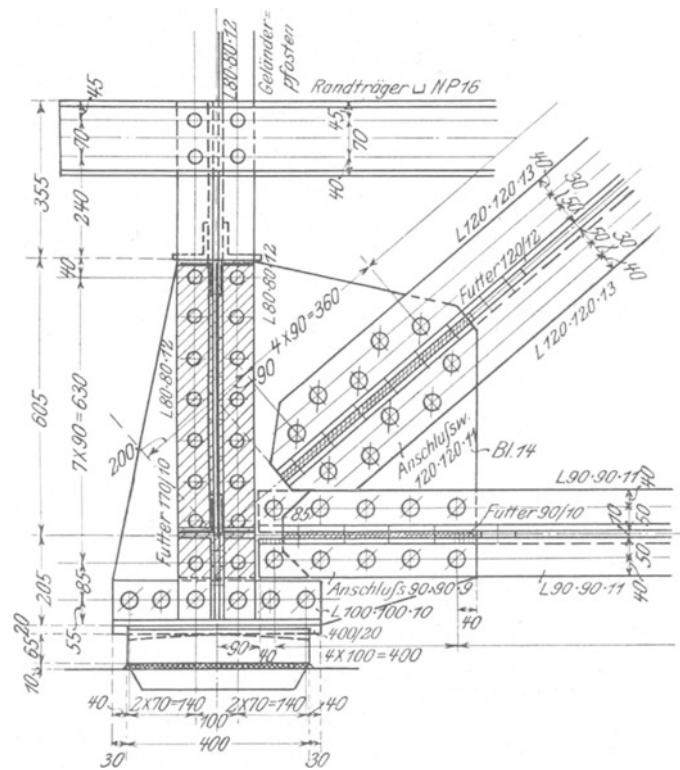


Fig. 503. Auflagerpunkt  $\rho$ , der Brücke Fig. 461 (Schnitt  $a-b$  der Fig. 461<sup>a</sup>).

b) **Fahrbahn zwischen den Hauptträgern.** Bei Fußgängerbrücken (Fig. 478) oder bei geringer Fahrbahnbreite und Belastung (Fig. 461) liegen die Hauptträger außerhalb der Fußwege, eine Anordnung, die den freien Querverkehr zwischen Fahrbahn und Fußwegen gestattet; bei größerer Fahrbahnbreite und Belastung durch schwere Fuhrwerke bzw. Dampfwalze liegen dagegen die Hauptträger meist zwischen Fahrbahn und Fußwegen, um zu schwere Querträger zu vermeiden; die Fußwege sind dabei auf den größten Teil ihrer Breite auf Konsolen ausgekragt. In beiden Fällen sind für die Entfernung der Hauptträger voneinander die verlangten Lichtabmessungen der Fahrbahnplatte maßgebend (vgl. I, 1).

## 2. Querschnittsausbildung.

Neben dem für die Eisenbahnbrücken Gesagten bedarf hier nur noch die Ausbildung derjenigen Punkte Erwähnung, in denen Glieder des Hauptträgers die Fußwegdecke durchdringen. Die Durchdringungsfugen sind gegen den Zutritt von Schmutz und Feuchtigkeit zu sichern. Ein Beispiel ist in Fig. 466<sup>a</sup> für die Durchdringung der Hauptträgervertikalen dargestellt; die Belageisen des Fußwegs sind durch ein in der Achse des Hauptträgers ge-

Fig. 504<sup>a</sup>. Schnitt *a—b*.

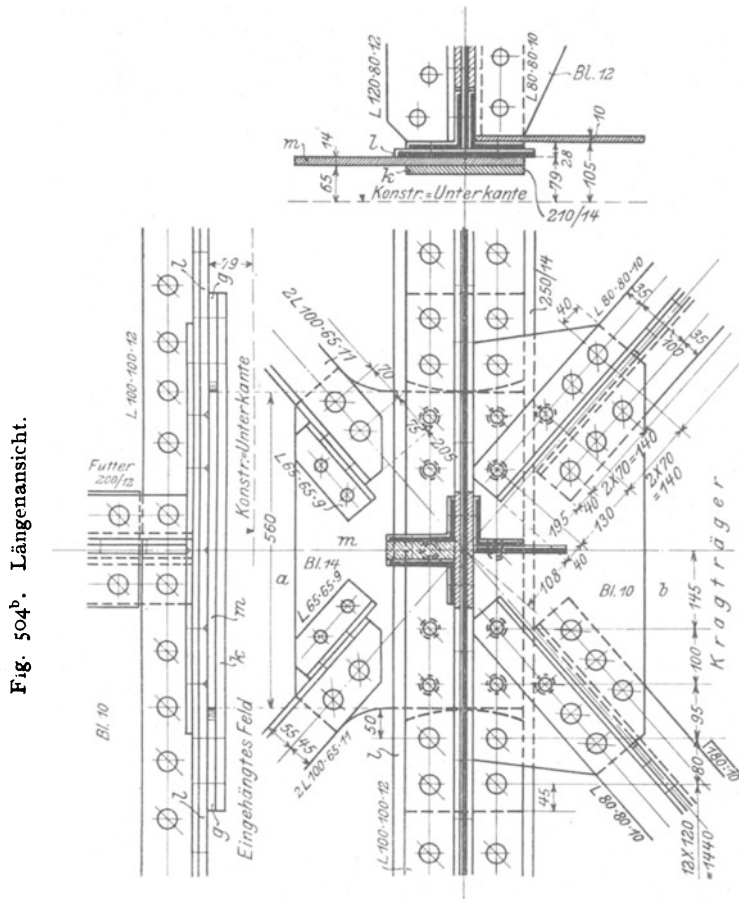


Fig. 504. Längverschieblicher Anschluß des Windverbands in Punkt C Fig. 466<sup>a</sup> (Grundriß).

stoßenes glattes Blech *g* ersetzt, das durch die Winkeleisen  $w_1$ ,  $w_4$  und  $w_5$  an Steg und Flansche der Vertikalen angeschlossen ist. Eine andere Ausbildung zeigt Fig. 493 (vgl. Fig. 484); hier ist ein gußeisernes, zweiteiliges Rahmenstück angeordnet, das aus einer wagerechten, 12 mm starken, mit dem ausgeschnittenen Riffelblechbelag vernieteten Grundplatte und lotrechten, dicht an Steg und Flansch der Hauptträgervertikalen anschließenden Rippen besteht.

3. Auflagerung.

Die bei den Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln finden auch hier sinnngemäße Anwendung; Beispiele sind in Fig. 492 für die Brücke Fig. 462,

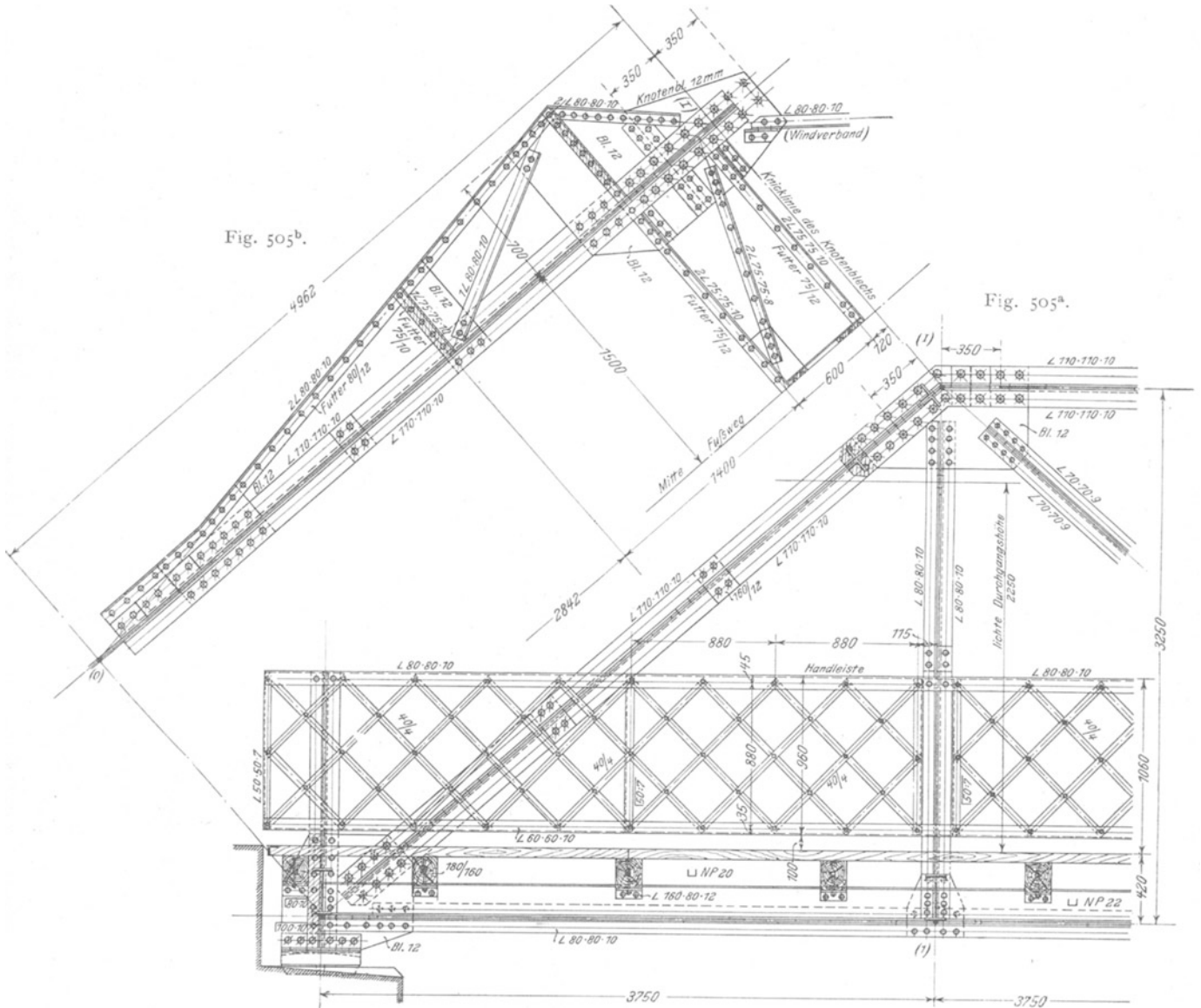


Fig. 505. Portalrahmen der Fußgängerbrücke Fig. 478.

in Fig. 503 für das feste Auflager der Straßenbrücke Fig. 461, deren bewegliches Auflager Fig. 163 zeigt, in Fig. 152 für das feste und in Fig. 170 für das bewegliche Gelenk des Gerberträgers Fig. 466 dargestellt.

## VII. Der Windverband.

Für die konstruktive Durchbildung gelten die für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln.

Ist im Hauptträger ein bewegliches Gelenk angeordnet, so muß auch der Windverband an der Gelenkstelle längsverschieblich angeschlossen werden. Ein Beispiel zeigt Fig. 504 für den längsbeweglichen Windverbandanschluß des eingehängten Feldes des Fig. 466<sup>a</sup> dargestellten Gerberträgers an den Kragarm im Punkte *C* des Grundrisses. Die aus je 2  $\times$  100·65·11 gebildeten Windverbanddiagonalen sind an ein 14 mm starkes Knotenblech *m* angeschlossen, das unter der Lamelle *l* des Querträgers in der Brückenachse verschieblich gelagert und durch ein untergelegtes Flacheisen *k* in lotrechter Richtung gehalten ist; dieses Flacheisen *k* ist außerhalb des Knotenblechs *m* beiderseits unter Einschaltung von 14 mm starken Futterstücken *g* durch je 4 Niete an den Querträgeruntergurt angeschlossen; gegen die abgerundeten Kanten der Futterbleche *g* schlägt das Knotenblech *m* an, so daß es sich in dem zwischen *l* und *k* liegenden Zwischenraum in der Längsrichtung bewegen kann. Die aus je 2  $\times$  80·80·10 bestehenden Diagonalen sind an ein auf den Querträgerwinkeln liegendes Knotenblech angeschlossen; um das Abbiegen dieses Blechs zu verhindern, sind die oberen Diagonalwinkel bis auf die Querträgerwinkel durchgeführt.

## VIII. Der Querverband.

Die konstruktive Durchbildung sowohl der Querverbände als der Querrahmen (Portale und offene Halbrahmen) erfolgt nach den für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln. Die Fig. 462<sup>b</sup> zeigt ein Beispiel für einen vollwandigen, Fig. 483<sup>a</sup> für einen gegliederten Querrahmen; Fig. 505 gibt die konstruktive Durchbildung des in Aufg. 84 berechneten Portalrahmens mit Kämpfergelenken.

Aus konstruktiven Gründen sind bei diesem Portal die Diagonalen  $(I_1)-(c)$  und  $(\bar{I}_1)-(c)$  (vgl. Fig. 479) um 120 mm unterhalb der theoretischen Knotenpunkte  $(I_1)$  und  $(\bar{I}_1)$  angeschlossen; in jedem dieser Punkte entsteht daher, da die wagerechte Seitenkraft der Diagonale nach Fig. 479 die Größe 6,9 t hat, ein Biegemoment  $6,9 \cdot 0,12 = 0,828$  mt, zu dessen Aufnahme die Hauptträgerdiagonale durch die 12 mm starken durchlaufenden Knotenbleche verstärkt ist.

Beispiele für offene Halbrahmen zeigen die Fig. 461, 466 und 484; das in Fig. 482 dargestellte Portal über den Mittelpfeilern des Gerberträgers Fig. 466 ist bereits unter A VII 2 konstruktiv erläutert.

Anhang

**Zahlentafeln**



# Inhalt.

| Zahlen-<br>tafel   | Seite |
|--|-------|
| I. Einheitsgewichte und zulässige Beanspruchungen der Baustoffe bei Hochbauten   | 275   |
| II. Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Deckenkonstruktionen . . .   | 276   |
| III. Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Dachkonstruktionen . . .  | 277   |
| IV. Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Eisenbahnbrücken . . . .   | 278   |
| V. Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Straßenbrücken . . . . .  | 283   |
| VI. Gleichschenklige Winkeleisen . . . . .   | 284   |
| VII. Ungleichschenklige Winkeleisen . . . . .  | 285   |
| VIII. $\text{H}$ -Eisen (Normalprofile, Differdinger und Peiner Träger), Belageisen . . .                              | 286   |
| IX. $\text{Z}$ -Eisen, Quadranteisen . . . . .   | 289   |
| X. $\text{C}$ -Eisen . . . . .   | 290   |
| XI. Lamellen und Stehbleche . . . . .  | 292   |
| XII. $\text{L}$ -Eisen, Handleisteneisen, Laufkranschienen . . . . .   | 294   |
| XIII. Gußeiserne Hohlensäulen, Whitworthsches Gewinde, Gewichte der Nietköpfe,<br>Schlesische Zinkblechlehre . . . . . | 295   |
| XIV. Blechträger . . . . .   | 296   |
| XV. Kastenträger. Wellbleche . . . . .   | 298   |

---

Einheitsgewichte und zulässige Beanspruchungen der Baustoffe bei Hochbauten

(nach den Bestimmungen vom 31. Januar 1910).

| Baustoff           | Gegenstand   | Einheitsgewicht<br>$\gamma$<br>kg/cbm | Zulässige Beanspruchung in kg/qcm   |  |                  |                                  | Bemerkungen                            |   |      |
|--------------------|--|---------------------------------------|---|--|------------------|----------------------------------|--|---|------|
|                    |  |                                       | Zug<br>$k_z$  | Druck<br>$k_d$   | Biegung<br>$k_b$ | Ab-scheren<br>$k_s$              |  |   |      |
| Steine             | <b>Mauerwerk in</b>                                  |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Kalkmörtel und gewöhnl. Ziegel- oder Kalksandsteinen | 1800                                  | .....   | 7  | .....            | .....                            | 1 T. Kalk + 3 T. Sand.                 |   |      |
|                    | Schwemmsteinen                                       | 1000                                  | .....   | 3  | .....            | .....                            |  |   |      |
|                    | Bruchsteinen {                                       | Granit                                | 2700  | .....  | 5                | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    |  | Kalk- oder Sandstein                  | 2500  | .....  | 5                | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    | <b>Kalkzementmörtel und</b>                          |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Hartbrandziegel- oder Kalksandsteinen                | 1800                                  | .....   | 12—15  | .....            | .....                            | 1 T. Zement + 2 T. Kalk + 6—8 T. Sand. |   |      |
|                    | Klinkern   | 1900                                  | .....   | 15—20  | .....            | .....                            |  |   |      |
|                    | <b>Zementmörtel und</b>                              |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Klinkern   | 1900                                  | .....   | 20—30  | .....            | .....                            | 1 T. Zement + 2 T. Kalk.               |   |      |
|                    | Kalksteinen in {                                     | Auflagersteinen                       | 2500  | .....  | 30               | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    |  | Pfeilern und Gewölben                 |   | .....  | 20               |                                  |  |   |      |
|                    | Sandsteinen in {                                     | Auflagersteinen                       | 2700  | .....  | 30               | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    |  | Pfeilern und Gewölben                 |   | .....  | 25               |                                  |  |   |      |
|                    | Granit u. Basalt-lava in {                           | Auflagersteinen                       | 2800  | .....  | 60               | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    |  | Pfeilern und Gewölben                 |   | .....  | 45               |                                  |  |   |      |
|                    | Beton: Zementbeton                                   |                                       | 2200  | 5  | 35               | .....                            | .....                                  | Festigkeit $\frac{150 \text{ kg}}{180 \text{ qcm}}$ nach $\frac{28}{45}$ Tag. |      |
|                    |  | Fundamentbeton {                      | 2200  | .....  | 6—8              | .....                            | .....                                  |   |      |
|                    | geschüttet   | .....                                 |   | 10—15  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | gestampft  | .....                                 | .....   | .....  |                  |                                  |  |   |      |
| Schlackenbeton     | 1000   | .....                                 | 5   | .....  | .....            | 1 Zement + 3 Sand + 7 Schlacken. |  |   |      |
| Bimsbeton          | 1000   | .....                                 | 10  | .....  | .....            | 1 Zement + 3 Sand + 3 Bimssand.  |  |   |      |
| Gips:              | gegossen   | 970                                   |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | -dielen  | 650                                   |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | -Rabitzputz  | 1500                                  |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Asphalt: gegossen oder gestampft                     |                                       | 1500  |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    |  | -pappe                                | 3 kg/qm   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    |  | -filzplatten 7 bis 10 mm stark        | 11—15 kg/qm   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Glas:  | geblasenes Rohglas                    | 2600  | .....  | .....            | 120                              |  |   |      |
|                    |  | gegossenes Rohglas                    | 2600  | .....  | .....            | 80                               |  |   |      |
|                    |  | Drahtglas                             | 2700  | .....  | .....            | 160                              |  |   |      |
|                    |  | Glasbausteine einschl. Mörtel         | 65kg/qm   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Guter Baugrund     | .....  | .....                                 | 3—4   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Erde, Sand, Lehm { | naß  | 2100                                  | <i>Die höheren Werte der zulässigen Beanspruchungen dürfen bei allen Baustoffen nur verwendet werden, wenn einwandfreie statische Untersuchungen unter Annahme der stärksten Belastungen bei Berücksichtigung der denkbar ungünstigsten Umstände durchgeführt werden.</i> |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | trocken  | 1600                                  |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | Kies {   | naß                                   |   |  |                  |                                  | 2000                                   |   |      |
|                    |  | trocken                               |   |  |                  |                                  | 1700                                   |   |      |
|                    | Kokasche   | 700                                   |   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Bimssteinsand      | 700  |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Hölzer             | } lufttrocken  | Holz: Fichte                          | 550   | 100  | 60 bis           | 100                              | 10 bis, 15 parallel                    |   |      |
|                    |  | Tanne                                 | 600   |  | 80               |                                  | zur Faser                              |   |      |
|                    |  | Kiefer und Lärche                     | 650   | 120  | 80 bis           | 120                              | 60 bis 70 rechtwinklig                 |   |      |
|                    |  | Buche                                 | 750   |  |                  |                                  | 15 bis 20 parallel                     |   |      |
|                    |  | Eiche                                 | 900   |  |                  |                                  | 80 bis 90 rechtwinklig                 |   |      |
| Metalle            | }  | Eisen: Gußeisen                       | 7250  | 250  | 500              | 250                              | 200                                    | zul. Lochleibungsdruck $k_l = 2 k_s$ .  |      |
|                    |  | Flußeisen                             | 7850  | 1200   | 1200             | 1200                             | 1000                                   |   |      |
|                    |  | Flußstahl {                           | gegossen (Stahlformguß)   | 7850   | 1200             | 1200                             | 1200                                   |   | —    |
|                    |  |                                       | gewalzt oder geschmiedet  | 7860   | 1400             | 1400                             | 1400                                   |   | 1000 |
|                    |  | Blei                                  | 11400   | *) Bei Holzbauten für vorübergehende Zwecke (Ausstellungshallen u. dgl.) dürfen die Zahlen um 50 v. H. erhöht werden.<br>Knicksicherheit 10 fach ( $J_{min} = 100 P_1 h_1^2$ ) bzw. bei Bauten für vorübergehende Zwecke 6 fach ( $J_{min} = 60 P_1 h_1^2$ ).<br>Elastizitätsmodul $E = 100\,000 \text{ kg/qcm}$ . |                  |                                  |  |   |      |
| Kupfer gewalzt     | 8900   |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Bronze             | 8600   |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Zink {             | gewalzt  | 7200                                  |   |  |                  |                                  |  |   |      |
|                    | gegossen   | 6900                                  |   |  |                  |                                  |  |   |      |
| Zinn gewalzt       | 7400   |                                       |   |  |                  |                                  |  |   |      |

**Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Deckenkonstruktionen**

(nach den Bestimmungen vom 31. Januar 1910).

**I. Belastungen.**

1. Die ständige Last (Fußbodenbelag, Lagerhölzer, Füllung, Balken bzw. Träger und Deckenputz) kann folgender Zusammenstellung entnommen werden.

| Holzbalkendecken           |          | Gewölbte Decken bis 2,0 m Spannweite                               |   |   |                 | Ebene Betondecken               |                            |                          |                         |    |
|----------------------------|----------|--|---|---|-----------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----|
| bis 1,0 m Balkenentfernung | kg<br>qm | Lagerhölzer in 0,8 m Entfernung                                    |   | Gewölbe in<br>Stein Beton<br>kg   kg<br>qm   qm |                 | Lagerhölzer in 0,8 m Entfernung | kg<br>qm                   |                          |                         |    |
| Holzbalken 24 × 26 cm .    | 40       | Gewölbe und<br>Hinter-<br>mauerung in<br>Hinter-<br>füllung<br>mit | { | Ziegelsteinen 1/2 St.                           | 245             | Beton für 1 cm Stärke .         | 25                         |                          |                         |    |
| Dielen 3,5 cm stark . .    | 25       |  |   | Lochsteinen . . .                               | 200             |                                 | Auffüllung für Koksasche   | 10                       |                         |    |
| halber Windelboden . .     | 150      |  |   | Schwemmsteinen .                                | 155             |                                 | 1 cm Stärke in Sand . .    | 15                       |                         |    |
| ganzer Windelboden . .     | 290      |  |   | Zementbeton . . .                               | 220             |                                 | Lagerhölzer 10/10 cm stark | 10                       |                         |    |
| untere Schalung 2 cm stark | 15       |  |   | bis   | Unter-)kanteLa- |                                 | 40                         | Estrich 2,5 cm stark . . | 55                      |    |
| Rohrung und Putz . . .     | 20       |  |   |   | asche           |                                 | Ober-)gerhölzer            | 105                      | Linoleum 4 mm stark . . | 5  |
| Gipsestrich 7 cm stark .   | 110      |  |   |   | Sand            |                                 | Unter-)kanteLa-            | 90                       | Deckenputz . . . . .    | 20 |
|                            |          |  |   |   |                 |                                 | Ober-)gerhölzer            | 230                      |                         |    |
|                            |          |  |   | Lagerhölzer (10/10 cm), Dielen (3,5 cm)         |                 |                                 |                            |                          |                         |    |
|                            |          |  |   | und Deckenputz . . . . .                        |                 |                                 |                            | 50                       |                         | 50 |

**2. Die Verkehrslast beträgt für**

|  |           |
|--|-----------|
| Wohngebäude und kleine Geschäftshäuser . . . . .   | 250 kg/qm |
| Geschäftsgebäude, Versammlungssäle, Unterrichtsräume, Turnhallen . .   | 500 "     |
| Fabriken, wenn nicht größere Belastungen vorgeschrieben sind . . . . .   | 500 "     |
| Durchfahrten und befahrbare Höfe, wenn nicht größere Einzellasten<br>(Raddrücke) zu berücksichtigen sind . . . . . | 800 "     |
| Treppen . . . . .  | 500 "     |
| Dachbodenräume von Wohngebäuden . . . . .  | 125 "     |

In Lagerräumen ist die Nutzlast nach dem Eigengewicht der zu lagernden Stoffe und der Höhe der Lagerung zu ermitteln. Dabei ist die Nutzlast für die Gänge, sofern sie nicht zur Benutzung durch das Publikum bestimmt sind, mit 150 kg/qm in Rechnung zu stellen.

Für Aktengerüste und Schränke in Registraturen, Bibliotheken, Archiven usw. ist einschließlich der Hohlräume eine Nutzlast von 500 kg/cbm anzunehmen.

**II. Zulässige Beanspruchungen.**

1. Die Träger zur Unterstützung von Decken und Treppen dürfen höchstens mit den in Zahrentafel I angegebenen Werten beansprucht werden. Bei der Berechnung der Angriffsmomente ist die Stützweite, d. i. die Entfernung der Auflagermitten, einzuführen.

2. Die Stützen. a) Flußeiserne Stützen dürfen mit 1200 kg/qcm, bei genauer Berechnung der durch die ungünstigste Laststellung (Winddruck, Einzellasten, z. B. Kranträger u. dgl.) eintretenden größten Kantenpressung mit 1400 kg/qcm beansprucht werden. Sie müssen ferner nach der Eulerschen Formel mit 5facher Sicherheit gegen Knicken berechnet werden ( $J_{min} = 2,33 P_1 h_1^2$ ). Als Knicklänge  $h_1$  ist die Systemlänge einzuführen; stehen die Stützen in mehreren Geschossen übereinander und werden sie durch anschließende Deckenträger unverrückbar gehalten, so ist die Geschoßhöhe als Knicklänge ohne Rücksicht auf etwaigen Stoß in Deckenhöhe anzunehmen.

b) Gußeiserne Säulen dürfen mit den in Zahrentafel I angegebenen Werten beansprucht werden; sie sind nach der Eulerschen Formel mit 6- bis 8facher Sicherheit auf Knicken zu berechnen ( $J_{min} = 6 P_1 h_1^2$  bis  $8 P_1 h_1^2$ ).

## Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Dachkonstruktionen

(nach den Bestimmungen vom 31. Januar 1910).

## I. Belastungen.

1. **Ständige Last.** Das Gewicht der Dachdeckung in kg für 1 qm schräger Dachfläche kann der nachfolgenden Zusammenstellung entnommen werden.

| Dachdeckung                        | kg/qm                  | Latten<br>4,5 × 6,5 cm |       | Schalung                 |                          | Ins-<br>gesamt<br>kg/qm<br>Dach-<br>fläche | Kleinste<br>Dachneigung |          |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------|----------|
|                                    |                        | Entfer-<br>nung<br>cm  | kg/qm | 2,5 cm<br>stark<br>kg/qm | 3,5 cm<br>stark<br>kg/qm |  | $\frac{f}{L}$           | $\alpha$ |
| Biberschwänze {                    | Spließdach . . . . .   | 55                     | 20    | —                        | —                        | 65   | $\frac{1}{3}$           | 33° 40'  |
|                                    | Doppeldach . . . . .   | 70                     | 14    | 10                       | —                        | 80   | $\frac{1}{4}$           | 26° 30'  |
|                                    | Kronendach . . . . .   | 80                     | 25    | —                        | —                        | 90   | $\frac{1}{4}$           | 26° 30'  |
| Dachpfannen auf {                  | Lattung . . . . .      | 65                     | 24    | 5                        | —                        | 70   | $\frac{1}{3}$           | 33° 40'  |
|                                    | Stülpchalung . . . . . | 65                     | —     | —                        | 20                       | 90   | $\frac{1}{3}$           | 33° 40'  |
| Falzziegel . . . . .               | 45                     | 33,5                   | 5     | —                        | —                        | 50   | $\frac{1}{3}$           | 18° 30'  |
| Schiefer {                         | deutscher . . . . .    | 35                     | —     | —                        | 15                       | 50   | $\frac{1}{3}$           | 33° 40'  |
|                                    | englischer . . . . .   | 25                     | 20    | 5                        | —                        | 30   | $\frac{1}{5}$           | 21° 50'  |
| Asphaltpappe doppellagig . . . . . | 25                     | —                      | —     | 15                       | —                        | 40   | $\frac{1}{20}$          | 5° 40'   |
| Holzzement . . . . .               | 140                    | —                      | —     | —                        | 25                       | 165  | $\frac{1}{50}$          | 2° 20'   |
| Zink- und Kupferblech . . . . .    | 10                     | —                      | —     | 15                       | —                        | 25   | $\frac{1}{50}$          | 2° 20'   |
| Zinkwellblech . . . . .            | 10                     | —                      | —     | 15                       | —                        | 25   | $\frac{1}{20}$          | 5° 40'   |
| Eisenwellblech (flaches) . . . . . | 15                     | 200                    | 10    | —                        | —                        | 25   | $\frac{1}{20}$          | 5° 40'   |

Die Sparren haben bei einer Entfernung von 0,8 bis 1,2 m sowohl in Holz als auch in Eisen ein Gewicht von 10 bis 15 kg/qm Grundriß,

die Pfetten je nach der Größe der Binderentfernung  $b$  und der Fachweite  $a$  (Fig. 284) von 10 bis 20 kg/qm Grundriß,

die Binder einschließlich des Windverbands endlich je nach der Größe der Spannweite  $L$  und Binderentfernung  $b$  von 15 bis 30 kg/qm Grundriß.

2. **Nutzlast.** a) Die Schneelast ist zu 75 kg/qm der Dachfläche anzunehmen und dabei die Möglichkeit einer vollen und einer einseitigen Schneebelastung zu berücksichtigen. Bei steilen Dächern kann die Schneebelastung geringer angenommen werden, sofern nicht etwa einzelne Dachteile Schneesäcke bilden, und zwar, wenn  $\alpha$  der Dachneigungswinkel ist, zu  $75 \cos \alpha$  kg/qm Grundrißfläche. Bei ganz steilen Dächern, an denen nur geringfügige Schneemassen haften können, ist eine Schneelast nicht weiter in Betracht zu ziehen.

b) Der Winddruck ist in der Regel zu 125 kg/qm rechtwinklig getroffener Fläche anzunehmen. Für hohe Bauten auf kleiner Grundfläche (schlanke Türme) ist außerdem noch der Nachweis zu führen, daß bei einem Winddruck von 150 kg/qm die für die zulässigen Beanspruchungen angegebenen oberen Grenzen nicht überschritten werden.

Werden freistehende Gebäude, deren Frontwände nicht durch Querwände versteift sind, auf Standsicherheit gegen Winddruck untersucht, so genügt es, bei der Untersuchung von Tragwerken, die zur Aussteifung des ganzen Gebäudes gegen Winddruck und zu seiner Übertragung auf einzelne feste Punkte dienen, mit einem Winddruck von 75 kg/qm zu rechnen; bei der Berechnung der einzelnen Wandglieder, Rahmen, Binder usw. ist der Winddruck dagegen zu 125 bzw. 150 kg/qm anzunehmen.

Bezeichnet  $\alpha$  den Neigungswinkel eines Teiles  $F$  der Dachfläche gegen die waagrecht anzunehmende Windrichtung, so ist der auf die Fläche  $F$  entfallende, rechtwinklig zur ihr wirkende Winddruck  $w = w_0 F \sin^2 \alpha$ , wo  $w_0 = 125$  bzw. 150 kg/qm einzusetzen ist. Ebenso groß ist die auf 1 qm der senkrechten bzw. wagerechten Projektion der Dachfläche  $F$  entfallende senkrechte bzw. wagerechte Seitenkraft des Winddrucks.

Bei Dachneigungen unter 25° genügt es in der Regel, den Winddruck durch einen Zuschlag zur senkrechten Belastung zu berücksichtigen; die wagerechte Seitenkraft darf vernachlässigt werden.

Bei Dächern über offenen Hallen ist auch ein von innen nach außen wirkender Winddruck von etwa 60 kg für 1 qm rechtwinklig getroffener Fläche in Betracht zu ziehen.

c) Als Menschenbelastung ist in der Mitte der einzelnen Dachteile (Sparren, Pfetten, Sprossen usw.) eine Einzellast von 100 kg für einzelne, das Dach bei Wiederherstellungs- oder Reinigungsarbeiten betretende Personen anzunehmen.

**3. Die Gesamtlast**, bestehend aus Eigengewicht, Schnee- und Winddruck, kann für 1 qm Grundrißfläche angenommen werden beim

|   |                            |                |
|---|----------------------------|----------------|
| Glasdach . . . . .  | mit 10° bis 25° Neigung zu | 125 bis 150 kg |
| Schieferdach . . . . .                                      | " 25° " 45° " " "          | 150 " 250 "    |
| Ziegeldach . . . . .  | " 30° " 45° " " "          | 250 " 300 "    |
| Mansardendach mit Schiefer-<br>oder Ziegeldeckung . . . . . | " 45° " 70° " " "          | 300 " 700 "    |
| Holzzementdach . . . . .                                    |                            | 275 "          |

**II. Zulässige Beanspruchungen.**

**1. Dächer, Fachwerkwände, Träger zur Unterstützung von Wänden, Kranbahnträger** u. dgl. dürfen in denjenigen Teilen, deren Querschnittsgröße durch die ständige, Nutz- und Schneelast allein bedingt ist, mit  $\frac{1200}{1400}$  kg/qcm beansprucht werden. Maßgebend ist derjenige Fall, der den größten Querschnitt ergibt. Für die Berechnung der Träger zur Unterstützung von Wänden ist dabei die Entfernung der Auflagermitten als Stützweite einzuführen. Anker dürfen nur mit 800 kg/qcm beansprucht werden.

Die Spannung von 1400 kg/qcm darf ausnahmsweise bis zu 1600 kg/qcm bei Dächern gesteigert werden, wenn für eine den strengsten Anforderungen genügende Durchbildung, Berechnung und Ausführung volle Sicherheit gewährleistet erscheint.

Bei fachwerkartigen Bauteilen brauchen die Neben- und Zwängungsspannungen nicht berücksichtigt zu werden.

**2. Die Scherspannung** der Niete und gedrehten Schrauben darf 1000 kg/qcm, der Lochleibungsdruck 2000 kg/qcm betragen.

**3. Die Knicksicherheit** der auf Druck beanspruchten Glieder muß, nach der Eulerschen Formel berechnet, im ungünstigsten Falle eine 4fache sein ( $J_{min} = 1,82 P_1 h_1^3$ ). Als Länge  $h_1$  dieser Glieder ist die ganze Systemlänge einzuführen.

Im übrigen gelten die Werte der Zahlentafel I.

**Zahlentafel IV.**

**Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Eisenbahnbrücken**

(nach den Vorschriften vom 1. Mai 1903 mit Erlaß vom 31. Dezember 1910).

**I. Belastungen.**

**1. Ständige Last.** Schienen einschließlich Kleineisenzeug 125 kg/m Gleis; Entgleisungszwangsschienen 150 kg/m Gleis. Das Gewicht  $p$  der Fahrbahntafel in kg für 1 m Gleis beträgt nach Dircksen-Schaper a. a. O. bei:

a) Querschwellenoberbau (Schienen, Schwellen, Bohlenbelag) für

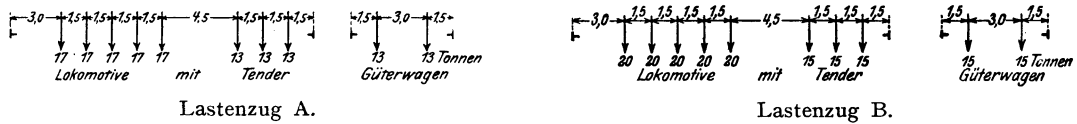
|                             |  |   |
|-----------------------------|--|---|
| Blechträger mit             | $\left\{ \begin{array}{l} \text{unmittelbarer Schwellenauf-} \\ \text{lagerung nach Fig. 427} \\ \text{versenkter Fahrbahn nach} \\ \text{Fig. 455} \end{array} \right\}$                        | für $b = \frac{1,8}{2,0}$ m: $p = \frac{640}{780}$ kg/m Gleis               |
|                             |  | für $b = 3,0 \mid 3,3 \mid 3,7$ m<br>$p = 600 \mid 630 \mid 660$ kg/m Gleis |
| Fachwerkträger mit Fahrbahn | $\left\{ \begin{array}{l} \text{oben} \\ \text{unten} \end{array} \right.$ nach Fig. $\frac{386}{387}$ . . . für $b = \frac{2,5}{4,8}$ bis $\frac{3,5}{5,0}$ m: $p = \frac{550}{680}$ kg/m Gleis |   |

b) Durchführung des Schotterbetts (Schienen, Schwellen, 36 cm starke Bettung) für

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Blechträger mit Fahrbahn | $\left\{ \begin{array}{l} \text{oben nach Fig. 433} \\ \text{unten nach Fig. 404} \end{array} \right.$ . . . . . : $p = 920$ kg für 1 qm Brücke.<br>für $b = \frac{3,3}{3,7}$ m: $p = \frac{2840}{3260}$ kg/m Gleis. |
|--------------------------|--|

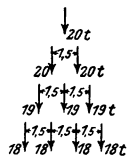
**Zahlentafel IV.**  
(Fortsetzung.)

**2. Verkehrslast.** Es ist ein Zug aus 2 Lokomotiven in ungünstigster Stellung mit einer unbeschränkten Zahl einseitig angehängter Güterwagen mit den beistehend für Lastenzug A und B angegebenen Radständen und Achsbelastungen anzunehmen.



Die Zahl der Felder eines Fachwerkträgers, in denen bei Anwendung von Zugstäben Gegendiagonalen erforderlich sind, ist mit dem Anderthalbfachen des vorstehenden Belastungszuges zu bestimmen.

Bei der Berechnung kleinerer Brücken und der Quer- und Schwellenträger sind, soweit sich hierdurch größere Beanspruchungen ergeben als durch die oben gezeichnete Lokomotive des Lastenzugs A, folgende Belastungen anzunehmen:

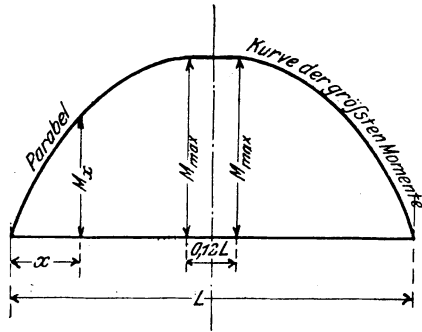


- 1 Achse mit 20 t oder 2 Achsen mit je 20 t
- oder 3 Achsen mit je 19 t oder 4 Achsen mit je 18 t Belastung.

Für Träger auf 2 Stützen von der Spannweite  $L$  können die durch diese Lasten erzeugten größten Biegemomente und Querkräfte mit Hilfe der nachstehenden Tafeln berechnet werden.

a) Größte Biegemomente  $M_{max}$  in mt für ein Gleis. Für dazwischenliegende Stützweiten ist unter Benutzung der Werte  $\Delta M_{max}$ :  $\Delta L$  geradlinig einzuschalten.

| Lastenzug A |              |                                   |           |              |                                   | Lastenzug B |              |                                   |            |              |                                   |           |              |                                   |
|-------------|--------------|-----------------------------------|-----------|--------------|-----------------------------------|-------------|--------------|-----------------------------------|------------|--------------|-----------------------------------|-----------|--------------|-----------------------------------|
| $L$         | $M_{max}$    | $\frac{\Delta M_{max}}{\Delta L}$ | $L$       | $M_{max}$    | $\frac{\Delta M_{max}}{\Delta L}$ | $L$         | $M_{max}$    | $\frac{\Delta M_{max}}{\Delta L}$ | $L$        | $M_{max}$    | $\frac{\Delta M_{max}}{\Delta L}$ | $L$       | $M_{max}$    | $\frac{\Delta M_{max}}{\Delta L}$ |
| m           | mt           | t                                 | m         | mt           | t                                 | m           | mt           | t                                 | m          | mt           | t                                 | m         | mt           | t                                 |
| <b>1,0</b>  | <b>5,00</b>  |                                   | <b>15</b> | <b>243,9</b> |                                   | <b>60</b>   | <b>2900</b>  |                                   | <b>1,0</b> | <b>5,00</b>  |                                   | <b>15</b> | <b>286,8</b> |                                   |
| 1,2         | 6,00         | 5,00                              | 16        | 270,0        | 26,1                              | 62          | 3063         | 81,5                              | 1,2        | 6,00         | 5,00                              | 16        | 317,5        | 30,7                              |
| 1,4         | 7,00         | 5,00                              | 17        | 297,8        | 27,8                              | 64          | 3232         | 85,0                              | 1,4        | 7,00         | 5,00                              | 17        | 350,0        | 32,5                              |
| 1,6         | 8,00         | 5,00                              | 18        | 327,0        | 29,2                              | 66          | 3402         | 88,5                              | 1,6        | 8,00         | 5,00                              | 18        | 384,3        | 34,3                              |
| 1,8         | 9,00         | 5,00                              | 19        | 359,8        | 32,8                              | 68          | 3575         | 91,0                              | 1,8        | 9,00         | 5,00                              | 19        | 422,5        | 38,2                              |
| <b>2,0</b>  | <b>10,00</b> |                                   | <b>20</b> | <b>394,0</b> |                                   | <b>70</b>   | <b>3751</b>  |                                   | <b>2,0</b> | <b>10,00</b> |                                   | <b>20</b> | <b>462,5</b> |                                   |
| 2,2         | 11,00        | 5,00                              | 22        | 469,0        | 37,5                              | 72          | 3927         | 93,0                              | 2,2        | 11,00        | 5,00                              | 22        | 550,0        | 40,0                              |
| 2,4         | 12,00        | 5,00                              | 24        | 550,5        | 40,8                              | 74          | 4109         | 95,0                              | 2,4        | 12,00        | 5,00                              | 24        | 645,0        | 43,8                              |
| 2,6         | 13,16        | 5,80                              | 26        | 632,0        | 44,1                              | 76          | 4295         | 97,0                              | 2,6        | 13,16        | 5,80                              | 26        | 740,0        | 47,5                              |
| 2,8         | 15,01        | 9,25                              | 28        | 728,2        | 52,1                              | 78          | 4484         | 100,0                             | 2,8        | 15,01        | 9,25                              | 28        | 855,4        | 57,7                              |
| <b>3,0</b>  | <b>16,88</b> |                                   | <b>30</b> | <b>832,3</b> |                                   | <b>80</b>   | <b>4674</b>  |                                   | <b>3,0</b> | <b>16,88</b> |                                   | <b>30</b> | <b>977,5</b> |                                   |
| 3,2         | 18,76        | 9,40                              | 32        | 939,2        | 53,5                              | 82          | 4868         | 103,0                             | 3,2        | 18,76        | 9,40                              | 32        | 1102         | 61,1                              |
| 3,5         | 21,61        | 13,8                              | 34        | 1050         | 55,4                              | 84          | 5063         | 105,0                             | 3,5        | 22,50        | 12,5                              | 34        | 1232         | 62,3                              |
| 4,0         | 28,50        | 14,2                              | 36        | 1165         | 60,5                              | 86          | 5263         | 107,0                             | 4,0        | 30,00        | 15,0                              | 36        | 1367         | 65,0                              |
| 4,5         | 35,63        | 14,2                              | 38        | 1286         | 65,0                              | 88          | 5464         | 109,0                             | 4,5        | 37,50        | 15,0                              | 38        | 1508         | 67,5                              |
| <b>5,0</b>  | <b>42,75</b> |                                   | <b>40</b> | <b>1416</b>  |                                   | <b>90</b>   | <b>5669</b>  |                                   | <b>5,0</b> | <b>45,00</b> |                                   | <b>40</b> | <b>1660</b>  |                                   |
| 6           | 57,00        | 14,3                              | 42        | 1552         | 68,0                              | 92          | 5876         | 111,0                             | 6          | 61,88        | 16,9                              | 42        | 1820         | 70,0                              |
| 7           | 73,45        | 16,4                              | 44        | 1689         | 71,5                              | 94          | 6089         | 113,0                             | 7          | 85,00        | 23,1                              | 44        | 1979         | 75,0                              |
| 8           | 93,50        | 20,1                              | 46        | 1832         | 75,0                              | 96          | 6303         | 115,0                             | 8          | 110,0        | 25,0                              | 46        | 2146         | 80,0                              |
| 9           | 114,7        | 21,2                              | 48        | 1976         | 77,0                              | 98          | 6520         | 117,0                             | 9          | 135,0        | 25,0                              | 48        | 2314         | 84,0                              |
| <b>10</b>   | <b>135,9</b> |                                   | <b>50</b> | <b>2123</b>  |                                   | <b>100</b>  | <b>6740</b>  |                                   | <b>10</b>  | <b>160,0</b> |                                   | <b>50</b> | <b>2485</b>  |                                   |
| 11          | 157,1        | 21,2                              | 52        | 2273         | 73,5                              | 110         | 7918         | 121,0                             | 11         | 185,0        | 25,0                              | 52        | 2660         | 85,5                              |
| 12          | 178,4        | 21,3                              | 54        | 2423         | 75,0                              | 120         | 9176         | 126,0                             | 12         | 210,0        | 25,0                              | 54        | 2836         | 87,5                              |
| 13          | 199,7        | 21,3                              | 56        | 2577         | 77,0                              | 130         | 10520        | 131,0                             | 13         | 235,0        | 25,0                              | 56        | 3018         | 88,0                              |
| 14          | 221,0        | 21,3                              | 58        | 2737         | 80,0                              | 140         | 11965        | 134,0                             | 14         | 260,0        | 25,0                              | 58        | 3201         | 91,5                              |
| <b>15</b>   | <b>243,9</b> |                                   | <b>60</b> | <b>2900</b>  |                                   | <b>150</b>  | <b>13510</b> |                                   | <b>15</b>  | <b>286,8</b> |                                   | <b>60</b> | <b>3390</b>  |                                   |
|             |              | 22,9                              |           |              | 81,5                              |             |              | 155                               |            |              | 26,8                              |           |              | 94,5                              |



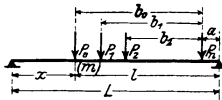
Die Kurve der größten Momente  $M_x$  an den verschiedenen Stellen ( $x$ ) eines Trägers auf 2 Stützen wird genau genug durch 2 Parabelstücke und eine sie verbindende wagerechte gerade Linie von der Länge  $0,12 L$  dargestellt. Zur Berechnung von  $M_x$  dient die folgende Zahlenreihe, bei der für zwischenliegende Werte  $x : L$  unter Benutzung der Werte

$$\Delta \frac{M_x}{M_{max}} : \Delta \frac{x}{L}$$

geradlinig einzuschalten ist.

| $\frac{x}{L}$ | $\frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{x}{L}$ | $\frac{x}{L}$ | $\frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{x}{L}$ | $\frac{x}{L}$ | $\frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{x}{L}$ | $\frac{x}{L}$ | $\frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{M_x}{M_{max}}$ | $\Delta \frac{x}{L}$ |
|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|
| 0,00          | 0,000                 |                              |                      | 0,10          | 0,403                 |                              |                      | 0,20          | 0,703                 |                              |                      | 0,30          | 0,899                 |                              |                      |
|               |                       | 4,45                         |                      |               |                       | 3,40                         |                      |               |                       | 2,35                         |                      |               |                       | 1,35                         |                      |
| 0,02          | 0,089                 |                              |                      | 0,12          | 0,471                 |                              |                      | 0,22          | 0,750                 |                              |                      | 0,32          | 0,926                 |                              | 1,35                 |
|               |                       | 4,25                         |                      |               |                       | 3,20                         |                      |               |                       | 2,15                         |                      |               |                       | 1,10                         |                      |
| 0,04          | 0,174                 |                              |                      | 0,14          | 0,535                 |                              |                      | 0,24          | 0,793                 |                              |                      | 0,34          | 0,948                 |                              | 1,10                 |
|               |                       | 4,00                         |                      |               |                       | 3,00                         |                      |               |                       | 2,00                         |                      |               |                       | 0,95                         |                      |
| 0,06          | 0,254                 |                              |                      | 0,16          | 0,595                 |                              |                      | 0,26          | 0,833                 |                              |                      | 0,36          | 0,967                 |                              | 0,95                 |
|               |                       | 3,85                         |                      |               |                       | 2,80                         |                      |               |                       | 1,75                         |                      |               |                       | 0,70                         |                      |
| 0,08          | 0,331                 |                              |                      | 0,18          | 0,651                 |                              |                      | 0,28          | 0,868                 |                              |                      | 0,38          | 0,981                 |                              | 0,70                 |
|               |                       | 3,60                         |                      |               |                       | 2,60                         |                      |               |                       | 1,55                         |                      |               |                       | 0,55                         |                      |
| 0,10          | 0,403                 |                              |                      | 0,20          | 0,703                 |                              |                      | 0,30          | 0,899                 |                              |                      | 0,40          | 0,992                 |                              | 0,55                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,30                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,10                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |
|               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              |                      |               |                       |                              | 0,00                 |

b) Größte Querkräfte  $Q$  in t für ein Gleis Für einen um  $x$  vom linken Auflager entfernten Schnitt ( $m$ ) tritt die größte Querkraft aus der Verkehrslast ein, wenn die erste Achse des Lastenzugs gerade über ( $m$ ) steht und der rechts vom Schnitt belegene Teil des Trägers von der Länge  $l = L - x$  voll belastet ist. Mit den Bezeichnungen der beistehenden Figur ist



$$Q_x L = P_0(b_0 + a) + P_1(b_1 + a) + P_2(b_2 + a) + \dots$$

oder mit  $a = l - b_0$ :

$$Q_x L = \Sigma P b + (l - b_0) \Sigma P.$$

Zur Berechnung der Werte  $Q_x$  dient die nebenstehende Zahlenreihe, in der  $b_0$  im allgemeinen mit der ersten der in der Spalte „Belastungslänge“ stehenden Zahl übereinstimmt; bei den 3 Werten von  $l$ , wo dies nicht der Fall ist, sind die zugehörigen Werte von  $b_0$  in Klammern dahintergesetzt.

**3. Winddruck.** Der Winddruck ist bei belasteter Brücke mit  $150 \text{ kg/qm}$  und bei unbelasteter Brücke, sofern dieser Fall für die Standsicherheit in Betracht kommt, mit  $250 \text{ kg/qm}$  in Rechnung zu stellen. Die Angriffsfläche der Brücke ist nach den wirklichen Abmessungen der Teile schätzungsweise zu bestimmen, die des Eisenbahnzuges ist als ein Rechteck von  $3 \text{ m}$  Höhe über Schienenoberkante einzuführen.

Bei Brücken mit obenliegender Fahrbahn und mit nur einem Windverband in der Ebene des Untergurts ist die durch den Wind hervorgebrachte Vergrößerung der senkrechten Belastung des einen Hauptträgers zu berücksichtigen, sobald sie den Wert von  $10 \text{ v. H.}$  der Belastung durch Eigengewicht und Verkehr überschreitet.

**4. Sonstige Kräfte.** Bei Brücken, die in Krümmungen liegen, ist der Einfluß der Fliedkraft und der etwaigen Besonderheiten in der Anordnung der Fahrbahn oder der Lage der ganzen Brücke zu berücksichtigen, sofern dieser Einfluß nicht etwa als zu geringfügig außer acht gelassen werden kann. Der Schwerpunkt der Fahrzeuge ist in rund  $1,5 \text{ m}$  Höhe über Schienenoberkante anzunehmen.

Bei Brücken in geneigten Strecken oder vor Bahnhöfen ist unter Umständen die Wirkung der Bremskräfte auf die Fahrbahnteile, die Lager- und die angrenzenden Hauptträger Teile zu beachten. Eine weitergehende Berücksichtigung dieser Kräfte kann bei Brücken auf eisernen Pfeilern notwendig werden.

**Zahlentafel IV.**  
(Fortsetzung.)

281

| Belastungslänge $l$<br>m | $\Sigma P b$<br>mt | $\Sigma P$<br>t | Belastungs-<br>länge $l$<br>m | $\Sigma P b$<br>mt | $\Sigma P$<br>t | Belastungs-<br>länge $l$<br>m | $\Sigma P b$<br>mt | $\Sigma P$<br>t |
|--------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|
| Lastenzug A              |                    |                 |                               |                    |                 |                               |                    |                 |
| 0,0 bis 1,5              | 0,0                | 20              | 40,5 bis 43,5                 | 6 483              | 287             | 94,5 bis 97,5                 | 27 948             | 521             |
| 1,5 " 3,26               | 30                 | 40              | 43,5 " 46,5                   | 7 344              | 300             | 97,5 " 100,5                  | 29 511             | 534             |
| 3,26 (3,0) " 5,1         | 85,5               | 57              | 46,5 " 49,5                   | 8 244              | 313             | 100,5 " 103,5                 | 31 113             | 547             |
| 5,1 (4,5) " 7,15         | 162                | 72              | 49,5 " 52,5                   | 9 183              | 326             | 103,5 " 106,5                 | 32 754             | 560             |
| 7,15 (6,0) " 10,5        | 255                | 85              | 52,5 " 55,5                   | 10 161             | 339             | 106,5 " 109,5                 | 34 434             | 573             |
| 10,5 " 12,0              | 637,5              | 98              | 55,5 " 58,5                   | 11 178             | 352             | 109,5 " 112,5                 | 36 153             | 586             |
| 12,0 bis 13,5            | 784,5              | 111             | 58,5 bis 61,5                 | 12 234             | 365             | 112,5 bis 115,5               | 37 911             | 599             |
| 13,5 " 16,5              | 951,0              | 124             | 61,5 " 64,5                   | 13 329             | 378             | 115,5 " 118,5                 | 39 708             | 612             |
| 16,5 " 19,5              | 1 323,0            | 137             | 64,5 " 67,5                   | 14 463             | 391             | 118,5 " 121,5                 | 41 544             | 625             |
| 19,5 " 21,0              | 1 734,0            | 150             | 67,5 " 70,5                   | 15 636             | 404             | 121,5 " 124,5                 | 43 419             | 638             |
| 21,0 " 22,5              | 1 957,5            | 175             | 70,5 " 73,5                   | 16 848             | 417             | 124,5 " 127,5                 | 45 333             | 651             |
| 22,5 " 24,0              | 2 220,0            | 192             | 73,5 " 76,5                   | 18 099             | 430             | 127,5 " 130,5                 | 47 286             | 664             |
| 24,0 bis 28,5            | 2 508,0            | 209             | 76,5 bis 79,5                 | 19 389             | 443             | 130,5 bis 133,5               | 49 278             | 677             |
| 28,5 " 30,0              | 3 448,5            | 222             | 79,5 " 82,5                   | 20 718             | 456             | 133,5 " 136,5                 | 51 309             | 690             |
| 30,0 " 31,5              | 3 781,5            | 235             | 82,5 " 85,5                   | 22 086             | 469             | 136,5 " 139,5                 | 53 379             | 703             |
| 31,5 " 34,5              | 4 134,0            | 248             | 85,5 " 88,5                   | 23 493             | 482             | 139,5 " 142,5                 | 55 488             | 716             |
| 34,5 " 37,5              | 4 878,0            | 261             | 88,5 " 91,5                   | 24 939             | 495             | 142,5 " 145,5                 | 57 636             | 729             |
| 37,5 " 40,5              | 5 661,0            | 274             | 91,5 " 94,5                   | 26 424             | 508             | 145,5 " 148,5                 | 59 823             | 742             |

|               |         |     |               |        |     |                 |        |     |
|---------------|---------|-----|---------------|--------|-----|-----------------|--------|-----|
| Lastenzug B   |         |     |               |        |     |                 |        |     |
| 0,0 bis 1,5   | 0,0     | 20  | 40,5 bis 43,5 | 7 590  | 335 | 97,5 bis 100,5  | 34 380 | 620 |
| 1,5 " 3,0     | 30,0    | 40  | 43,5 " 46,5   | 8 595  | 350 | 100,5 " 103,5   | 36 240 | 635 |
| 3,0 " 4,5     | 90,0    | 60  | 46,5 " 49,5   | 9 645  | 365 | 103,5 " 106,5   | 38 145 | 650 |
| 4,5 " 6,0     | 180,0   | 80  | 49,5 " 52,5   | 10 740 | 380 | 106,5 " 109,5   | 40 095 | 665 |
| 6,0 " 10,5    | 300,0   | 100 | 52,5 " 55,5   | 11 880 | 395 | 109,5 " 112,5   | 42 090 | 680 |
| 10,5 " 12,0   | 750,0   | 115 | 55,5 " 58,5   | 13 065 | 410 | 112,5 " 115,5   | 44 130 | 695 |
| 12,0 bis 13,5 | 922,5   | 130 | 58,5 bis 61,5 | 14 295 | 425 | 115,5 bis 118,5 | 46 215 | 710 |
| 13,5 " 16,5   | 1 117,5 | 145 | 61,5 " 64,5   | 15 570 | 440 | 118,5 " 121,5   | 48 345 | 725 |
| 16,5 " 17,6   | 1 552,5 | 160 | 64,5 " 67,5   | 16 890 | 455 | 121,5 " 124,5   | 50 520 | 740 |
| 17,6 " 18,0   | 1 728,0 | 180 | 67,5 " 70,5   | 18 255 | 470 | 124,5 " 127,5   | 52 740 | 755 |
| 18,0 " 22,5   | 1 800,0 | 200 | 70,5 " 73,5   | 19 665 | 485 | 127,5 " 130,5   | 55 005 | 770 |
| 22,5 " 24,0   | 2 700,0 | 215 | 73,5 " 76,5   | 21 120 | 500 | 130,5 " 133,5   | 57 315 | 785 |
| 24,0 bis 25,5 | 3 022,5 | 230 | 76,5 bis 79,5 | 22 620 | 515 | 133,5 bis 136,5 | 59 670 | 800 |
| 25,5 " 28,5   | 3 367,5 | 245 | 79,5 " 82,5   | 24 165 | 530 | 136,5 " 139,5   | 62 070 | 815 |
| 28,5 " 31,5   | 4 102,5 | 260 | 82,5 " 85,5   | 25 755 | 545 | 139,5 " 142,5   | 64 515 | 830 |
| 31,5 " 34,0   | 4 882,5 | 275 | 85,5 " 88,5   | 27 390 | 560 | 142,5 " 145,5   | 67 005 | 845 |
| 34,0 " 34,5   | 5 570   | 290 | 88,5 " 91,5   | 29 070 | 575 | 145,5 " 148,5   | 69 540 | 860 |
| 34,5 " 37,5   | 5 715   | 305 | 91,5 " 94,5   | 30 795 | 590 | 148,5 " 151,5   | 72 120 | 875 |
| 37,5 " 40,5   | 6 630   | 320 | 94,5 " 97,5   | 32 565 | 605 | 151,5 " 154,5   | 74 745 | 890 |

Als Grenzen der Wärmeschwankungen sind  $-25^{\circ}\text{C}$  und  $+45^{\circ}\text{C}$  anzunehmen. Hiermit sind die größten für die Beanspruchung maßgebenden Abweichungen gegen den Wärmezustand bei der Aufstellung des Bauwerks zu bestimmen.

**II. Zulässige Beanspruchungen.**

1. **Hauptträger.** Bei Verwendung von Flußeisen sollen nachstehende Zahlenwerte nicht überschritten werden.

| Stützweite $L$ bis zu                      | 10                                  | 20   | 40   | 80   | 120  | 160  | 200  | m      |
|--|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Zulässige Beanspruchung auf Zug oder Druck | ohne Rücksicht auf Winddruck $k =$  |      |      |      |      |      |      |        |
|  | 800                                 | 850  | 900  | 950  | 1000 | 1050 | 1100 | kg/qcm |
|  | mit Rücksicht auf Winddruck $k_w =$ |      |      |      |      |      |      |        |
|  | 800                                 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | kg/qcm |



Für zwischenliegende Werte von  $L$  ist geradlinig einzuschalten. Maßgebend für die Querschnittsbestimmung ist diejenige Belastung, die den größten Querschnitt ergibt.

Die Querschnitte der auf Zug beanspruchten Gegendiagonalen sind ebenso wie die Zahlen ihrer Anschlußniete ohne besondere Berechnung nach den Ergebnissen für die beiden Diagonalen des Mittelfeldes oder für die Hauptdiagonalen der etwa vorhandenen beiden Mittelfelder zu bemessen. Für Druckdiagonalen, die die Anwendung von Gegendiagonalen entbehrlich machen sollen, sind die Beanspruchungen in der Weise zu ermäßigen, daß die Druckkraft jeder der beiden einzeln betrachteten gekreuzten Diagonalen des Mittelfeldes oder der Diagonalen der beiden Mittelfelder als größte Druckkraft aller in Frage kommenden Diagonalen angenommen wird.

Die Knicksicherheit der Druckglieder soll, nach der Eulerschen Formel berechnet, eine mindestens 5fache sein.

Die zulässige Scherspannung beträgt  $k_s = 0,9 k$ , der zulässige Lochleibungsdruck  $k_l = 2 k_s$ . Jeder Anschluß eines zur Übertragung wesentlicher Kräfte dienenden Stabes muß bei Flacheisen mindestens 2, bei Winkeleisen mindestens 3 Niete enthalten.

**2. Quer- und Längsträger.** a) Liegen die Schienen ausnahmsweise unmittelbar oder mit eisernen Unterlagplatten auf den Längs- oder Querträgern, so sind diese bei Flußeisen nur bis 700 kg/qcm zu beanspruchen.

b) Liegen die Schienen mit Querschwellen auf den Längsträgern, so dürfen diese und die Querträger bei Flußeisen nur bis 750 kg/qcm beansprucht werden.

c) Wird das Schotterbett über die Brücke geführt, so dürfen Quer- und Längsträger bis zu 800 kg/qcm beansprucht werden.

d) Die zulässige Scherspannung für die Anschlußniete ist um je 50 kg/qcm niedriger als die unter a) bis c) angegebene Beanspruchung, der Lochleibungsdruck gleich dem Doppelten der Scherspannung zu wählen.

**3. Wind- und Eckverbände.** Die Beanspruchungen dürfen die unter 1. angegebenen Werte  $k_n$  erreichen, jedoch sind bei den Windverbänden schwächere Flacheisen als  $80/10$  und bei den Eckverbänden schwächere Winkeleisen als  $70 \cdot 70 \cdot 10$  zu vermeiden.

Die Eckverbände sind stets, die Windverbände, soweit zugänglich, aus steifen Stäben zu bilden. Für solche Stäbe genügt der Nachweis einer nur 2fachen Knicksicherheit, wenn sie paarweise angeordnet und so bemessen und angeschlossen sind, daß der auf Zug beanspruchte Stab bei etwaigem Ausbiegen des Gegenstabes die zu übertragende Kraft allein aufnehmen kann. Bei Windverbänden setzt dies selbstverständlich voraus, daß ausreichend stark bemessene Querträger oder Quersteifen in oder nahe an der Ebene des Windverbands vorhanden sind. Die Druckkraft ist dann gleich der Hälfte der auf beide Stabrichtungen zusammen entfallenden Diagonalspannkraft zu setzen; als Knicklänge ist bei genügender Verbindung der Stäbe in ihrem Kreuzungspunkt die halbe Stablänge anzunehmen.

### III. Art der Berechnung.

Die durch die Steifigkeit der Knotenpunkte und durch den festen Anschluß der Längs- an die Querträger und dieser an die Hauptträger hervorgerufenen Nebenspannungen brauchen in der Regel nicht in Rechnung gestellt zu werden.

Es sind nicht die erforderlichen und die wirklich angewendeten Querschnitte und Nietzahlen gegenüberzustellen, sondern nur die auftretenden Spannungen, tunlichst in Tabellenform oder durch Einschreiben in ein Trägernetz, anzugeben.

Bei den Ausrechnungen reicht im allgemeinen ein Genauigkeitsgrad von  $1/2$  v. H. aus, so daß bei Werten über 10,0 eine Stelle hinter dem Komma genügt und bei Werten über 1000 an der Einerstelle stets eine Null stehen kann. Bei der Nachprüfung mit dem Rechenschieber sind nur solche Abweichungen vom genauen Wert zu berichtigen, die größer als 1 v. H. sind.

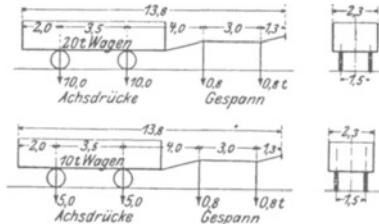
## Belastungen und zulässige Beanspruchungen der Straßenbrücken

(nach den Vorschriften des Eisenbahn-Direktionsbezirks Berlin).

### I. Belastungen.

**1. Ständige Last.** Die Werte der Zah lentafel I finden sinn gemä ße Anwendung; für Schnee ist ein Zuschlag von 75 kg/qm in Rechnung zu stellen. Das Gewicht eines Kabels einschließlich Kabelstein beträgt im Mittel 20 kg/m.

**2. Verkehrslast.** a) Fahrbahn. a) Gewöhnliche Verkehrslast entweder



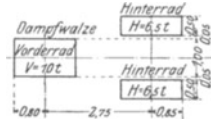
ein Wagen von 20 t Gewicht (Felgenbreite 0,2 m, Laststreifenbreite 2,5 m) und ringsum Menschengedränge von 400 kg/qm (in Großstädten 450 kg/qm), oder

beliebig viele Wagen von 10 t Gewicht (Felgenbreite 0,2 m, Laststreifenbreite 2,5 m) und ringsum Menschengedränge von 400 kg/qm (in Großstädten 450 kg/qm).

Für Landstraßenbrücken untergeordneten Verkehrs wird das Wagengewicht auf 6 t ermäßigt (Felgenbreite 0,1 m, Laststreifenbreite 2,5 m).

Für die Abmessungen und Belastungen elektrischer Motorwagen sind allgemein gültige Bestimmungen noch nicht aufgestellt; elektrische Triebwagen haben ein Gewicht von rund  $\frac{0,9}{0,6}$  t/qm bei 16 bis 18 m Länge und 3 m Breite.

**β) Außergewöhnliche Verkehrslast:** eine Dampfwalze von 23 t Gewicht ohne Menschengedränge (in Großstädten mit 400 bis 450 kg/qm Menschengedränge rings um die von der Walze eingenommene Grundfläche von  $2,5 \times 5,4$  m).



Bei Steinpflasterung ist die Verkehrslast mit ihrem 1,1 fachen Werte einzuführen.

Bei der Berechnung der Momente an den verschiedenen Stellen ( $x$ ) eines Trägers auf 2 Stützen können die Zahlenreihen  $M_x : M_{max}$  der Zah lentafel IV verwendet werden.

b) Fußwege einschließlich Fußgängerbrücken: Menschengedränge von 400 kg/qm (in Großstädten bis zu 550 kg/qm).

**3. Winddruck.** Es gelten die Angaben der Zah lentafel IV, nur wird die Höhe des vom Wind getroffenen Verkehrsbandes auf 2,0 bis 2,5 m erniedrigt.

### II. Zulässige Beanspruchungen.

**1. Hauptträger.** Bei Verwendung von Flußeisen sollen nachstehende Zahlenwerte nicht überschritten werden.

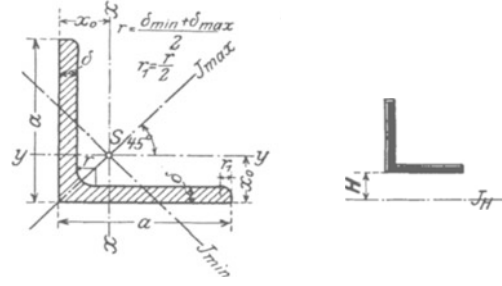
|  |                               | Stützweite $L$ bis zu          |      |      |      |      |      |      |        |
|--|-------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
|  |                               | 10                             | 20   | 40   | 80   | 120  | 150  | m    |        |
| Zulässige Beanspruchung auf Zug oder Druck | gewöhnliche Verkehrslast      | ohne Rücksicht auf Wind $k =$  | 900  | 950  | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | kg/qcm |
|  |                               | mit Rücksicht auf Wind $k_w =$ | 1100 | 1120 | 1160 | 1250 | 1340 | 1400 |        |
|  | außergewöhnliche Verkehrslast | ohne Rücksicht auf Wind $k =$  | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | kg/qcm |
|  |                               | mit Rücksicht auf Wind $k_w =$ | 1300 | 1320 | 1360 | 1450 | 1540 | 1600 |        |

Für zwischenliegende Werte von  $L$  ist geradlinig einzuschalten. Maßgebend für die Querschnittsbestimmung ist diejenige Belastung, die den größten Querschnitt ergibt. Die Knicksicherheit der Druckglieder soll, nach der Eulerschen Formel berechnet, eine mindestens 5fache sein. Die zulässige Scherspannung beträgt  $k_s = 0,9 k$ , der zulässige Lochleibungsdruck  $k_l = 2 k_s$ .

**2. Quer- und Längsträger.** Bei Verwendung von Flußeisen beträgt die zulässige Beanspruchung auf Zug und Druck für gewöhnliche Verkehrslast  $k = \frac{800}{1100}$  kg/qcm, außergewöhnliche  $k = \frac{800}{1100}$  kg/qcm, die zulässige Scherspannung für die Anschlußniete  $k_s = 750$  kg/qcm, der zulässige Lochleibungsdruck  $k_l = 2 k_s$ .

**3. Wind- und Eckverbände.** Die Beanspruchungen dürfen die unter 1. angegebenen Werte  $k_w$  erreichen; im übrigen gelten die für die Eisenbahnbrücken aufgestellten Regeln.

| Nr.   | Profil | Abmessungen in mm |      | Quer-schnitt<br>F<br>qcm | Ge-wicht<br>g<br>kg/m | Abstand des Schwer-punkts $x_0$<br>mm | Trägheitsmomente für die Schwerachsen |                              |                              |                          | Kante<br>$J_a$<br>cm <sup>4</sup> |
|-------|--------|-------------------|------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|       |        | a                 | δ    |                          |                       |                                       | $J_x$<br>cm <sup>4</sup>              | $J_{max}$<br>cm <sup>4</sup> | $J_{min}$<br>cm <sup>4</sup> | $J_y$<br>cm <sup>4</sup> |                                   |
| 1     | 15     | 3                 | 0,82 | 0,65                     | 4,8                   | 0,15                                  | 0,24                                  | 0,06                         | 0,33                         |                          |                                   |
|       | 4      | 1,05              | 0,83 | 5,1                      | 0,19                  | 0,29                                  | 0,08                                  | 0,46                         |                              |                          |                                   |
| 2     | 20     | 3                 | 1,12 | 0,88                     | 6,0                   | 0,39                                  | 0,62                                  | 0,15                         | 0,79                         |                          |                                   |
|       | 4      | 1,45              | 1,14 | 6,4                      | 0,48                  | 0,77                                  | 0,19                                  | 1,07                         |                              |                          |                                   |
| 2 1/2 | 25     | 3                 | 1,42 | 1,12                     | 7,3                   | 0,79                                  | 1,27                                  | 0,31                         | 1,54                         |                          |                                   |
|       | 4      | 1,85              | 1,45 | 7,6                      | 1,01                  | 1,61                                  | 0,40                                  | 2,08                         |                              |                          |                                   |
| 3     | 30     | 4                 | 2,27 | 1,78                     | 8,9                   | 1,81                                  | 2,85                                  | 0,76                         | 3,56                         |                          |                                   |
|       | 6      | 3,27              | 2,57 | 9,6                      | 2,48                  | 3,91                                  | 1,06                                  | 5,48                         |                              |                          |                                   |
| 3 1/2 | 35     | 4                 | 2,67 | 2,09                     | 10,0                  | 2,96                                  | 4,68                                  | 1,24                         | 5,63                         |                          |                                   |
|       | 6      | 3,87              | 3,04 | 10,8                     | 4,13                  | 6,50                                  | 1,77                                  | 8,65                         |                              |                          |                                   |
| 4     | 40     | 4                 | 3,08 | 2,42                     | 11,2                  | 4,47                                  | 7,09                                  | 1,86                         | 8,33                         |                          |                                   |
|       | 6      | 4,48              | 3,51 | 12,0                     | 6,35                  | 9,98                                  | 2,67                                  | 12,8                         |                              |                          |                                   |
|       | 8      | 5,80              | 4,55 | 12,8                     | 7,90                  | 12,4                                  | 3,38                                  | 17,4                         |                              |                          |                                   |
| 4 1/2 | 45     | 5                 | 4,30 | 3,38                     | 12,8                  | 7,85                                  | 12,4                                  | 3,25                         | 14,9                         |                          |                                   |
|       | 7      | 5,86              | 4,60 | 13,6                     | 10,4                  | 16,4                                  | 4,39                                  | 21,3                         |                              |                          |                                   |
|       | 9      | 7,34              | 5,76 | 14,4                     | 12,6                  | 19,8                                  | 5,40                                  | 27,8                         |                              |                          |                                   |
| 5     | 50     | 5                 | 4,80 | 3,77                     | 14,0                  | 11,0                                  | 17,4                                  | 4,59                         | 20,4                         |                          |                                   |
|       | 7      | 6,56              | 5,15 | 14,9                     | 14,6                  | 23,1                                  | 6,02                                  | 29,0                         |                              |                          |                                   |
|       | 9      | 8,24              | 6,47 | 15,9                     | 17,9                  | 28,1                                  | 7,67                                  | 38,0                         |                              |                          |                                   |
| 5 1/2 | 55     | 6                 | 6,31 | 4,95                     | 15,6                  | 17,3                                  | 27,4                                  | 7,24                         | 32,8                         |                          |                                   |
|       | 8      | 8,23              | 6,46 | 16,4                     | 22,1                  | 34,8                                  | 9,35                                  | 44,3                         |                              |                          |                                   |
|       | 10     | 10,1              | 7,90 | 17,2                     | 26,4                  | 41,4                                  | 11,3                                  | 56,0                         |                              |                          |                                   |
| 6     | 60     | 6                 | 6,91 | 5,42                     | 16,9                  | 22,7                                  | 36,1                                  | 9,43                         | 42,5                         |                          |                                   |
|       | 8      | 9,03              | 7,09 | 17,7                     | 29,2                  | 46,1                                  | 12,1                                  | 57,5                         |                              |                          |                                   |
|       | 10     | 11,1              | 8,69 | 18,5                     | 34,9                  | 55,1                                  | 14,6                                  | 72,8                         |                              |                          |                                   |
| 6 1/2 | 65     | 7                 | 8,70 | 6,83                     | 18,5                  | 33,4                                  | 53,0                                  | 13,8                         | 63,0                         |                          |                                   |
|       | 9      | 11,0              | 8,61 | 19,3                     | 41,3                  | 65,4                                  | 17,2                                  | 82,3                         |                              |                          |                                   |
|       | 11     | 13,2              | 10,3 | 20,0                     | 48,8                  | 76,8                                  | 20,7                                  | 102                          |                              |                          |                                   |
| 7     | 70     | 7                 | 9,4  | 7,38                     | 19,7                  | 42,3                                  | 67,1                                  | 17,6                         | 78,8                         |                          |                                   |
|       | 9      | 11,9              | 9,34 | 20,5                     | 52,5                  | 83,1                                  | 22,0                                  | 103                          |                              |                          |                                   |
|       | 11     | 14,3              | 11,2 | 21,3                     | 62,0                  | 97,6                                  | 26,0                                  | 127                          |                              |                          |                                   |
| 7 1/2 | 75     | 8                 | 11,5 | 9,03                     | 21,3                  | 59,0                                  | 93,3                                  | 24,4                         | 111                          |                          |                                   |
|       | 10     | 14,1              | 11,1 | 22,1                     | 71,0                  | 113                                   | 29,8                                  | 140                          |                              |                          |                                   |
|       | 12     | 16,7              | 13,1 | 22,9                     | 82,5                  | 130                                   | 34,7                                  | 170                          |                              |                          |                                   |
| 8     | 80     | 8                 | 12,3 | 9,66                     | 22,6                  | 72,0                                  | 115                                   | 29,6                         | 135                          |                          |                                   |
|       | 10     | 15,1              | 11,9 | 23,4                     | 87,5                  | 139                                   | 35,9                                  | 170                          |                              |                          |                                   |
|       | 12     | 17,9              | 14,1 | 24,1                     | 102                   | 161                                   | 43,0                                  | 206                          |                              |                          |                                   |
| 9     | 90     | 9                 | 15,5 | 12,2                     | 25,4                  | 116                                   | 184                                   | 47,8                         | 216                          |                          |                                   |
|       | 11     | 18,7              | 14,7 | 26,2                     | 138                   | 218                                   | 57,1                                  | 266                          |                              |                          |                                   |
|       | 13     | 21,8              | 17,1 | 27,0                     | 158                   | 250                                   | 65,9                                  | 317                          |                              |                          |                                   |
| 10    | 100    | 10                | 19,2 | 15,1                     | 28,2                  | 177                                   | 280                                   | 73,3                         | 329                          |                          |                                   |
|       | 12     | 22,7              | 17,8 | 29,0                     | 207                   | 328                                   | 86,2                                  | 398                          |                              |                          |                                   |
|       | 14     | 26,2              | 20,6 | 29,8                     | 235                   | 372                                   | 98,3                                  | 468                          |                              |                          |                                   |
| 11    | 110    | 10                | 21,2 | 16,6                     | 30,7                  | 239                                   | 379                                   | 98,6                         | 438                          |                          |                                   |
|       | 12     | 25,1              | 19,7 | 31,5                     | 280                   | 444                                   | 116                                   | 530                          |                              |                          |                                   |
|       | 14     | 29,0              | 22,8 | 32,1                     | 319                   | 505                                   | 133                                   | 622                          |                              |                          |                                   |
| 12    | 120    | 11                | 25,4 | 19,9                     | 33,6                  | 340                                   | 541                                   | 140                          | 626                          |                          |                                   |
|       | 13     | 29,7              | 23,3 | 34,4                     | 394                   | 625                                   | 162                                   | 745                          |                              |                          |                                   |
|       | 15     | 33,9              | 26,6 | 35,1                     | 446                   | 705                                   | 186                                   | 864                          |                              |                          |                                   |
| 13    | 130    | 12                | 30,0 | 23,6                     | 36,4                  | 472                                   | 750                                   | 194                          | 869                          |                          |                                   |
|       | 14     | 34,7              | 27,2 | 37,2                     | 540                   | 857                                   | 223                                   | 1020                         |                              |                          |                                   |
|       | 16     | 39,3              | 30,9 | 38,0                     | 605                   | 959                                   | 251                                   | 1171                         |                              |                          |                                   |
| 14    | 140    | 13                | 35,0 | 27,5                     | 39,2                  | 638                                   | 1014                                  | 262                          | 1176                         |                          |                                   |
|       | 15     | 40,0              | 31,4 | 40,0                     | 723                   | 1148                                  | 298                                   | 1364                         |                              |                          |                                   |
|       | 17     | 45,0              | 35,3 | 40,8                     | 805                   | 1276                                  | 334                                   | 1554                         |                              |                          |                                   |
| 15    | 150    | 14                | 40,3 | 31,6                     | 42,0                  | 845                                   | 1343                                  | 347                          | 1556                         |                          |                                   |
|       | 16     | 45,7              | 35,9 | 43,0                     | 949                   | 1507                                  | 391                                   | 1794                         |                              |                          |                                   |
|       | 18     | 51,0              | 40,0 | 44,0                     | 1052                  | 1665                                  | 438                                   | 2039                         |                              |                          |                                   |
| 16    | 160    | 15                | 46,1 | 36,2                     | 45,0                  | 1099                                  | 1745                                  | 453                          | 2033                         |                          |                                   |
|       | 17     | 51,8              | 40,7 | 46,0                     | 1226                  | 1945                                  | 506                                   | 2322                         |                              |                          |                                   |
|       | 19     | 57,5              | 45,1 | 46,0                     | 1348                  | 2137                                  | 558                                   | 2565                         |                              |                          |                                   |



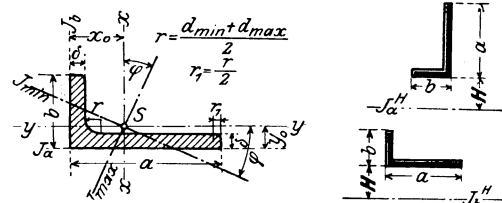
Für Zwischenwerte von H kann geradlinig eingeschaltet werden.

Trägheitsmomente  $J_H$  in cm<sup>4</sup> für einen Abstand H von

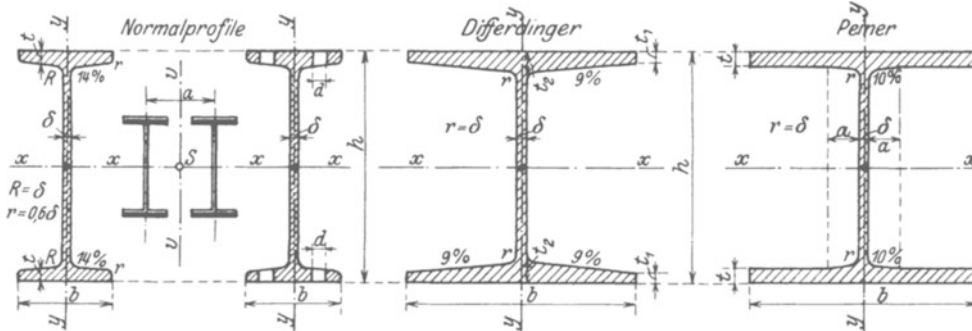
|    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | mm |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 4  | 20,0  | 21,5  | 23,0  | 24,7  | 26,4  | 28,3  | 30,2  | 32,2  | 34,3  | 5  |
| 5  | 28,6  | 30,7  | 32,9  | 35,3  | 37,8  | 40,3  | 43,0  | 45,9  | 48,8  | 7  |
| 6  | 37,4  | 40,2  | 43,1  | 46,2  | 49,4  | 52,8  | 56,3  | 59,9  | 63,7  | 9  |
| 7  | 46,2  | 49,4  | 52,8  | 56,3  | 59,9  | 63,7  | 67,8  | 71,9  | 76,4  | 11 |
| 8  | 55,4  | 59,6  | 63,9  | 68,4  | 73,1  | 77,9  | 82,8  | 87,8  | 92,9  | 13 |
| 9  | 64,8  | 69,6  | 74,5  | 79,5  | 84,6  | 89,8  | 95,1  | 100,5 | 106,0 | 15 |
| 10 | 74,4  | 79,6  | 84,7  | 89,9  | 95,2  | 100,6 | 106,1 | 111,7 | 117,4 | 17 |
| 11 | 84,2  | 89,6  | 94,9  | 100,3 | 105,8 | 111,4 | 117,1 | 122,8 | 128,6 | 19 |
| 12 | 94,2  | 99,8  | 105,3 | 110,9 | 116,6 | 122,4 | 128,2 | 134,1 | 140,1 | 21 |
| 13 | 104,4 | 110,2 | 116,0 | 121,8 | 127,7 | 133,6 | 139,6 | 145,6 | 151,7 | 23 |
| 14 | 114,8 | 120,7 | 126,6 | 132,6 | 138,6 | 144,7 | 150,8 | 156,9 | 163,1 | 25 |
| 15 | 125,4 | 131,4 | 137,4 | 143,5 | 149,6 | 155,7 | 161,8 | 168,0 | 174,2 | 27 |
| 16 | 136,2 | 142,3 | 148,4 | 154,6 | 160,8 | 167,0 | 173,2 | 179,4 | 185,7 | 29 |
| 17 | 147,2 | 153,4 | 159,6 | 165,8 | 172,1 | 178,4 | 184,7 | 191,0 | 197,4 | 31 |
| 18 | 158,4 | 164,7 | 171,0 | 177,3 | 183,6 | 190,0 | 196,4 | 202,8 | 209,2 | 33 |
| 19 | 169,8 | 176,2 | 182,6 | 189,0 | 195,4 | 201,8 | 208,2 | 214,6 | 221,0 | 35 |

Zahlfenale VII. Ungleichschenklige Winkeleisen. (Normalprofile.) 285

| Profil Nr. | Abmessungen in mm |          | Querschnitt F qcm | Gewicht g kg/m | Abstände des Schwerp. x <sub>0</sub> y <sub>0</sub> mm | tg φ   | Trägheitsmomente für die Schwerachsen         |   |   | Trägheitsmomente für die Kanten J <sub>a</sub> J <sub>b</sub> cm <sup>4</sup>  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|-------------------|----------|-------------------|----------------|--|--------|---|---|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            | Breiten b a       | Dicken δ |                   |                |  |        | J <sub>x</sub> J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup> | J <sub>max</sub> J <sub>min</sub> cm <sup>4</sup> | J <sub>a</sub> J <sub>b</sub> cm <sup>4</sup> |  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2/3        | 20                | 3        | 1,42              | 1,11           | 9,9  | 0,4216 | 1,25  | 1,42  | 2,64  | J <sub>a</sub> <sup>H<br/>J<sub>b</sub><sup>H</sup></sup>  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 30                | 4        | 1,85              | 1,45           | 4,9  |        | 0,45  | 0,28  | 0,79  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2/4        | 20                | 3        | 1,72              | 1,35           | 10,3   | 0,2575 | 1,59  | 1,82  | 3,45  | Für Zwischenwerte von H kann geradlinig eingeschaltet werden.  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 40                | 4        | 2,25              | 1,77           | 5,4  |        | 0,56  | 0,33  | 1,10  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3/4½       | 30                | 4        | 2,87              | 2,25           | 14,3   | 0,4334 | 2,80  | 2,96  | 6,32  | Trägheitsmomente J <sub>a</sub> <sup>H</sup><br>J <sub>b</sub> <sup>H</sup> in cm <sup>4</sup> für einen Abstand H von |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 45                | 5        | 3,53              | 2,77           | 4,4  |        | 0,48  | 0,31  | 0,81  |  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3/6        | 30                | 5        | 4,29              | 3,37           | 7,8  | 0,2528 | 2,46  | 1,44  | 4,61  | 4 5 6 7 8 9 10 11 12 mm  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 60                | 7        | 5,85              | 4,59           | 21,5   |        | 15,6  | 16,5  | 35,4  | 43,5   | 45,7 | 48,0 | 50,4 | 52,9 | 55,5 | 58,1 | 60,9 | 63,7 |
| 4/6        | 40                | 5        | 4,79              | 3,76           | 6,8  | 0,4319 | 2,61  | 1,71  | 4,59  | 5 30   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 60                | 7        | 6,55              | 5,14           | 22,4   |        | 20,7  | 21,8  | 50,0  | 61,4   | 64,6 | 67,8 | 71,2 | 74,7 | 78,3 | 82,1 | 85,9 | 89,9 |
| 4/8        | 40                | 6        | 6,89              | 5,41           | 8,8  | 0,2568 | 3,42  | 2,28  | 6,80  | 7 60   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 80                | 8        | 9,01              | 7,07           | 28,5   |        | 44,9  | 47,6  | 101   | 118  | 122  | 127  | 132  | 137  | 142  | 147  | 153  | 158  |
| 5/7½       | 50                | 7        | 8,33              | 6,54           | 29,4   | 0,4304 | 9,7   | 6,41  | 18,0  | 8 80   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 75                | 9        | 10,5              | 8,24           | 9,6  |        | 57,5  | 60,8  | 135   | 158  | 164  | 170  | 177  | 183  | 190  | 197  | 204  | 212  |
| 5/10       | 50                | 8        | 11,5              | 9,03           | 13,2   | 0,2665 | 20,1  | 11,9  | 38,4  | 9 75   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 100               | 10       | 14,1              | 11,1           | 35,9   |        | 116   | 123   | 264   | 299  | 309  | 318  | 328  | 338  | 348  | 359  | 369  | 380  |
| 6½/10      | 65                | 9        | 14,2              | 11,2           | 11,2   | 0,4101 | 19,6  | 12,8  | 34,0  | 8 50   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 100               | 11       | 17,1              | 13,4           | 11,2   |        | 141   | 150   | 331   | 375  | 386  | 398  | 410  | 423  | 436  | 449  | 462  | 475  |
| 6½/13      | 65                | 10       | 18,6              | 14,6           | 16,7   | 0,4074 | 23,6  | 14,6  | 43,9  | 10 100   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 130               | 12       | 22,1              | 17,4           | 33,1   |        | 140   | 160   | 296   | 336  | 346  | 357  | 369  | 380  | 392  | 404  | 416  | 429  |
| 8/12       | 80                | 10       | 19,1              | 15,0           | 15,9   | 0,2569 | 46,6  | 26,8  | 82,5  | 9 65   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 120               | 12       | 22,7              | 17,8           | 15,9   |        | 167   | 189   | 364   | 414  | 427  | 440  | 454  | 468  | 483  | 498  | 513  | 528  |
| 8/16       | 80                | 12       | 27,5              | 21,6           | 20,2   | 0,2549 | 55,3  | 32,9  | 103   | 11 100   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 160               | 14       | 31,8              | 25,0           | 46,5   |        | 320   | 339   | 722   | 794  | 813  | 833  | 852  | 872  | 893  | 914  | 935  | 957  |
| 10/15      | 100               | 12       | 28,7              | 22,5           | 17,7   | 0,4348 | 54,4  | 35,4  | 93,5  | 10 65  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 150               | 14       | 33,2              | 26,1           | 14,5   |        | 374   | 395   | 872   | 960  | 983  | 1006 | 1030 | 1054 | 1079 | 1104 | 1130 | 1156 |
| 10/20      | 100               | 14       | 40,3              | 31,6           | 18,5   | 0,4339 | 62,8  | 41,3  | 115   | 12 130   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|            | 200               | 16       | 45,7              | 35,9           | 15,3   |        | 62,8  | 41,3  | 115   | 145  | 154  | 163  | 173  | 183  | 193  | 204  | 216  | 227  |
|            | 100               | 14       | 40,3              | 31,6           | 19,5   | 0,2686 | 719   | 762   | 1619  | 1749   | 1783 | 1818 | 1853 | 1888 | 1924 | 1961 | 1998 | 2036 |
|            | 160               | 14       | 31,8              | 25,0           | 19,5   |        | 122   | 79,4  | 209   | 252  | 264  | 277  | 290  | 304  | 318  | 333  | 349  | 365  |
|            | 100               | 12       | 28,7              | 22,5           | 20,2   | 0,2679 | 822   | 875   | 1896  | 2049   | 2088 | 2129 | 2170 | 2212 | 2254 | 2297 | 2341 | 2385 |
|            | 150               | 14       | 33,2              | 26,1           | 17,7   |        | 139   | 86,0  | 248   | 300  | 314  | 330  | 345  | 362  | 379  | 397  | 415  | 434  |
|            | 100               | 12       | 28,7              | 22,5           | 24,2   | 0,4361 | 649   | 747   | 1335  | 1452   | 1483 | 1514 | 1546 | 1578 | 1611 | 1645 | 1679 | 1714 |
|            | 150               | 14       | 33,2              | 26,1           | 24,2   |        | 232   | 134   | 400   | 460  | 477  | 494  | 511  | 529  | 548  | 568  | 588  | 608  |
|            | 100               | 14       | 40,3              | 31,6           | 25,0   | 0,2608 | 744   | 854   | 1564  | 1701   | 1737 | 1774 | 1811 | 1849 | 1887 | 1927 | 1967 | 2007 |
|            | 200               | 16       | 45,7              | 35,9           | 25,0   |        | 264   | 153   | 471   | 543  | 562  | 583  | 603  | 625  | 647  | 670  | 694  | 718  |
|            | 100               | 14       | 40,3              | 31,6           | 21,8   | 0,2586 | 1654  | 1754  | 3697  | 3933   | 3994 | 4056 | 4118 | 4182 | 4246 | 4311 | 4377 | 4444 |
|            | 200               | 16       | 45,7              | 35,9           | 21,8   |        | 282   | 182   | 474   | 550  | 571  | 593  | 616  | 640  | 664  | 690  | 716  | 742  |
|            | 100               | 14       | 40,3              | 31,6           | 22,6   | 0,2586 | 1863  | 1973  | 4232  | 4503   | 4573 | 4643 | 4715 | 4788 | 4861 | 4936 | 5011 | 5088 |
|            | 200               | 16       | 45,7              | 35,9           | 22,6   |        | 315   | 205   | 549   | 638  | 663  | 689  | 715  | 743  | 771  | 801  | 831  | 862  |



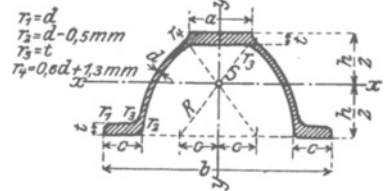
┌- Eisen (Normalprofile, Differdinger und Peiner Träger).  
Belageisen.



1a. ┌- Normalprofile.

| Profil<br>Nr.    | Abmessungen     |                   |                              |                                 | Quer-<br>schnitt<br>F<br>qcm | Ge-<br>wicht<br>g<br>kg/m | Trägheits-<br>momente    |                          | Widerstands-<br>momente  |                          | $J_v = J_x$<br>für<br>a<br>mm | Profil<br>Nr.    |    |     |         |
|------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------|----|-----|---------|
|                  | Höhe<br>h<br>mm | Breite<br>b<br>mm | Stärke im<br>Steg<br>δ<br>mm | Stärke im<br>Flansch<br>t<br>mm |                              |                           | $J_x$<br>cm <sup>4</sup> | $J_y$<br>cm <sup>4</sup> | $W_x$<br>cm <sup>3</sup> | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> |                               |                  |    |     |         |
| 8                | 80              | 42                | 3,9                          | 5,9                             | 7,58                         | 5,95                      | 77,8                     | 6,29                     | 19,5                     | 3,00                     | 62                            | 8                |    |     |         |
| 9                | 90              | 46                | 4,2                          | 6,3                             | 9,00                         | 7,07                      | 117                      | 8,78                     | 26,0                     | 3,82                     | 70                            | 9                |    |     |         |
| 10               | 100             | 50                | 4,5                          | 6,8                             | 10,6                         | 8,32                      | 171                      | 12,2                     | 34,2                     | 4,88                     | 78                            | 10               |    |     |         |
| 11               | 110             | 54                | 4,8                          | 7,2                             | 12,3                         | 9,66                      | 239                      | 16,2                     | 43,5                     | 6,00                     | 85                            | 11               |    |     |         |
| 12               | 120             | 58                | 5,1                          | 7,7                             | 14,2                         | 11,2                      | 328                      | 21,5                     | 54,7                     | 7,41                     | 94                            | 12               |    |     |         |
| 13               | 130             | 62                | 5,4                          | 8,1                             | 16,1                         | 12,6                      | 436                      | 27,5                     | 67,1                     | 8,87                     | 100                           | 13               |    |     |         |
| 14               | 140             | 66                | 5,7                          | 8,6                             | 18,3                         | 14,4                      | 573                      | 35,2                     | 81,9                     | 10,7                     | 108                           | 14               |    |     |         |
| 15               | 150             | 70                | 6,0                          | 9,0                             | 20,4                         | 16,0                      | 735                      | 43,9                     | 98,0                     | 12,5                     | 116                           | 15               |    |     |         |
| 16               | 160             | 74                | 6,3                          | 9,5                             | 22,8                         | 17,9                      | 935                      | 54,7                     | 117                      | 14,8                     | 124                           | 16               |    |     |         |
| 17               | 170             | 78                | 6,6                          | 9,9                             | 25,2                         | 19,8                      | 1 166                    | 66,6                     | 137                      | 17,1                     | 132                           | 17               |    |     |         |
| 18               | 180             | 82                | 6,9                          | 10,4                            | 27,9                         | 21,9                      | 1 446                    | 81,3                     | 161                      | 19,8                     | 140                           | 18               |    |     |         |
| 19               | 190             | 86                | 7,2                          | 10,8                            | 30,6                         | 24,0                      | 1 763                    | 97,4                     | 186                      | 22,7                     | 148                           | 19               |    |     |         |
| 20               | 200             | 90                | 7,5                          | 11,3                            | 33,5                         | 26,3                      | 2 142                    | 117                      | 214                      | 26,0                     | 156                           | 20               |    |     |         |
| 21               | 210             | 94                | 7,8                          | 11,7                            | 36,4                         | 28,6                      | 2 563                    | 138                      | 244                      | 29,4                     | 164                           | 21               |    |     |         |
| 22               | 220             | 98                | 8,1                          | 12,2                            | 39,6                         | 31,1                      | 3 060                    | 162                      | 278                      | 33,1                     | 170                           | 22               |    |     |         |
| 23               | 230             | 102               | 8,4                          | 12,6                            | 42,7                         | 33,5                      | 3 607                    | 188                      | 314                      | 37,1                     | 180                           | 23               |    |     |         |
| 24               | 240             | 106               | 8,7                          | 13,1                            | 46,1                         | 36,2                      | 4 246                    | 221                      | 354                      | 41,7                     | 188                           | 24               |    |     |         |
| 25               | 250             | 110               | 9,0                          | 13,6                            | 49,7                         | 39,0                      | 4 966                    | 256                      | 397                      | 46,5                     | 195                           | 25               |    |     |         |
| 26               | 260             | 113               | 9,4                          | 14,1                            | 53,4                         | 41,9                      | 5 744                    | 288                      | 442                      | 51,0                     | 202                           | 26               |    |     |         |
| 27               | 270             | 116               | 9,7                          | 14,7                            | 57,2                         | 44,9                      | 6 626                    | 326                      | 491                      | 56,2                     | 210                           | 27               |    |     |         |
| 28               | 280             | 119               | 10,1                         | 15,2                            | 61,1                         | 48,0                      | 7 587                    | 364                      | 542                      | 61,2                     | 218                           | 28               |    |     |         |
| 29               | 290             | 122               | 10,4                         | 15,7                            | 64,9                         | 51,0                      | 8 636                    | 406                      | 596                      | 66,6                     | 225                           | 29               |    |     |         |
| 30               | 300             | 125               | 10,8                         | 16,2                            | 69,1                         | 54,2                      | 9 800                    | 451                      | 653                      | 72,2                     | 234                           | 30               |    |     |         |
| 32               | 320             | 131               | 11,5                         | 17,3                            | 77,8                         | 61,1                      | 12 510                   | 555                      | 782                      | 84,7                     | 248                           | 32               |    |     |         |
| 34               | 340             | 137               | 12,2                         | 18,3                            | 86,8                         | 68,1                      | 15 695                   | 674                      | 923                      | 98,4                     | 264                           | 34               |    |     |         |
| 36               | 360             | 143               | 13,0                         | 19,5                            | 97,1                         | 76,2                      | 19 605                   | 818                      | 1089                     | 114                      | 278                           | 36               |    |     |         |
| 38               | 380             | 149               | 13,7                         | 20,5                            | 107                          | 84,0                      | 24 012                   | 975                      | 1264                     | 131                      | 294                           | 38               |    |     |         |
| 40               | 400             | 155               | 14,4                         | 21,6                            | 118                          | 92,6                      | 29 213                   | 1158                     | 1461                     | 149                      | 308                           | 40               |    |     |         |
| 42 $\frac{1}{2}$ | 425             | 163               | 15,3                         | 23,0                            | 132                          | 103,6                     | 36 973                   | 1437                     | 1740                     | 176                      | 328                           | 42 $\frac{1}{2}$ | 23 | 111 | 28 415  |
| 45               | 450             | 170               | 16,2                         | 24,3                            | 147                          | 115,4                     | 45 852                   | 1725                     | 2037                     | 203                      | 346                           | 45               | 23 | 125 | 35 713  |
| 47 $\frac{1}{2}$ | 475             | 178               | 17,1                         | 25,6                            | 163                          | 128,0                     | 56 481                   | 2088                     | 2378                     | 235                      | 365                           | 47 $\frac{1}{2}$ | 26 | 136 | 43 024  |
| 50               | 500             | 185               | 18,0                         | 27,0                            | 180                          | 141,3                     | 68 738                   | 2478                     | 2750                     | 268                      | 384                           | 50               | 26 | 152 | 53 015  |
| 55               | 550             | 200               | 19,0                         | 30,0                            | 213                          | 167,2                     | 99 184                   | 3488                     | 3607                     | 349                      | 424                           | 55               | 26 | 182 | 78 069  |
| 60               | 600             | 215               | 21,6                         | 32,4                            | 254                          | 199,4                     | 138 957                  | 4668                     | 4632                     | 434                      | 452                           | 60               | 26 | 220 | 111 789 |

Belageisen.



Bei Abzug von vier Nietlöchern in den Flanschen wird

| bei einem Niet-durchm. d | die Fläche F | das Trägheitsmoment $J_x$ |
|--------------------------|--------------|---------------------------|
| mm                       | qcm          | cm <sup>4</sup>           |
| 16                       | 26,3         | 1 498                     |
| 16                       | 28,9         | 1 826                     |
| 16                       | 31,8         | 2 210                     |
| 16                       | 34,6         | 2 656                     |
| 16                       | 37,7         | 3 166                     |
| 16                       | 41,0         | 3 749                     |
| 16                       | 44,4         | 4 378                     |
| 16                       | 47,8         | 5 091                     |
| 20                       | 48,9         | 5 517                     |
| 20                       | 52,3         | 6 271                     |
| 20                       | 56,1         | 7 188                     |
| 20                       | 64,0         | 9 337                     |
| 20                       | 72,2         | 11 871                    |
| 20                       | 81,5         | 15 079                    |
| 23                       | 88,1         | 17 912                    |
| 23                       | 98,1         | 22 092                    |

**1b. Differdinger I-I-Träger (Fig. S. 286)**

der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft Abt. Differdingen.

| Abmessungen |             | Normalstegige |                 |                    |       |                        |              |                       |                 |                              |                 | Dünnstegige   |                 |                    |       |                        |              |                       |                 |                              |                 |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|--------------------|-------|------------------------|--------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------|-------|------------------------|--------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| Höhe<br>h   | Breite<br>b | Profil<br>Nr. | Steg-<br>stärke | Flansch-<br>stärke |       | Quer-<br>F-<br>schnitt | Ge-<br>wicht | Trägheits-<br>momente |                 | Wider-<br>stands-<br>momente |                 | Profil<br>Nr. | Steg-<br>stärke | Flansch-<br>stärke |       | Quer-<br>F-<br>schnitt | Ge-<br>wicht | Trägheits-<br>momente |                 | Wider-<br>stands-<br>momente |                 |
|             |             |               | $\delta$        | $t_1$              | $t_2$ | g                      | $J_x$        | $J_y$                 | $W_x$           | $W_y$                        | $\delta$        |               | $t_1$           | $t_2$              | g     | $J_x$                  | $J_y$        | $W_x$                 | $W_y$           |                              |                 |
| mm          | mm          | Nr.           | mm              | mm                 | mm    | qcm                    | kg/m         | cm <sup>4</sup>       | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>              | cm <sup>3</sup> | Nr.           | mm              | mm                 | mm    | qcm                    | kg/m         | cm <sup>4</sup>       | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup>              | cm <sup>3</sup> |
| 140         | 140         | 14 B          | 7,4             | 8,0                | 13,9  | 39,8                   | 31,2         | 1 388                 | 438             | 198                          | 63              | 14 Bd         | 5,5             | 7,9                | 13,9  | 37,3                   | 29,3         | 1 354                 | 433             | 193                          | 62              |
| 160         | 160         | 16 B          | 8,0             | 8,5                | 15,4  | 49,6                   | 38,9         | 2 278                 | 705             | 285                          | 88              | 16 Bd         | 6,0             | 8,4                | 15,4  | 46,4                   | 36,4         | 2 215                 | 696             | 277                          | 87              |
| 180         | 180         | 18 B          | 8,5             | 9,0                | 16,72 | 59,9                   | 47,0         | 3 512                 | 1 073           | 390                          | 119             | 18 Bd         | 6,5             | 9,0                | 16,8  | 56,8                   | 44,6         | 3 448                 | 1 070           | 383                          | 119             |
| 200         | 200         | 20 B          | 8,5             | 9,5                | 18,12 | 70,4                   | 55,3         | 5 171                 | 1 568           | 517                          | 157             | 20 Bd         | 7,0             | 9,7                | 18,3  | 68,6                   | 53,8         | 5 163                 | 1 594           | 516                          | 159             |
| 220         | 220         | 22 B          | 9,0             | 10,0               | 19,5  | 82,6                   | 64,8         | 7 379                 | 2 216           | 671                          | 201             | 22 Bd         | 7,5             | 10,2               | 19,8  | 80,6                   | 63,2         | 7 368                 | 2 252           | 670                          | 205             |
| 240         | 240         | 24 B          | 10,0            | 10,5               | 20,85 | 96,8                   | 76,0         | 10 260                | 3 043           | 855                          | 254             | 24 Bd         | 8,1             | 10,9               | 21,3  | 94,6                   | 74,2         | 10 315                | 3 132           | 860                          | 261             |
| 250         | 250         | 25 B          | 10,5            | 10,9               | 21,7  | 105,1                  | 82,5         | 12 066                | 3 575           | 965                          | 286             | 25 Bd         | 8,3             | 11,2               | 22,0  | 101,7                  | 79,8         | 12 046                | 3 647           | 964                          | 292             |
| 260         | 260         | 26 B          | 11,0            | 11,7               | 22,9  | 115,6                  | 90,7         | 14 352                | 4 261           | 1 104                        | 328             | 26 Bd         | 8,6             | 11,5               | 22,7  | 109,1                  | 85,6         | 13 995                | 4 234           | 1 077                        | 326             |
| 270         | 270         | 27 B          | 11,25           | 11,95              | 23,6  | 123,2                  | 96,7         | 16 529                | 4 920           | 1 224                        | 365             | 27 Bd         | 8,9             | 11,8               | 23,6  | 117,0                  | 91,8         | 16 178                | 4 873           | 1 198                        | 361             |
| 280         | 280         | 28 B          | 11,5            | 12,35              | 24,4  | 131,8                  | 103,4        | 19 052                | 5 671           | 1 361                        | 405             | 28 Bd         | 9,1             | 12,1               | 24,3  | 124,6                  | 97,8         | 18 574                | 5 576           | 1 327                        | 398             |
| 290         | 290         | 29 B          | 12,0            | 12,7               | 25,2  | 141,1                  | 110,8        | 21 866                | 6 417           | 1 508                        | 443             | 29 Bd         | 9,4             | 12,4               | 25,0  | 132,9                  | 104,3        | 21 252                | 6 368           | 1 466                        | 439             |
| 300         | 300         | 30 B          | 12,5            | 13,25              | 26,25 | 152,1                  | 119,4        | 25 201                | 7 494           | 1 680                        | 500             | 30 Bd         | 9,6             | 12,7               | 25,7  | 141,1                  | 110,7        | 24 190                | 7 235           | 1 613                        | 482             |
| 320         | 300         | 32 B          | 13,0            | 14,1               | 27,0  | 160,7                  | 126,2        | 30 119                | 7 867           | 1 882                        | 524             | 32 Bd         | 10,2            | 13,8               | 26,8  | 151,1                  | 118,6        | 29 273                | 7 731           | 1 830                        | 515             |
| 340         | 300         | 34 B          | 13,4            | 14,6               | 27,5  | 167,4                  | 131,4        | 35 241                | 8 097           | 2 073                        | 540             | 34 Bd         | 10,7            | 14,9               | 27,9  | 161,1                  | 126,4        | 35 026                | 8 223           | 2 060                        | 548             |
| 360         | 300         | 36 B          | 14,2            | 16,15              | 29,0  | 181,5                  | 142,5        | 42 479                | 8 793           | 2 360                        | 586             | 36 Bd         | 11,2            | 15,9               | 28,9  | 170,6                  | 133,9        | 41 333                | 8 678           | 2 296                        | 579             |
| 380         | 300         | 38 B          | 14,8            | 17,0               | 29,8  | 191,2                  | 150,1        | 49 496                | 9 175           | 2 605                        | 612             | 38 Bd         | 11,8            | 17,0               | 30,0  | 181,2                  | 142,2        | 48 573                | 9 175           | 2 556                        | 612             |
| 400         | 300         | 40 B          | 15,5            | 18,2               | 31,0  | 203,6                  | 159,8        | 57 834                | 9 721           | 2 892                        | 648             | 40 Bd         | 12,3            | 18,0               | 31,0  | 191,0                  | 149,9        | 56 416                | 9 614           | 2 821                        | 641             |
| 425         | 300         | 42½ B         | 16,0            | 19,0               | 31,75 | 213,9                  | 167,9        | 68 249                | 10 078          | 3 212                        | 672             | 42½ Bd        | 12,9            | 19,3               | 32,3  | 203,9                  | 160,1        | 67 501                | 10 203          | 3 177                        | 680             |
| 450         | 300         | 45 B          | 17,0            | 20,3               | 33,0  | 229,3                  | 180,0        | 80 887                | 10 668          | 3 595                        | 711             | 45 B          | 13,6            | 20,8               | 33,6  | 218,5                  | 171,5        | 80 436                | 10 885          | 3 575                        | 726             |
| 475         | 300         | 47½ B         | 17,6            | 21,35              | 34,0  | 242,0                  | 190,0        | 94 811                | 11 142          | 3 992                        | 743             | 47½ Bd        | 14,3            | 22,1               | 34,9  | 232,3                  | 182,8        | 94 812                | 11 468          | 3 992                        | 765             |
| 500         | 300         | 50 B          | 19,4            | 22,6               | 35,2  | 261,8                  | 205,5        | 111 283               | 11 718          | 4 451                        | 781             | 50 Bd         | 14,9            | 23,4               | 36,2  | 246,0                  | 193,1        | 110 106               | 12 011          | 4 404                        | 801             |
| 550         | 300         | 55 B          | 20,6            | 24,5               | 37,0  | 288,0                  | 226,1        | 145 957               | 12 582          | 5 308                        | 839             | 55 Bd         | 15,1            | 23,8               | 36,6  | 256,7                  | 201,5        | 138 001               | 12 241          | 5 018                        | 816             |
| 600         | 300         | 60 B          | 20,8            | 24,7               | 37,2  | 300,6                  | 236,0        | 179 303               | 12 672          | 5 977                        | 845             | 60 Bd         | 15,3            | 24,1               | 36,9  | 267,1                  | 209,7        | 169 358               | 12 365          | 5 645                        | 824             |
| 650         | 300         | 65 B          | 21,1            | 25,0               | 37,5  | 314,5                  | 246,9        | 217 402               | 12 814          | 6 690                        | 854             | 65 Bd         | 15,5            | 24,5               | 37,3  | 278,2                  | 218,4        | 205 200               | 12 550          | 6 314                        | 837             |
| 700         | 300         | 70 B          | 21,1            | 25,0               | 37,5  | 325,2                  | 255,3        | 258 106               | 12 818          | 7 374                        | 854             | 70 Bd         | 15,6            | 24,8               | 37,6  | 288,4                  | 226,4        | 244 427               | 12 703          | 6 984                        | 847             |
| 750         | 300         | 75 B          | 21,1            | 25,0               | 37,5  | 335,7                  | 263,4        | 302 560               | 12 823          | 8 068                        | 855             | 75 Bd         | 15,8            | 25,2               | 38,0  | 299,8                  | 235,3        | 289 040               | 12 884          | 7 708                        | 859             |
| 800         | 300         | 80 B          | 21,5            | 26,0               | 38,5  | 354,9                  | 278,6        | 360 486               | 13 269          | 9 012                        | 885             | 80 Bd         | 16,0            | 25,6               | 38,4  | 311,5                  | 244,5        | 338 312               | 13 047          | 8 458                        | 870             |
| 850         | 300         | 85 B          | 21,5            | 26,0               | 38,5  | 365,6                  | 287,0        | 414 887               | 13 274          | 9 762                        | 885             | 85 Bd         | 16,2            | 25,9               | 38,7  | 322,7                  | 253,3        | 391 652               | 13 199          | 9 215                        | 880             |
| 900         | 300         | 90 B          | 21,5            | 26,0               | 38,5  | 376,4                  | 295,5        | 473 964               | 13 279          | 10 533                       | 885             | 90 Bd         | 16,4            | 26,3               | 39,1  | 334,8                  | 262,8        | 451 089               | 13 388          | 10 024                       | 893             |
| 950         | 300         | 95 B          | 21,9            | 27,0               | 39,5  | 396,2                  | 311,0        | 550 974               | 13 727          | 11 600                       | 915             | 95 Bd         | 16,5            | 26,6               | 39,4  | 345,6                  | 271,3        | 514 254               | 13 506          | 10 826                       | 900             |
| 1000        | 300         | 100 B         | 21,9            | 27,0               | 39,5  | 407,2                  | 319,7        | 621 287               | 13 732          | 12 425                       | 915             | 100 Bd        | 16,7            | 27,0               | 39,8  | 358,0                  | 281,0        | 584 658               | 13 681          | 11 693                       | 912             |
| h           | b           |               | $\delta$        | $t_1$              | $t_2$ | F                      | g            | $J_x$                 | $J_y$           | $W_x$                        | $W_y$           |               | $\delta$        | $t_1$              | $t_2$ | F                      | g            | $J_x$                 | $J_y$           | $W_x$                        | $W_y$           |

**2. Belag-(Zores-)eisen (Fig. S. 286).**

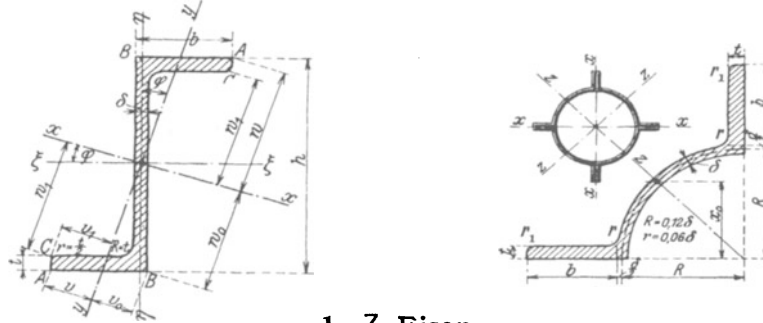
**Normalprofile.**

| Profil<br>Nr. | Abmessungen |             |      |      |     |         |         |       |       |                 | Quer-<br>schnitt<br>F<br>qcm | Gewicht<br>g<br>kg/m | Trägheits-<br>momente für die<br>Schwerachsen |                 | Widerstands-<br>momente für die<br>Schwerachsen |    | Profil<br>Nr. |
|---------------|-------------|-------------|------|------|-----|---------|---------|-------|-------|-----------------|------------------------------|----------------------|---|-----------------|---|----|---------------|
|               | Höhe<br>h   | Breite<br>b | a    | c    | R   | $t=r_3$ | $d=r_1$ | $r_2$ | $r_4$ | $J_x$           |                              |                      | $J_y$   | $W_x$           | $W_y$   |    |               |
|               | mm          | mm          | mm   | mm   | mm  | mm      | mm      | mm    | mm    | cm <sup>4</sup> |                              |                      | cm <sup>4</sup>                               | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup>                                 |    |               |
| 5             | 50          | 120         | 33   | 21   | 60  | 5       | 3       | 2,5   | 3,1   | 6,74            | 5,29                         | 23,3                 | 86,4  | 9,21            | 14,4  | 5  |               |
| 6             | 60          | 140         | 38   | 24   | 70  | 6       | 3,5     | 3     | 3,4   | 9,33            | 7,32                         | 47,3                 | 164   | 15,6            | 23,4  | 6  |               |
| 7½            | 75          | 170         | 45,5 | 28,5 | 85  | 7       | 4       | 3,5   | 3,7   | 13,2            | 10,4                         | 107                  | 347   | 28,1            | 40,8  | 7½ |               |
| 9             | 90          | 200         | 53   | 33   | 100 | 8       | 4,5     | 4     | 4,0   | 17,9            | 14,1                         | 207                  | 651   | 46,1            | 65,1  | 9  |               |
| 11            | 110         | 240         | 63   | 39   | 120 | 9       | 5       | 4,5   | 4,3   | 24,2            | 19,0                         | 420                  | 1272  | 75,9            | 106   | 11 |               |

1c. Breit- und parallelflanschtige Peiner I-Träger (Fig. S. 286)

der Aktien-Gesellschaft Peiner Walzwerk Peine.

| Profil<br>Nr.                           | Abmessungen      |                    |                                |          | Normalstegige               |                              |                          |  |                      |  | Dünnstegige          |                             |                              |                          |  |                      | Profil<br>Nr.        |  |   |
|---|------------------|--------------------|--------------------------------|----------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|--|----------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|--|----------------------|----------------------|--|---|
|   | Höhe<br><i>h</i> | Breite<br><i>b</i> | Flansch-<br>stärke<br><i>t</i> | <i>a</i> | Steg-<br>stärke<br>$\delta$ | Quer-<br>schnitt<br><i>F</i> | Ge-<br>wicht<br><i>g</i> | Trägheits-<br>momente<br><i>J<sub>x</sub></i> <i>J<sub>y</sub></i> |                      | Widerstands-<br>momente<br><i>W<sub>x</sub></i> <i>W<sub>y</sub></i> |                      | Steg-<br>stärke<br>$\delta$ | Quer-<br>schnitt<br><i>F</i> | Ge-<br>wicht<br><i>g</i> | Trägheits-<br>momente<br><i>J<sub>x</sub></i> <i>J<sub>y</sub></i> |                      |                      | Widerstands-<br>momente<br><i>W<sub>x</sub></i> <i>W<sub>y</sub></i> |   |
|   | mm               | mm                 | mm                             | mm       | mm                          | qcm                          | kg/m                     | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>4</sup>      | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>4</sup>      | mm                          | qcm                          | kg/m                     | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>4</sup>      |                      | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>4</sup>                         |
| 16 P                                    | 160              | 160                | 10,4                           | 21,35    | 7,5                         | 45,0                         | 35,3                     | 2 094  | 712                  | 262  | 89                   | 6                           | 42,6                         | 33,4                     | 2 042  | 711                  | 255                  | 89   | P 16                                    |
| 18 P                                    | 180              | 180                | 12,6                           | 24,0     | 8                           | 59,3                         | 46,6                     | 3 522  | 1 228                | 391  | 136                  | 6,5                         | 56,6                         | 44,5                     | 3 449  | 1 227                | 383                  | 136  | P 18                                    |
| 20 P                                    | 200              | 200                | 13,5                           | 26,2     | 8                           | 69,6                         | 54,7                     | 5 179  | 1 804                | 518  | 180                  | 6,5                         | 66,6                         | 52,3                     | 5 079  | 1 803                | 508                  | 180  | P 20                                    |
| 22 P                                    | 220              | 220                | 14,3                           | 29,5     | 9                           | 82,4                         | 64,7                     | 7 394  | 2 544                | 672  | 231                  | 7                           | 78,0                         | 61,3                     | 7 217  | 2 542                | 656                  | 231  | P 22                                    |
| 24 P                                    | 240              | 240                | 15,3                           | 32,6     | 9,6                         | 96,3                         | 75,6                     | 10 309   | 3 533                | 859  | 294                  | 7                           | 90,1                         | 70,7                     | 10 010   | 3 532                | 834                  | 294  | P 24                                    |
| 25 P                                    | 250              | 250                | 15,9                           | 33,5     | 10                          | 104,2                        | 81,8                     | 12 110   | 4 150                | 969  | 332                  | 7,5                         | 98,0                         | 76,9                     | 11 784   | 4 148                | 943                  | 332  | P 25                                    |
| 26 P                                    | 260              | 260                | 16,9                           | 35,0     | 10,5                        | 114,8                        | 90,1                     | 14 411   | 4 962                | 1 109  | 382                  | 8                           | 108,3                        | 85,0                     | 14 045   | 4 959                | 1 080                | 381  | P 26                                    |
| 27 P                                    | 270              | 270                | 17,3                           | 36,0     | 11                          | 122,7                        | 96,3                     | 16 588   | 5 688                | 1 229  | 421                  | 8                           | 114,6                        | 90,0                     | 16 096   | 5 685                | 1 192                | 421  | P 27                                    |
| 28 P                                    | 280              | 280                | 17,9                           | 37,6     | 11                          | 130,8                        | 102,6                    | 19 101   | 6 564                | 1 364  | 469                  | 8                           | 122,4                        | 96,0                     | 18 552   | 6 560                | 1 325                | 469  | P 28                                    |
| 29 P                                    | 290              | 290                | 18,4                           | 38,8     | 11,5                        | 139,7                        | 109,7                    | 21 870   | 7 496                | 1 508  | 517                  | 8,5                         | 131,1                        | 102,9                    | 21 260   | 7 492                | 1 466                | 517  | P 29                                    |
| 30 P                                    | 300              | 300                | 19,2                           | 40,0     | 12                          | 150,8                        | 118,4                    | 25 222   | 8 659                | 1 681  | 577                  | 8,5                         | 140,3                        | 110,1                    | 24 435   | 8 655                | 1 629                | 577  | P 30                                    |
| 32 Pa<br>Pb                             | 320<br>320       | 300<br>320         | 20,0                           | 40,25    | 12,5                        | 159,3<br>167,3               | 125,1<br>131,3           | 30 139<br>31 942   | 9 021<br>10 943      | 1 884<br>1 996   | 601<br>684           | 9                           | 148,1<br>155,1               | 116,3<br>121,7           | 29 183<br>30 986   | 9 016<br>10 938      | 1 824<br>1 937       | 601<br>684   | Pa<br>Pb 32                             |
| 34 Pa<br>Pb                             | 340<br>340       | 300<br>340         | 20,5                           | 40,2     | 13                          | 166,2<br>182,7               | 130,5<br>143,4           | 35 273<br>39 464   | 9 247<br>13 451      | 2 075<br>2 321   | 616<br>791           | 9                           | 152,5<br>169,1               | 119,7<br>132,7           | 33 963<br>38 154   | 9 241<br>13 444      | 1 998<br>2 244       | 616<br>791   | Pa<br>Pb 34                             |
| 36 Pa<br>Pb                             | 360<br>360       | 300<br>360         | 22,1                           | 40,1     | 13,5                        | 179,7<br>206,2               | 141,1<br>161,9           | 42 518<br>50 099   | 9 968<br>17 208      | 2 362<br>2 783   | 665<br>956           | 9,5                         | 165,3<br>191,8               | 129,8<br>150,6           | 40 963<br>48 544   | 9 962<br>17 202      | 2 276<br>2 697       | 664<br>956   | Pa<br>Pb 36                             |
| 38 Pa<br>Pb                             | 380<br>380       | 300<br>380         | 23,0                           | 40,0     | 14                          | 189,3<br>226,1               | 148,6<br>177,5           | 49 598<br>61 340   | 10 375<br>21 059     | 2 610<br>3 228   | 692<br>1108          | 10                          | 174,1<br>210,9               | 136,7<br>165,6           | 47 769<br>59 511   | 10 367<br>21 051     | 2 514<br>3 132       | 691<br>1108  | Pa<br>Pb 38                             |
| 40 Pa<br>Pb                             | 400<br>400       | 300<br>380         | 24,1                           | 39,9     | 15                          | 202,1<br>240,6               | 158,6<br>188,9           | 58 000<br>71 640   | 10 873<br>22 068     | 2 900<br>3 582   | 725<br>1161          | 11                          | 186,1<br>224,6               | 146,1<br>176,3           | 55 867<br>69 507   | 10 864<br>22 059     | 2 793<br>3 475       | 724<br>1161  | Pa<br>Pb 40                             |
| 42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Pa<br>Pb | 425<br>380       | 300<br>380         | 24,9                           | 39,8     | 15,5                        | 212,4<br>252,2               | 166,7<br>198,0           | 68 321<br>84 286   | 11 235<br>22 802     | 3 215<br>3 966   | 749<br>1200          | 11,5                        | 195,4<br>235,2               | 153,4<br>184,6           | 65 762<br>81 727   | 11 225<br>22 792     | 3 095<br>3 846       | 748<br>1200  | Pa<br>Pb 42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> |
| 45 Pa<br>Pb                             | 450<br>380       | 300<br>380         | 26,2                           | 39,8     | 16                          | 225,7<br>267,6               | 177,2<br>210,1           | 80 931<br>99 778   | 11 823<br>23 994     | 3 597<br>4 435   | 788<br>1263          | 12                          | 207,7<br>249,6               | 163,1<br>196,0           | 77 893<br>96 740   | 11 812<br>23 982     | 3 462<br>4 300       | 787<br>1262  | Pa<br>Pb 45                             |
| 47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Pa<br>Pb | 475<br>380       | 300<br>380         | 27,5                           | 39,7     | 16,5                        | 239,3<br>283,3               | 187,9<br>222,4           | 95 031<br>117 087  | 12 410<br>25 185     | 4 001<br>4 930   | 827<br>1326          | 12,5                        | 220,3<br>264,3               | 172,9<br>207,5           | 91 458<br>113 514  | 12 398<br>25 173     | 3 851<br>4 780       | 827<br>1325  | Pa<br>Pb 47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> |
| 50 Pa<br>Pb                             | 500<br>380       | 300<br>380         | 28,8                           | 39,5     | 18                          | 258,8<br>304,8               | 203,1<br>239,3           | 111 539<br>137 149   | 13 003<br>26 381     | 4 462<br>5 486   | 867<br>1388          | 13                          | 233,8<br>279,8               | 183,5<br>219,7           | 106 331<br>131 940   | 12 985<br>26 363     | 4 253<br>5 278       | 866<br>1388  | Pa<br>Pb 50                             |
| 55 Pa<br>Pb                             | 550<br>380       | 300<br>380         | 31,1                           | 39,5     | 18                          | 279,7<br>329,5               | 219,6<br>258,6           | 146 237<br>179 772   | 14 040<br>28 487     | 5 318<br>6 537   | 936<br>1499          | 13                          | 252,2<br>302,0               | 198,0<br>237,1           | 139 304<br>172 840   | 14 021<br>28 468     | 5 066<br>6 285       | 935<br>1498  | Pa<br>Pb 55                             |
| 60 Pa<br>Pb                             | 600<br>380       | 300<br>380         | 31,1                           | 39,3     | 19                          | 294,3<br>344,1               | 231,0<br>270,1           | 179 649<br>219 951   | 14 048<br>28 495     | 5 988<br>7 332   | 937<br>1500          | 14                          | 264,3<br>314,1               | 207,5<br>246,6           | 170 649<br>210 951   | 14 025<br>28 472     | 5 688<br>7 032       | 935<br>1499  | Pa<br>Pb 60                             |
| 65 Pa<br>Pb                             | 650<br>380       | 300<br>380         | 31,5                           | 39,3     | 19                          | 306,1<br>356,5               | 240,3<br>279,8           | 217 574<br>265 816   | 14 231<br>28 864     | 6 695<br>8 179   | 949<br>1519          | 14                          | 273,6<br>324,0               | 214,7<br>254,3           | 206 131<br>254 373   | 14 206<br>28 839     | 6 342<br>7 827       | 947<br>1518  | Pa<br>Pb 65                             |
| 70 Pa<br>Pb                             | 700<br>380       | 300<br>380         | 31,5                           | 39,2     | 20                          | 322,2<br>372,6               | 252,9<br>292,5           | 260 107<br>316 457   | 14 241<br>28 874     | 7 432<br>9 042   | 949<br>1520          | 14,5                        | 283,7<br>334,1               | 222,7<br>262,3           | 244 386<br>300 736   | 14 210<br>28 842     | 6 982<br>8 592       | 947<br>1518  | Pa<br>Pb 70                             |
| 75 Pa<br>Pb                             | 750<br>380       | 300<br>380         | 31,5                           | 39,2     | 20                          | 332,2<br>382,6               | 260,8<br>300,3           | 304 781<br>369 870   | 14 245<br>28 878     | 8 128<br>9 863   | 950<br>1520          | 14,5                        | 290,9<br>341,3               | 228,4<br>268,0           | 285 445<br>350 534   | 14 211<br>28 845     | 7 612<br>9 348       | 947<br>1518  | Pa<br>Pb 75                             |
| 80 Pa<br>Pb                             | 800<br>380       | 300<br>380         | 31,8                           | 39,2     | 20                          | 343,9<br>394,8               | 269,9<br>309,9           | 355 875<br>430 983   | 14 383<br>29 155     | 8 897<br>10 775  | 959<br>1534          | 15                          | 303,9<br>354,7               | 238,5<br>278,5           | 334 542<br>409 650   | 14 350<br>29 122     | 8 364<br>10 241      | 957<br>1533  | Pa<br>Pb 80                             |
| 85 Pa<br>Pb                             | 850<br>380       | 300<br>380         | 31,8                           | 39,2     | 20                          | 353,9<br>404,8               | 277,8<br>317,7           | 409 298<br>494 496   | 14 386<br>29 159     | 9 631<br>11 635  | 959<br>1535          | 15                          | 311,4<br>362,3               | 244,4<br>284,4           | 383 710<br>468 907   | 14 351<br>29 123     | 9 028<br>11 033      | 957<br>1533  | Pa<br>Pb 85                             |
| 90 Pa<br>Pb                             | 900<br>380       | 300<br>380         | 31,8                           | 39,2     | 20                          | 363,9<br>414,8               | 285,6<br>325,6           | 467 145<br>563 068   | 14 390<br>29 162     | 10 381<br>12 513   | 959<br>1535          | 15                          | 318,9<br>369,8               | 250,3<br>290,3           | 436 770<br>532 693   | 14 352<br>29 125     | 9 706<br>11 838      | 957<br>1533  | Pa<br>Pb 90                             |
| 95 Pa<br>Pb                             | 950<br>380       | 300<br>380         | 31,8                           | 39,2     | 20                          | 373,9<br>424,8               | 293,5<br>333,4           | 529 539<br>636 824   | 14 393<br>29 165     | 11 148<br>13 407   | 960<br>1535          | 15                          | 326,4<br>372,5               | 256,2<br>292,4           | 493 815<br>601 100   | 14 354<br>29 126     | 10 396<br>12 655     | 957<br>1533  | Pa<br>Pb 95                             |
| 100 Pa<br>Pb                            | 1000<br>380      | 300<br>380         | 31,8                           | 39,2     | 20                          | 383,9<br>434,8               | 301,3<br>341,3           | 596 607<br>715 890   | 14 396<br>29 169     | 11 932<br>14 318   | 960<br>1535          | 15                          | 333,9<br>384,8               | 262,1<br>302,0           | 554 941<br>674 223   | 14 355<br>29 127     | 11 099<br>13 484     | 957<br>1533  | Pa<br>Pb 100                            |
|   | <i>h</i>         | <i>b</i>           | <i>t</i>                       | <i>a</i> | $\delta$                    | <i>F</i>                     | <i>g</i>                 | <i>J<sub>x</sub></i>   | <i>J<sub>y</sub></i> | <i>W<sub>x</sub></i>   | <i>W<sub>y</sub></i> | $\delta$                    | <i>F</i>                     | <i>g</i>                 | <i>J<sub>x</sub></i>   | <i>J<sub>y</sub></i> | <i>W<sub>x</sub></i> | <i>W<sub>y</sub></i>   |   |



1. Z-Eisen.

| Profil<br>Nr. | Abmessungen     |                   |                              |                    | Quer-<br>schnitt<br>F<br>qcm | Gewicht<br>g<br>kg/m | Lage der<br>Haupt-<br>achsen<br>tg φ<br>φ | Abstände des<br>Schwerpunkts |  |  | Trägheits-<br>momente für die<br>Schwerachsen       |   | Widerstandsmomente für<br>die Schwerachsen                |   |   |   | Profil<br>Nr. |
|---------------|-----------------|-------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------|---|------------------------------|--|--|---|---|---|---|---|---|---------------|
|               | Höhe<br>h<br>mm | Breite<br>b<br>mm | Stärke im<br>Steg<br>δ<br>mm | Flansch<br>t<br>mm |                              |                      |   | w<br>v<br>mm                 | w <sub>0</sub><br>v <sub>0</sub><br>mm | w <sub>1</sub><br>v <sub>1</sub><br>mm | J <sub>x</sub><br>J <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | J <sub>ξ</sub><br>J <sub>η</sub><br>cm <sup>6</sup> | J <sub>x</sub> :w<br>J <sub>y</sub> :v<br>cm <sup>3</sup> | J <sub>x</sub> :w <sub>0</sub><br>J <sub>y</sub> :v <sub>0</sub><br>cm <sup>3</sup> | J <sub>x</sub> :w <sub>1</sub><br>J <sub>y</sub> :v <sub>1</sub><br>cm <sup>3</sup> | W <sub>ξ</sub><br>W <sub>η</sub><br>cm <sup>3</sup> |               |
| 3             | 30              | 38                | 4                            | 4,5                | 4,32                         | 3,39                 | 1,655<br>58° 52'                          | 38,6<br>5,8                  | 6,1<br>13,9                            | 35,4<br>8,7                            | 18,1<br>1,54  | 5,96<br>13,7  | 4,69<br>2,66  | 29,7<br>1,11  | 5,11<br>1,77  | 3,98<br>3,80  | 3             |
| 4             | 40              | 40                | 4,5                          | 5                  | 5,43                         | 4,26                 | 1,181<br>49° 45'                          | 41,7<br>9,1                  | 11,2<br>16,7                           | 38,2<br>11,9                           | 28,0<br>3,05  | 13,5<br>17,6  | 6,72<br>3,35  | 25,0<br>1,83  | 7,33<br>2,56  | 6,75<br>4,66  | 4             |
| 5             | 50              | 43                | 5                            | 5,5                | 6,77                         | 5,31                 | 0,939<br>43° 12'                          | 46,0<br>12,4                 | 16,5<br>18,9                           | 42,1<br>14,9                           | 44,9<br>5,23  | 26,3<br>23,8  | 9,76<br>4,22  | 27,2<br>2,76  | 10,7<br>3,51  | 10,5<br>5,88  | 5             |
| 6             | 60              | 45                | 5                            | 6                  | 7,91                         | 6,21                 | 0,779<br>37° 55'                          | 49,8<br>15,1                 | 22,1<br>20,4                           | 45,6<br>17,6                           | 67,2<br>7,60  | 44,7<br>30,1  | 13,5<br>5,03  | 30,4<br>3,73  | 14,8<br>4,32  | 14,9<br>7,08  | 6             |
| 8             | 80              | 50                | 6                            | 7                  | 11,1                         | 8,71                 | 0,588<br>30° 27'                          | 58,3<br>20,2                 | 33,0<br>22,9                           | 53,5<br>22,5                           | 142<br>14,7   | 109<br>47,4   | 24,4<br>7,28  | 43,0<br>6,44  | 26,5<br>6,53  | 27,3<br>10,1  | 8             |
| 10            | 100             | 55                | 6,5                          | 8                  | 14,5                         | 11,4                 | 0,492<br>26° 12'                          | 67,7<br>24,3                 | 43,4<br>25,0                           | 62,4<br>26,5                           | 270<br>24,6   | 222<br>72,4   | 39,8<br>10,1  | 62,2<br>9,84  | 43,3<br>9,26  | 44,4<br>14,0  | 10            |
| 12            | 120             | 60                | 7                            | 9                  | 18,2                         | 14,3                 | 0,433<br>23° 25'                          | 77,5<br>28,0                 | 53,7<br>27,0                           | 71,6<br>30,2                           | 470<br>37,7   | 402<br>106  | 60,6<br>13,5  | 87,5<br>14,0  | 65,6<br>12,5  | 67,0<br>18,8  | 12            |
| 14            | 140             | 65                | 8                            | 10                 | 22,9                         | 18,0                 | 0,385<br>21° 03'                          | 87,2<br>31,8                 | 63,9<br>28,9                           | 80,8<br>33,9                           | 768<br>56,4   | 676<br>148  | 88,0<br>17,7  | 120<br>19,5   | 95,0<br>16,6  | 96,6<br>24,3  | 14            |
| 16            | 160             | 70                | 8,5                          | 11                 | 27,5                         | 21,6                 | 0,357<br>19° 39'                          | 97,4<br>35,1                 | 73,9<br>30,9                           | 90,4<br>37,2                           | 1184<br>79,5  | 1053<br>211   | 121<br>22,7   | 160<br>25,7   | 131<br>21,4   | 132<br>32,1   | 16            |
| 18            | 180             | 75                | 9,5                          | 12                 | 33,3                         | 26,1                 | 0,329<br>18° 12'                          | 107<br>38,6                  | 84,0<br>32,7                           | 99,9<br>40,8                           | 1759<br>110   | 1599<br>270   | 164<br>28,5   | 209<br>33,6   | 176<br>27,0   | 178<br>38,4   | 18            |
| 20            | 200             | 80                | 10                           | 13                 | 38,7                         | 30,4                 | 0,313<br>17° 23'                          | 118<br>41,7                  | 93,9<br>34,7                           | 110<br>43,9                            | 2509<br>147   | 2299<br>357   | 213<br>35,3   | 267<br>42,6   | 228<br>33,4   | 230<br>47,6   | 20            |

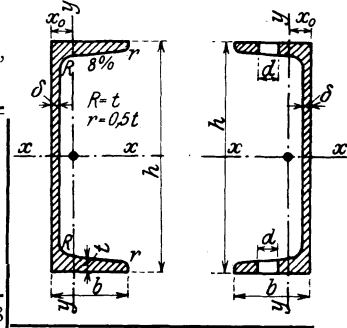
2. Quadranteisen.

| Profil<br>Nr. | Abmessungen |         |         |         |         |                      | Quer-<br>schnitt<br>F<br>qcm | Gewicht<br>g<br>kg/m | Abstand<br>des<br>Schwer-<br>punkts<br>x <sub>0</sub><br>mm | Volle Röhre aus 4 Quadranteisen |                      |   |  | Profil<br>Nr. |            |     |
|---------------|-------------|---------|---------|---------|---------|----------------------|------------------------------|----------------------|---|---------------------------------|----------------------|---|--|---------------|------------|-----|
|               | R<br>mm     | b<br>mm | δ<br>mm | t<br>mm | r<br>mm | r <sub>1</sub><br>mm |                              |                      |   | Quer-<br>schnitt<br>F<br>qcm    | Gewicht<br>g<br>kg/m | Träg-<br>heits-<br>moment<br>J<br>cm <sup>4</sup> | Widerstands-<br>momente<br>W <sub>z</sub><br>W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> |               |            |     |
| 5             | 50          | 35      | 4       | 6       | 6       | 3                    | 7,44                         | 5,84                 | 34,6  | 29,8                            | 23,4                 | 576   | 89,6   | 66,2          | min<br>max | 5   |
| 7½            | 75          | 40      | 6       | 8       | 9       | 4,5                  | 13,7                         | 10,8                 | 49,5  | 54,8                            | 43,1                 | 2 068   | 237  | 175           | min<br>max | 7½  |
| 10            | 100         | 45      | 8       | 10      | 12      | 6                    | 22,0                         | 17,3                 | 64,3  | 88,0                            | 69,2                 | 5 464   | 497  | 367           | min<br>max | 10  |
| 12½           | 125         | 50      | 10      | 12      | 15      | 7,5                  | 32,2                         | 25,3                 | 80,2  | 128,8                           | 101,3                | 12 156  | 917  | 675           | min<br>max | 12½ |
| 15            | 150         | 55      | 12      | 14      | 18      | 9                    | 44,6                         | 35,0                 | 95,1  | 178,4                           | 140,5                | 23 636  | 1522   | 1120          | min<br>max | 15  |



└- Eisen (Normalprofile).

Bei  $F$  und  $J_x$  beziehen sich die oberen Zahlen auf den Querschnitt ohne, die unteren auf den mit Nietverschwächungen in den Flanschen.



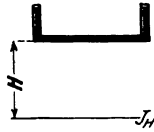
| Prof. Nr.  | Abmessungen    |                  |                     |                  |                        | Querschnitt $F$<br>qcm | Gewicht $g$<br>kg/m | Abstand des Schwerpunkts $x_0$<br>mm | Trägheitsmomente für die Schwerachsen |                          |                          | Widerstandsmomente für die Schwerachsen |                          | $J_H = J_x + J_y$<br>mm <sup>4</sup> | $J_a = J_x$ für $H_0$<br>mm |              |              |              |              |              |              |
|------------|----------------|------------------|---------------------|------------------|------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|            | Höhe $h$<br>mm | Breite $b$<br>mm | Steg $\delta$<br>mm | Stärke $t$<br>mm | Niedermesser $d$<br>mm |                        |                     |                                      | $J_x$<br>cm <sup>4</sup>              | $J_y$<br>cm <sup>4</sup> | $J_a$<br>cm <sup>4</sup> | $W_x$<br>cm <sup>3</sup>                | $W_y$<br>cm <sup>3</sup> |                                      |                             |              |              |              |              |              |              |
| 3          | 30             | 33               | 5                   | 7                |                        | 5,44                   | 4,27                | 13,1                                 | 6,4                                   | 5,3                      | 14,7                     | 4,3                                     | 2,7                      | —                                    | 18                          |              |              |              |              |              |              |
| 4          | 40             | 35               | 5                   | 7                |                        | 6,21                   | 4,87                | 13,3                                 | 14,1                                  | 6,7                      | 17,7                     | 7,1                                     | 3,1                      | —                                    | 24                          |              |              |              |              |              |              |
| 5          | 50             | 38               | 5                   | 7                |                        | 7,12                   | 5,59                | 13,7                                 | 26,4                                  | 9,1                      | 22,6                     | 10,6                                    | 3,8                      | 2                                    | 29                          |              |              |              |              |              |              |
| 6½         | 65             | 42               | 5,5                 | 7,5              |                        | 9,03                   | 7,09                | 14,2                                 | 57,5                                  | 14,1                     | 32,3                     | 17,7                                    | 5,1                      | 8                                    | 36                          |              |              |              |              |              |              |
| Trägheits- |                |                  |                     |                  |                        |                        |                     |                                      |                                       |                          |                          |   |                          |                                      |                             |              |              |              |              |              |              |
|            |                |                  |                     |                  |                        |                        |                     |                                      |                                       |                          |                          |   |                          |                                      |                             | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
| 8          | 80             | 45               | 6                   | 8                | 13                     | 11,0<br>8,9            | 8,64                | 14,5                                 | 106<br>79                             | 19,4                     | 43,2                     | 26,5                                    | 6,4                      | 14                                   | 43                          | 61,9<br>30,0 | 66,3<br>28,0 | 70,9<br>26,3 | 76,8<br>24,7 | 80,8<br>23,4 | 86,1<br>22,3 |
| 10         | 100            | 50               | 6                   | 8,5              | 13                     | 13,5<br>11,3           | 10,6                | 15,5                                 | 206<br>160                            | 29,3                     | 61,5                     | 41,2                                    | 8,5                      | 21                                   | 52                          | 85,8<br>44,0 | 91,5<br>41,3 | 97,4<br>38,8 | 104<br>36,7  | 110<br>34,8  | 117<br>33,2  |
| 12         | 120            | 55               | 7                   | 9                | 16                     | 17,0<br>14,1           | 13,4                | 16,0                                 | 364<br>275                            | 43,2                     | 87,5                     | 60,7                                    | 11,1                     | 27                                   | 59                          | 119<br>64,6  | 126<br>61,0  | 134<br>57,8  | 142<br>54,9  | 150<br>52,3  | 159<br>50,1  |
| 14         | 140            | 60               | 7                   | 10               | 16                     | 20,4<br>17,2           | 16,0                | 17,5                                 | 605<br>470                            | 62,7                     | 126                      | 86,4                                    | 14,8                     | 34                                   | 69                          | 166<br>94,9  | 176<br>90,0  | 185<br>85,5  | 196<br>81,4  | 206<br>77,8  | 217<br>74,5  |
| 16         | 160            | 65               | 7,5                 | 10,5             | 16                     | 24,0<br>20,6           | 18,8                | 18,4                                 | 925<br>737                            | 85,3                     | 167                      | 116                                     | 18,3                     | 41                                   | 78                          | 217<br>128   | 228<br>122   | 240<br>116   | 253<br>111   | 265<br>106   | 279<br>102   |
| 18         | 180            | 70               | 8                   | 11               | 16                     | 28,0<br>24,5           | 22,0                | 19,2                                 | 1354<br>1102                          | 114                      | 217                      | 150                                     | 22,4                     | 47                                   | 86                          | 278<br>170   | 292<br>163   | 306<br>155   | 321<br>149   | 336<br>143   | 353<br>137   |
| 20         | 200            | 75               | 8,5                 | 11,5             | 20                     | 32,2<br>27,6           | 25,3                | 20,1                                 | 1911<br>1482                          | 148                      | 278                      | 191                                     | 27,0                     | 54                                   | 94                          | 351<br>221   | 367<br>212   | 384<br>203   | 402<br>195   | 421<br>188   | 440<br>181   |
| 22         | 220            | 80               | 9                   | 12,5             | 20                     | 37,4<br>32,4           | 29,4                | 21,4                                 | 2690<br>2151                          | 197                      | 369                      | 245                                     | 33,6                     | 60                                   | 103                         | 458<br>298   | 478<br>286   | 499<br>275   | 520<br>264   | 543<br>255   | 566<br>246   |
| 24         | 240            | 85               | 9,5                 | 13               | 23                     | 42,3<br>36,3           | 33,2                | 22,3                                 | 3598<br>2827                          | 248                      | 459                      | 300                                     | 39,6                     | 67                                   | 111                         | 563<br>375   | 587<br>361   | 611<br>347   | 636<br>335   | 663<br>323   | 689<br>312   |
| 26         | 260            | 90               | 10                  | 14               | 23                     | 48,3<br>41,9           | 37,9                | 23,6                                 | 4823<br>3848                          | 317                      | 586                      | 371                                     | 47,8                     | 73                                   | 120                         | 712<br>484   | 740<br>467   | 769<br>450   | 799<br>435   | 830<br>420   | 862<br>406   |
| 28         | 280            | 95               | 10                  | 15               | 23                     | 53,3<br>46,4           | 41,8                | 25,3                                 | 6276<br>5063                          | 399                      | 741                      | 448                                     | 57,2                     | 80                                   | 130                         | 889<br>619   | 922<br>598   | 955<br>578   | 990<br>559   | 1026<br>541  | 1063<br>524  |
| 30         | 300            | 100              | 10                  | 16               | 26                     | 58,8<br>50,5           | 46,2                | 27,0                                 | 8026<br>6347                          | 495                      | 924                      | 535                                     | 67,8                     | 140                                  |                             | 1097<br>779  | 1135<br>754  | 1175<br>730  | 1215<br>707  | 1257<br>685  | 1300<br>665  |

Ältere └-Eisen für den

|     |       |     |          |     |     |              |      |       |              |       |       |       |       |       |       |             |             |             |             |             |             |
|-----|-------|-----|----------|-----|-----|--------------|------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 10½ | 105   | 65  | 8        | 8   | 16  | 17,3<br>14,7 | 13,6 | 18,8  | 287<br>227   | 61,2  | 122   | 54,7  | 13,2  | 17    | 55    | 159<br>94,1 | 168<br>89,5 | 176<br>85,3 | 185<br>81,4 | 195<br>77,8 | 205<br>74,6 |
| 11½ | 117,5 | 65  | 10       | 10  | 16  | 22,6<br>19,4 | 17,7 | 19,1  | 447<br>354   | 77,1  | 160   | 76,1  | 16,7  | 21    | 60    | 208<br>122  | 219<br>116  | 231<br>110  | 243<br>105  | 256<br>100  | 268<br>95,8 |
| 14½ | 145   | 60  | 8        | 8   | 16  | 19,8<br>17,2 | 15,5 | 15,0  | 585<br>465   | 53,6  | 98,2  | 80,7  | 11,9  | 37    | 67    | 133<br>73,4 | 141<br>69,6 | 149<br>66,3 | 158<br>63,3 | 168<br>60,7 | 177<br>58,6 |
| 23½ | 235   | 90  | 10       | 12  | 23  | 42,4<br>36,9 | 33,3 | 22,8  | 3429<br>2742 | 272   | 492   | 292   | 40,5  | 64    | 109   | 600<br>406  | 624<br>392  | 649<br>378  | 674<br>365  | 701<br>353  | 728<br>341  |
| 26  | 260   | 90  | 10       | 10  | 23  | 41,6<br>37,0 | 32,7 | 19,7  | 3900<br>3181 | 237   | 398   | 300   | 33,7  | 74    | 114   | 491<br>327  | 512<br>315  | 534<br>304  | 556<br>294  | 580<br>285  | 604<br>276  |
| 30  | 300   | 75  | 10       | 10  | 20  | 42,8<br>38,8 | 33,6 | 15,0  | 4925<br>4084 | 145   | 241   | 328   | 24,2  | 91    | 121   | 316<br>188  | 334<br>180  | 352<br>172  | 371<br>166  | 392<br>160  | 413<br>156  |
|     | $h$   | $b$ | $\delta$ | $t$ | $d$ | $F$          | $g$  | $x_0$ | $J_x$        | $J_y$ | $J_a$ | $W_x$ | $W_y$ | $H_0$ | $h_0$ | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          |

**Zahlentafel IX.**

(Fortsetzung.)



$\frac{H_0}{h_0}$  ist derjenige Wert von  $\frac{H}{h}$ , für den  $\frac{J_{H_0}}{J_{h_0}} = J_x$  ist.



Für Zwischenwerte von  $H$  bzw.  $h$  ist geradlinig einzuschalten

| momente $J_H$ (obere Werte) und $J_h$ (untere Werte) in $cm^4$ für einen Abstand $H$ bzw. $h$ von |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |    |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 20  | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110    | 120    | 130    | 140    | 160    | 180    | 200    | mm |
| 151   | 238  | 347  | 478  | 631  | 806  | 1002 | 1221 | 1462 | 1725   | 2010   | 2317   | 2646   | 3370   | 4181   | 5081   | 8  |
| 23,4  | 46,5 | 91,6 | 159  | 248  | 359  | 492  | 647  | 824  | 1023   | 1244   | 1488   | 1753   | 2349   | 3033   | 3805   | 10 |
| 199   | 309  | 445  | 608  | 799  | 1016 | 1259 | 1532 | 1830 | 2155   | 2508   | 2887   | 3293   | 4187   | 5189   | 6298   | 12 |
| 31,8  | 57,5 | 110  | 190  | 296  | 430  | 591  | 778  | 993  | 1235   | 1503   | 1799   | 2122   | 2848   | 3682   | 4625   | 14 |
| 264   | 404  | 577  | 785  | 1026 | 1301 | 1611 | 1954 | 2332 | 2743   | 3188   | 3668   | 4181   | 5310   | 6575   | 7976   | 16 |
| 46,7  | 77,3 | 142  | 241  | 373  | 540  | 740  | 975  | 1244 | 1546   | 1883   | 2253   | 2658   | 3569   | 4616   | 5800   | 18 |
| 350   | 523  | 738  | 993  | 1288 | 1625 | 2002 | 2421 | 2880 | 3379   | 3920   | 4501   | 5124   | 6490   | 8020   | 9714   | 20 |
| 64,3  | 94,9 | 166  | 279  | 432  | 625  | 860  | 1135 | 1452 | 1809   | 2206   | 2645   | 3124   | 4206   | 5450   | 6858   | 22 |
| 439   | 647  | 904  | 1208 | 1610 | 2011 | 2509 | 3005 | 3450 | 4042   | 4682   | 5371   | 6107   | 7724   | 9532   | 11 533 | 24 |
| 85,9  | 118  | 197  | 325  | 501  | 724  | 996  | 1316 | 1683 | 2099   | 2563   | 3074   | 3634   | 4897   | 6353   | 8000   | 26 |
| 544   | 792  | 1095 | 1455 | 1870 | 2342 | 2869 | 3453 | 4092 | 4788   | 5539   | 6347   | 7210   | 9105   | 11 224 | 13 567 | 28 |
| 114   | 146  | 235  | 379  | 580  | 836  | 1149 | 1517 | 1942 | 2422   | 2959   | 3551   | 4200   | 5665   | 7354   | 9267   | 30 |
| 666   | 956  | 1311 | 1730 | 2214 | 2762 | 3374 | 4051 | 4792 | 5598   | 6468   | 7403   | 8401   | 10 592 | 13 041 | 15 747 | 32 |
| 148   | 179  | 275  | 436  | 660  | 950  | 1303 | 1721 | 2204 | 2750   | 3361   | 4037   | 4777   | 6450   | 8381   | 10 569 | 34 |
| 838   | 1185 | 1607 | 2104 | 2675 | 3322 | 4043 | 4839 | 5709 | 6655   | 7675   | 8770   | 9940   | 12 504 | 15 367 | 18 530 | 36 |
| 198   | 225  | 327  | 503  | 754  | 1081 | 1482 | 1957 | 2508 | 3133   | 3833   | 4608   | 5458   | 7382   | 9605   | 12 127 | 38 |
| 1005  | 1405 | 1890 | 2459 | 3113 | 3852 | 4675 | 5583 | 6575 | 7652   | 8814   | 10 060 | 11 390 | 14 306 | 17 560 | 21 152 | 40 |
| 250   | 273  | 381  | 573  | 849  | 1211 | 1656 | 2187 | 2802 | 3502   | 4286   | 5155   | 6108   | 8269   | 10 768 | 13 605 | 42 |
| 1235  | 1704 | 2271 | 2933 | 3693 | 4549 | 5501 | 6550 | 7696 | 8938   | 10 277 | 11 712 | 13 244 | 16 598 | 20 339 | 24 466 | 44 |
| 323   | 337  | 447  | 654  | 957  | 1357 | 1853 | 2447 | 3136 | 3923   | 4805   | 5785   | 6861   | 9303   | 12 132 | 15 346 | 46 |
| 1493  | 2029 | 2672 | 3421 | 4277 | 5240 | 6309 | 7485 | 8767 | 10 156 | 11 652 | 13 254 | 14 963 | 18 700 | 22 864 | 27 454 | 48 |
| 414   | 411  | 515  | 725  | 1041 | 1464 | 1994 | 2631 | 3374 | 4223   | 5179   | 6242   | 7412   | 10 070 | 13 155 | 16 667 | 50 |
| 1794  | 2405 | 3134 | 3981 | 4945 | 6027 | 7227 | 8544 | 9979 | 11 531 | 13 201 | 14 988 | 16 894 | 21 057 | 25 690 | 30 794 | 52 |
| 524   | 500  | 594  | 806  | 1135 | 1582 | 2147 | 2829 | 3628 | 4546   | 5580   | 6733   | 8003   | 10 896 | 14 259 | 18 093 | 54 |

**Eisenbahn-Wagenbau.**

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |     |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 322  | 473  | 659  | 880  | 1135 | 1425 | 1750 | 2109 | 2503 | 2931 | 3394 | 3892   | 4424   | 5591   | 6898   | 8343   | 10½ |
| 61,4 | 82,9 | 139  | 230  | 355  | 515  | 709  | 938  | 1202 | 1500 | 1833 | 2200   | 2602   | 3510   | 4557   | 5741   | 11½ |
| 423  | 622  | 866  | 1156 | 1491 | 1871 | 2297 | 2767 | 3283 | 3844 | 4450 | 5101   | 5798   | 7326   | 9036   | 10 926 | 14½ |
| 77,3 | 104  | 176  | 293  | 455  | 663  | 915  | 1213 | 1556 | 1944 | 2378 | 2857   | 3380   | 4564   | 5928   | 7473   | 18½ |
| 296  | 455  | 653  | 890  | 1167 | 1484 | 1841 | 2337 | 2672 | 3147 | 3662 | 4217   | 4811   | 6117   | 7583   | 9206   | 21½ |
| 58,6 | 98,2 | 177  | 296  | 455  | 653  | 890  | 1167 | 1484 | 1841 | 2237 | 2672   | 3147   | 4217   | 5444   | 6830   | 23½ |
| 1049 | 1454 | 1944 | 2519 | 3179 | 3923 | 4753 | 5667 | 6666 | 7750 | 8918 | 10 171 | 11 510 | 14 440 | 17 710 | 21 319 | 26  |
| 275  | 294  | 397  | 586  | 859  | 1217 | 1659 | 2187 | 2799 | 3496 | 4278 | 5145   | 6096   | 8253   | 10 750 | 13 586 | 30  |
| 893  | 1265 | 1720 | 2258 | 2879 | 3584 | 4372 | 5243 | 6197 | 7235 | 8356 | 9560   | 10 847 | 13 671 | 16 827 | 20 137 | 32  |
| 237  | 281  | 408  | 619  | 913  | 1290 | 1750 | 2293 | 2919 | 3629 | 4422 | 5298   | 6257   | 8426   | 10 927 | 13 760 | 34  |
| 669  | 1012 | 1440 | 1953 | 2553 | 3237 | 4008 | 4864 | 5805 | 6833 | 7945 | 9144   | 10 428 | 13 253 | 16 420 | 19 929 | 36  |
| 156  | 241  | 413  | 669  | 1012 | 1440 | 1953 | 2553 | 3237 | 4038 | 4864 | 5805   | 6833   | 9144   | 11 797 | 14 793 | 38  |
| 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  | 120  | 130    | 140    | 160    | 180    | 200    |     |

**Zahlentafel XI: Lamellen und Stehbleche.**

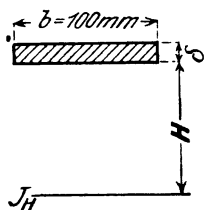
**1. Lamellen: Trägheitsmomente  $J_H$  in  $\text{cm}^4$  für eine Breite von 100 mm.**

| H<br>mm | Trägheitsmomente $J_H$ in $\text{cm}^4$ für eine Breite $b = 100$ mm und eine Dicke $\delta$ (in mm) von |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | 8  | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |
| 40      | 155  | 179    | 203    | 229    | 255    | 283    | 312    | 341    | 372    | 404    | 437    | 471    | 507    |
| 50      | 234  | 268    | 303    | 340    | 378    | 417    | 457    | 499    | 542    | 586    | 631    | 678    | 727    |
| 52,5    | 256  | 293    | 331    | 371    | 412    | 454    | 498    | 543    | 589    | 637    | 686    | 736    | 788    |
| 58,75   | 315  | 361    | 407    | 455    | 505    | 555    | 608    | 661    | 716    | 773    | 831    | 891    | 952    |
| 60      | 328  | 375    | 423    | 473    | 524    | 577    | 631    | 686    | 743    | 802    | 862    | 923    | 987    |
| 70      | 439  | 500    | 563    | 628    | 695    | 763    | 832    | 904    | 977    | 1 052  | 1 128  | 1 207  | 1 287  |
| 72,5    | 469  | 534    | 601    | 670    | 741    | 813    | 887    | 963    | 1 040  | 1 119  | 1 200  | 1 283  | 1 368  |
| 80      | 565  | 643    | 723    | 805    | 889    | 975    | 1 062  | 1 151  | 1 242  | 1 336  | 1 431  | 1 528  | 1 627  |
| 90      | 707  | 804    | 903    | 1 004  | 1 107  | 1 212  | 1 320  | 1 429  | 1 540  | 1 653  | 1 769  | 1 887  | 2 007  |
| 100     | 866  | 983    | 1 103  | 1 225  | 1 350  | 1 476  | 1 605  | 1 736  | 1 870  | 2 005  | 2 143  | 2 284  | 2 427  |
| 110     | 1 040  | 1 181  | 1 323  | 1 469  | 1 616  | 1 766  | 1 919  | 2 074  | 2 231  | 2 391  | 2 554  | 2 719  | 2 887  |
| 117,5   | 1 181  | 1 340  | 1 501  | 1 665  | 1 832  | 2 001  | 2 172  | 2 347  | 2 523  | 2 703  | 2 885  | 3 070  | 3 258  |
| 120     | 1 231  | 1 396  | 1 563  | 1 734  | 1 907  | 2 082  | 2 260  | 2 441  | 2 625  | 2 811  | 3 000  | 3 192  | 3 387  |
| 130     | 1 437  | 1 629  | 1 823  | 2 021  | 2 221  | 2 424  | 2 630  | 2 839  | 3 050  | 3 265  | 3 483  | 3 703  | 3 927  |
| 140     | 1 659  | 1 880  | 2 103  | 2 330  | 2 559  | 2 792  | 3 028  | 3 266  | 3 508  | 3 753  | 4 001  | 4 252  | 4 507  |
| 150     | 1 898  | 2 149  | 2 403  | 2 661  | 2 922  | 3 186  | 3 453  | 3 724  | 3 998  | 4 275  | 4 555  | 4 839  | 5 127  |
| 160     | 2 152  | 2 436  | 2 723  | 3 014  | 3 308  | 3 606  | 3 907  | 4 211  | 4 519  | 4 831  | 5 146  | 5 464  | 5 787  |
| 170     | 2 423  | 2 741  | 3 063  | 3 389  | 3 719  | 4 052  | 4 388  | 4 729  | 5 073  | 5 421  | 5 772  | 6 128  | 6 487  |
| 180     | 2 709  | 3 064  | 3 423  | 3 786  | 4 153  | 4 524  | 4 898  | 5 276  | 5 658  | 6 045  | 6 435  | 6 829  | 7 227  |
| 190     | 3 011  | 3 405  | 3 803  | 4 205  | 4 611  | 5 021  | 5 436  | 5 854  | 6 276  | 6 702  | 7 133  | 7 568  | 8 007  |
| 200     | 3 330  | 3 764  | 4 203  | 4 646  | 5 094  | 5 545  | 6 001  | 6 461  | 6 926  | 7 394  | 7 867  | 8 345  | 8 827  |
| 212,5   | 3 750  | 4 239  | 4 731  | 5 229  | 5 731  | 6 237  | 6 748  | 7 263  | 7 783  | 8 307  | 8 836  | 9 370  | 9 908  |
| 225     | 4 196  | 4 741  | 5 291  | 5 845  | 6 405  | 6 969  | 7 538  | 8 111  | 8 690  | 9 273  | 9 861  | 10 454 | 11 052 |
| 237,5   | 4 666  | 5 271  | 5 881  | 6 497  | 7 117  | 7 742  | 8 372  | 9 007  | 9 647  | 10 292 | 10 942 | 11 597 | 12 258 |
| 250     | 5 162  | 5 830  | 6 503  | 7 182  | 7 866  | 8 555  | 9 249  | 9 949  | 10 654 | 11 364 | 12 079 | 12 800 | 13 527 |
| 275     | 6 228  | 7 031  | 7 841  | 8 656  | 9 477  | 10 303 | 11 136 | 11 974 | 12 818 | 13 667 | 14 523 | 15 384 | 16 252 |
| 300     | 7 394  | 8 345  | 9 303  | 10 267 | 11 238 | 12 214 | 13 197 | 14 186 | 15 182 | 16 183 | 17 191 | 18 206 | 19 227 |
| 325     | 8 660  | 9 772  | 10 891 | 12 016 | 13 149 | 14 288 | 15 434 | 16 586 | 17 746 | 18 912 | 20 085 | 21 265 | 22 452 |
| 350     | 10 026   | 11 311 | 12 603 | 13 903 | 15 210 | 16 524 | 17 845 | 19 174 | 20 510 | 21 853 | 23 203 | 24 561 | 25 927 |
| 375     | 11 492   | 12 962 | 14 441 | 15 927 | 17 421 | 18 922 | 20 432 | 21 949 | 23 474 | 25 006 | 26 547 | 28 096 | 29 652 |
| 400     | 13 058   | 14 726 | 16 403 | 18 088 | 19 782 | 21 483 | 23 193 | 24 911 | 26 638 | 28 372 | 30 115 | 31 867 | 33 627 |
| 425     | 14 724   | 16 603 | 18 491 | 20 387 | 22 293 | 24 207 | 26 130 | 28 061 | 30 002 | 31 951 | 33 909 | 35 881 | 37 852 |
| 450     | 16 490   | 18 592 | 20 703 | 22 824 | 24 954 | 27 093 | 29 241 | 31 399 | 33 566 | 35 742 | 37 927 | 40 122 | 42 327 |
| 475     | 18 356   | 20 693 | 23 041 | 25 398 | 27 765 | 30 141 | 32 528 | 34 924 | 37 330 | 39 745 | 42 171 | 44 606 | 47 052 |
| 500     | 20 322   | 22 907 | 25 503 | 28 109 | 30 726 | 33 352 | 35 989 | 38 636 | 41 294 | 43 961 | 46 639 | 49 328 | 52 027 |
| H       | 8  | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     | 17     | 18     | 19     | 20     |

**2. Stehbleche: Trägheitsmomente  $J_h$  in  $\text{cm}^4$  bezogen**

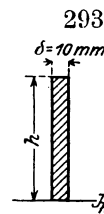
Ist das Stehblech  $\delta$  mm stark, so sind die Werte  $J_h$  der Zahlentafel mit  $0,1 \delta$  zu

| $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ | $h$<br>mm | $J_h$<br>$\text{cm}^4$ |     |      |
|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----|------|
| 30        | 9,0                    | 55        | 55,5                   | 80        | 171                    | 105       | 386                    | 130       | 732                    | 155       | 1241                   | 180       | 1944                   | 205       | 2872                   | 230       | 4056                   | 255 | 5527 |
| 1         | 9,9                    | 6         | 58,5                   | 1         | 177                    | 6         | 397                    | 1         | 749                    | 6         | 1265                   | 1         | 1977                   | 6         | 2914                   | 1         | 4109                   | 6   | 5592 |
| 2         | 10,9                   | 7         | 61,7                   | 2         | 184                    | 7         | 408                    | 2         | 767                    | 7         | 1290                   | 2         | 2010                   | 7         | 2957                   | 2         | 4162                   | 7   | 5658 |
| 3         | 12,0                   | 8         | 65,0                   | 3         | 191                    | 8         | 420                    | 3         | 784                    | 8         | 1315                   | 3         | 2043                   | 8         | 3000                   | 3         | 4216                   | 8   | 5725 |
| 4         | 13,1                   | 9         | 68,5                   | 4         | 198                    | 9         | 432                    | 4         | 802                    | 9         | 1340                   | 4         | 2077                   | 9         | 3043                   | 4         | 4271                   | 9   | 5791 |
| 35        | 14,3                   | 60        | 72,0                   | 85        | 205                    | 110       | 444                    | 135       | 820                    | 160       | 1365                   | 185       | 2111                   | 210       | 3087                   | 235       | 4326                   | 260 | 5859 |
| 6         | 15,6                   | 1         | 75,7                   | 6         | 212                    | 1         | 456                    | 6         | 838                    | 1         | 1391                   | 6         | 2145                   | 1         | 3131                   | 6         | 4381                   | 1   | 5927 |
| 7         | 16,9                   | 2         | 79,4                   | 7         | 220                    | 2         | 468                    | 7         | 857                    | 2         | 1417                   | 7         | 2180                   | 2         | 3176                   | 7         | 4437                   | 2   | 5995 |
| 8         | 18,3                   | 3         | 83,3                   | 8         | 227                    | 3         | 481                    | 8         | 876                    | 3         | 1444                   | 8         | 2215                   | 3         | 3221                   | 8         | 4494                   | 3   | 6064 |
| 9         | 19,8                   | 4         | 87,4                   | 9         | 235                    | 4         | 494                    | 9         | 895                    | 4         | 1470                   | 9         | 2250                   | 4         | 3267                   | 9         | 4551                   | 4   | 6133 |
| 40        | 21,3                   | 65        | 91,5                   | 90        | 243                    | 115       | 507                    | 140       | 915                    | 165       | 1497                   | 190       | 2286                   | 215       | 3313                   | 240       | 4608                   | 265 | 6203 |
| 1         | 23,0                   | 6         | 95,8                   | 1         | 251                    | 6         | 520                    | 1         | 934                    | 6         | 1525                   | 1         | 2323                   | 6         | 3359                   | 1         | 4666                   | 6   | 6274 |
| 2         | 24,7                   | 7         | 100                    | 2         | 260                    | 7         | 534                    | 2         | 954                    | 7         | 1552                   | 2         | 2359                   | 7         | 3406                   | 2         | 4724                   | 7   | 6345 |
| 3         | 26,5                   | 8         | 105                    | 3         | 268                    | 8         | 548                    | 3         | 975                    | 8         | 1581                   | 3         | 2396                   | 8         | 3453                   | 3         | 4783                   | 8   | 6416 |
| 4         | 28,4                   | 9         | 110                    | 4         | 277                    | 9         | 562                    | 4         | 995                    | 9         | 1609                   | 4         | 2434                   | 9         | 3501                   | 4         | 4842                   | 9   | 6488 |
| 45        | 30,4                   | 70        | 114                    | 95        | 286                    | 120       | 576                    | 145       | 1016                   | 170       | 1638                   | 195       | 2472                   | 220       | 3549                   | 245       | 4902                   | 270 | 6561 |
| 6         | 32,5                   | 1         | 119                    | 6         | 295                    | 1         | 591                    | 6         | 1037                   | 1         | 1667                   | 6         | 2510                   | 1         | 3598                   | 6         | 4962                   | 1   | 6634 |
| 7         | 34,6                   | 2         | 124                    | 7         | 304                    | 2         | 605                    | 7         | 1059                   | 2         | 1696                   | 7         | 2548                   | 2         | 3647                   | 7         | 5023                   | 2   | 6708 |
| 8         | 36,9                   | 3         | 130                    | 8         | 314                    | 3         | 620                    | 8         | 1081                   | 3         | 1726                   | 8         | 2587                   | 3         | 3697                   | 8         | 5084                   | 3   | 6782 |
| 9         | 39,2                   | 4         | 135                    | 9         | 323                    | 4         | 636                    | 9         | 1103                   | 4         | 1756                   | 9         | 2627                   | 4         | 3746                   | 9         | 5146                   | 4   | 6857 |
| 50        | 41,7                   | 75        | 141                    | 100       | 333                    | 125       | 651                    | 150       | 1125                   | 175       | 1786                   | 200       | 2667                   | 225       | 3797                   | 250       | 5208                   | 275 | 6932 |
| 1         | 44,2                   | 6         | 146                    | 1         | 343                    | 6         | 667                    | 1         | 1148                   | 6         | 1817                   | 1         | 2707                   | 6         | 3848                   | 1         | 5271                   | 6   | 7008 |
| 2         | 46,9                   | 7         | 152                    | 2         | 354                    | 7         | 683                    | 2         | 1171                   | 7         | 1848                   | 2         | 2747                   | 7         | 3899                   | 2         | 5334                   | 7   | 7085 |
| 3         | 49,6                   | 8         | 158                    | 3         | 364                    | 8         | 699                    | 3         | 1194                   | 8         | 1880                   | 3         | 2788                   | 8         | 3951                   | 3         | 5398                   | 8   | 7162 |
| 4         | 52,5                   | 9         | 164                    | 4         | 375                    | 9         | 716                    | 4         | 1217                   | 9         | 1912                   | 4         | 2830                   | 9         | 4003                   | 4         | 5462                   | 9   | 7239 |



Ist die Lamelle  $b$  mm breit, so sind die Werte  $J_H$  der Zahlen-  
tafel mit  $0,01 b$  zu multiplizieren.

Für Zwischenwerte von  $H$  kann geradlinig eingeschaltet werden.



Trägheitsmomente  $J_H$  in  $\text{cm}^4$  für eine Breite  $b = 100$  mm und eine Dicke  $\delta$  (in mm) von

| Trägheitsmomente $J_H$ in $\text{cm}^4$ für eine Breite $b = 100$ mm und eine Dicke $\delta$ (in mm) von |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | $H$   |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 21   | 22     | 23     | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     | 32     | 33     | mm    |
| 1 369  | 1 452  | 1 538  | 1 625  | 1 715  | 1 806  | 1 899  | 1 994  | 2 091  | 2 190  | 2 291  | 2 394  | 2 499  | 70    |
| 1 454  | 1 543  | 1 633  | 1 725  | 1 819  | 1 915  | 2 013  | 2 113  | 2 215  | 2 319  | 2 425  | 2 534  | 2 644  | 72,5  |
| 1 728  | 1 831  | 1 936  | 2 043  | 2 152  | 2 263  | 2 377  | 2 492  | 2 610  | 2 730  | 2 852  | 2 976  | 3 103  | 80    |
| 2 129  | 2 254  | 2 380  | 2 508  | 2 640  | 2 773  | 2 909  | 3 047  | 3 187  | 3 330  | 3 475  | 3 623  | 3 773  | 90    |
| 2 572  | 2 719  | 2 870  | 3 022  | 3 177  | 3 335  | 3 495  | 3 657  | 3 822  | 3 990  | 4 160  | 4 333  | 4 509  | 100   |
| 3 057  | 3 230  | 3 405  | 3 584  | 3 765  | 3 948  | 4 135  | 4 324  | 4 515  | 4 710  | 4 907  | 5 108  | 5 311  | 110   |
| 3 448  | 3 642  | 3 838  | 4 036  | 4 238  | 4 443  | 4 650  | 4 860  | 5 073  | 5 289  | 5 508  | 5 730  | 5 955  | 117,5 |
| 3 584  | 3 784  | 3 987  | 4 193  | 4 402  | 4 614  | 4 828  | 5 046  | 5 266  | 5 490  | 5 717  | 5 946  | 6 179  | 120   |
| 4 153  | 4 383  | 4 615  | 4 850  | 5 090  | 5 331  | 5 576  | 5 824  | 6 076  | 6 330  | 6 588  | 6 848  | 7 112  | 130   |
| 4 764  | 5 025  | 5 289  | 5 556  | 5 827  | 6 101  | 6 378  | 6 659  | 6 943  | 7 230  | 7 521  | 7 815  | 8 112  | 140   |
| 5 417  | 5 711  | 6 009  | 6 310  | 6 615  | 6 923  | 7 234  | 7 549  | 7 868  | 8 190  | 8 516  | 8 845  | 9 178  | 150   |
| 6 112  | 6 442  | 6 775  | 7 112  | 7 452  | 7 796  | 8 144  | 8 496  | 8 851  | 9 210  | 9 573  | 9 940  | 10 310 | 160   |
| 6 850  | 7 216  | 7 587  | 7 961  | 8 340  | 8 722  | 9 108  | 9 498  | 9 892  | 10 290 | 10 692 | 11 098 | 11 508 | 170   |
| 7 629  | 8 035  | 8 445  | 8 859  | 9 277  | 9 699  | 10 126 | 10 556 | 10 991 | 11 430 | 11 873 | 12 320 | 12 772 | 180   |
| 8 450  | 8 897  | 9 349  | 9 804  | 10 265 | 10 729 | 11 198 | 11 671 | 12 148 | 12 630 | 13 116 | 13 607 | 14 102 | 190   |
| 9 313  | 9 803  | 10 299 | 10 798 | 11 302 | 11 811 | 12 324 | 12 841 | 13 363 | 13 890 | 14 421 | 14 957 | 15 498 | 200   |
| 10 451   | 10 998 | 11 551 | 12 108 | 12 669 | 13 236 | 13 807 | 14 383 | 14 964 | 15 549 | 16 140 | 16 735 | 17 335 | 212,5 |
| 11 654   | 12 262 | 12 875 | 13 492 | 14 115 | 14 742 | 15 375 | 16 012 | 16 655 | 17 303 | 17 955 | 18 613 | 19 276 | 225   |
| 12 924   | 13 594 | 14 270 | 14 950 | 15 638 | 16 330 | 17 027 | 17 727 | 18 436 | 19 148 | 19 868 | 20 591 | 21 320 | 237,5 |
| 14 258   | 14 995 | 15 738 | 16 486 | 17 240 | 17 999 | 18 763 | 19 533 | 20 309 | 21 090 | 21 877 | 22 669 | 23 467 | 250   |
| 17 125   | 18 004 | 18 889 | 19 780 | 20 677 | 21 580 | 22 489 | 23 404 | 24 325 | 25 253 | 26 186 | 27 125 | 28 071 | 275   |
| 20 254   | 21 287 | 22 328 | 23 374 | 24 427 | 25 487 | 26 553 | 27 625 | 28 704 | 29 790 | 30 882 | 31 981 | 33 087 | 300   |
| 23 645   | 24 846 | 26 054 | 27 268 | 28 490 | 29 718 | 30 954 | 32 196 | 33 446 | 34 703 | 35 966 | 37 237 | 38 515 | 325   |
| 27 299   | 28 679 | 30 067 | 31 462 | 32 865 | 34 275 | 35 692 | 37 117 | 38 550 | 39 990 | 41 438 | 42 893 | 44 356 | 350   |
| 31 216   | 32 788 | 34 368 | 35 956 | 37 552 | 39 156 | 40 768 | 42 338 | 44 016 | 45 653 | 47 297 | 48 949 | 50 610 | 375   |
| 35 395   | 37 171 | 38 957 | 40 750 | 42 552 | 44 363 | 46 182 | 48 009 | 49 845 | 51 690 | 53 543 | 55 405 | 57 276 | 400   |
| 39 836   | 41 830 | 43 833 | 45 844 | 47 865 | 49 894 | 51 933 | 53 980 | 56 037 | 58 103 | 60 177 | 62 261 | 64 354 | 425   |
| 44 540   | 46 763 | 48 996 | 51 238 | 53 490 | 55 751 | 58 021 | 60 301 | 62 591 | 64 890 | 67 199 | 69 517 | 71 845 | 450   |
| 49 507   | 52 072 | 54 447 | 56 932 | 59 427 | 61 932 | 64 447 | 66 972 | 69 507 | 72 053 | 74 608 | 77 173 | 79 749 | 475   |
| 54 736   | 57 455 | 60 186 | 62 926 | 65 677 | 68 439 | 71 211 | 73 993 | 76 786 | 79 590 | 82 404 | 85 229 | 88 065 | 500   |
| 21   | 22     | 23     | 24     | 25     | 26     | 27     | 28     | 29     | 30     | 31     | 32     | 33     | $H$   |

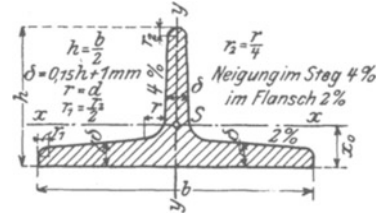
auf die untere Kante für eine Stärke von 10 mm.

multiplizieren. Für Zwischenwerte von  $h$  kann geradlinig eingeschaltet werden.

| $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         | $h$        | $J_h$         |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ | mm         | $\text{cm}^4$ |
| <b>280</b> | 7317          | <b>305</b> | 9 458         | <b>330</b> | 11 979        | <b>355</b> | 14 913        | <b>380</b> | 18 291        | <b>405</b> | 22 143        | <b>430</b> | 26 502        | <b>455</b> | 31 399        | <b>480</b> | 36 864        |
| 1          | 7396          | 6          | 9 551         | 1          | 12 088        | 6          | 15 039        | 1          | 18 435        | 6          | 22 308        | 1          | 26 688        | 6          | 31 606        | 1          | 37 095        |
| 2          | 7475          | 7          | 9 645         | 2          | 12 198        | 7          | 15 166        | 2          | 18 581        | 7          | 22 473        | 2          | 26 874        | 7          | 31 815        | 2          | 37 327        |
| 3          | 7555          | 8          | 9 739         | 3          | 12 309        | 8          | 15 294        | 3          | 18 727        | 8          | 22 639        | 3          | 27 061        | 8          | 32 024        | 3          | 37 560        |
| 4          | 7635          | 9          | 9 835         | 4          | 12 420        | 9          | 15 423        | 4          | 18 874        | 9          | 22 806        | 4          | 27 249        | 9          | 32 234        | 4          | 37 793        |
| <b>285</b> | 7716          | <b>310</b> | 9 930         | <b>335</b> | 12 532        | <b>360</b> | 15 552        | <b>385</b> | 19 022        | <b>410</b> | 22 974        | <b>435</b> | 27 438        | <b>460</b> | 32 445        | <b>485</b> | 38 028        |
| 6          | 7798          | 1          | 10 027        | 6          | 12 644        | 1          | 15 682        | 6          | 19 171        | 1          | 23 142        | 6          | 27 627        | 1          | 32 657        | 6          | 38 264        |
| 7          | 7880          | 2          | 10 124        | 7          | 12 758        | 2          | 15 813        | 7          | 19 320        | 2          | 23 312        | 7          | 27 818        | 2          | 32 870        | 7          | 38 500        |
| 8          | 7963          | 3          | 10 221        | 8          | 12 871        | 3          | 15 944        | 8          | 19 470        | 3          | 23 482        | 8          | 28 009        | 3          | 33 084        | 8          | 38 738        |
| 9          | 8046          | 4          | 10 320        | 9          | 12 986        | 4          | 16 076        | 9          | 19 621        | 4          | 23 653        | 9          | 28 202        | 4          | 33 299        | 9          | 38 977        |
| <b>290</b> | 8130          | <b>315</b> | 10 419        | <b>340</b> | 13 101        | <b>365</b> | 16 209        | <b>390</b> | 19 773        | <b>415</b> | 23 824        | <b>440</b> | 28 395        | <b>465</b> | 33 515        | <b>490</b> | 39 216        |
| 1          | 8214          | 6          | 10 518        | 1          | 13 217        | 6          | 16 343        | 1          | 19 925        | 6          | 23 997        | 1          | 28 589        | 6          | 33 732        | 1          | 39 457        |
| 2          | 8299          | 7          | 10 618        | 2          | 13 334        | 7          | 16 477        | 2          | 20 079        | 7          | 24 171        | 2          | 28 784        | 7          | 33 949        | 2          | 39 699        |
| 3          | 8385          | 8          | 10 719        | 3          | 13 451        | 8          | 16 612        | 3          | 20 233        | 8          | 24 345        | 3          | 28 979        | 8          | 34 168        | 3          | 39 941        |
| 4          | 8471          | 9          | 10 821        | 4          | 13 569        | 9          | 16 748        | 4          | 20 388        | 9          | 24 520        | 4          | 29 176        | 9          | 34 387        | 4          | 40 185        |
| <b>295</b> | 8557          | <b>320</b> | 10 923        | <b>345</b> | 13 688        | <b>370</b> | 16 884        | <b>395</b> | 20 543        | <b>420</b> | 24 696        | <b>445</b> | 29 374        | <b>470</b> | 34 608        | <b>495</b> | 40 429        |
| 6          | 8645          | 1          | 11 025        | 6          | 13 807        | 1          | 17 022        | 6          | 20 700        | 1          | 24 873        | 6          | 29 572        | 1          | 34 829        | 6          | 40 675        |
| 7          | 8733          | 2          | 11 129        | 7          | 13 927        | 2          | 17 160        | 7          | 20 857        | 2          | 25 050        | 7          | 29 772        | 2          | 35 051        | 7          | 40 921        |
| 8          | 8821          | 3          | 11 233        | 8          | 14 048        | 3          | 17 298        | 8          | 21 015        | 3          | 25 229        | 8          | 29 972        | 3          | 35 275        | 8          | 41 169        |
| 9          | 8910          | 4          | 11 337        | 9          | 14 170        | 4          | 17 438        | 9          | 21 174        | 4          | 25 408        | 9          | 30 173        | 4          | 35 499        | 9          | 41 417        |
| <b>300</b> | 9000          | <b>325</b> | 11 443        | <b>350</b> | 14 292        | <b>375</b> | 17 578        | <b>400</b> | 21 333        | <b>425</b> | 25 589        | <b>450</b> | 30 375        | <b>475</b> | 35 724        | <b>500</b> | 41 667        |
| 1          | 9090          | 6          | 11 549        | 1          | 14 415        | 6          | 17 719        | 1          | 21 494        | 6          | 25 770        | 1          | 30 578        | 6          | 35 950        | 1          | 41 917        |
| 2          | 9181          | 7          | 11 655        | 2          | 14 538        | 7          | 17 861        | 2          | 21 655        | 7          | 25 951        | 2          | 30 782        | 7          | 36 177        | 2          | 42 169        |
| 3          | 9273          | 8          | 11 763        | 3          | 14 662        | 8          | 18 003        | 3          | 21 817        | 8          | 26 134        | 3          | 30 987        | 8          | 36 405        | 3          | 42 421        |
| 4          | 9365          | 9          | 11 870        | 4          | 14 787        | 9          | 18 147        | 4          | 21 980        | 9          | 26 318        | 4          | 31 192        | 9          | 36 634        | 4          | 42 675        |

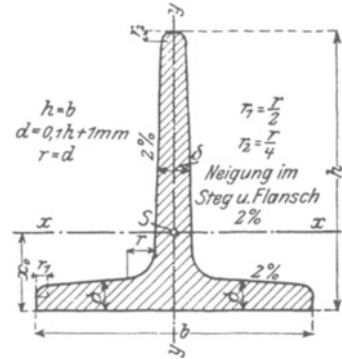
**1. L-Eisen.**

| Profil Nr. | Abmessungen |          |                 | Querschnitt $F$ | Gewicht $g$ | Abst. d. Schwerpunkts $x_0$ | Trägheitsmomente für die Schwerachsen |       |             | Widerstandsmomente für die Schwerachsen |       | Profil Nr. |
|------------|-------------|----------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------|-------------|---|-------|------------|
|            | Breite $b$  | Höhe $h$ | Stärke $\delta$ |                 |             |                             | $J_x$                                 | $J_y$ | Kante $J_b$ | $W_x$                                   | $W_y$ |            |



**Breitfüßige L-Eisen.**

|       |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 6/3   | 60  | 30  | 5,5  | 4,64 | 3,64 | 6,7  | 2,58 | 8,62 | 4,70 | 1,11 | 2,87 | 6/3   |
| 7/3½  | 70  | 35  | 6    | 5,94 | 4,66 | 7,7  | 4,49 | 15,1 | 8,00 | 1,65 | 4,31 | 7/3½  |
| 8/4   | 80  | 40  | 7    | 7,91 | 6,21 | 8,8  | 7,81 | 28,5 | 14,0 | 2,50 | 7,13 | 8/4   |
| 9/4½  | 90  | 45  | 8    | 10,2 | 8,01 | 10,0 | 12,7 | 46,1 | 23,0 | 3,64 | 10,2 | 9/4½  |
| 10/5  | 100 | 50  | 8,5  | 12,0 | 9,42 | 10,9 | 18,7 | 67,7 | 33,1 | 4,78 | 13,5 | 10/5  |
| 12/6  | 120 | 60  | 10   | 17,0 | 13,4 | 13,0 | 38,0 | 137  | 66,5 | 8,09 | 22,8 | 12/6  |
| 14/7  | 140 | 70  | 11,5 | 22,8 | 17,9 | 15,1 | 68,9 | 258  | 121  | 12,6 | 36,9 | 14/7  |
| 16/8  | 160 | 80  | 13   | 29,5 | 23,2 | 17,2 | 117  | 422  | 204  | 18,6 | 52,8 | 16/8  |
| 18/9  | 180 | 90  | 14,5 | 37,0 | 29,0 | 19,3 | 185  | 670  | 323  | 26,1 | 74,4 | 18/9  |
| 20/10 | 200 | 100 | 16,0 | 45,4 | 35,6 | 21,4 | 277  | 1000 | 486  | 35,3 | 100  | 20/10 |



**Hochstegige L-Eisen.**

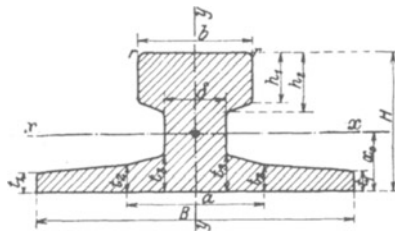
|       |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2/2   | 20  | 20  | 3   | 1,12 | 0,88 | 5,8  | 0,38 | 0,20 | 0,75 | 0,27 | 0,20 | 2/2   |
| 2½/2½ | 25  | 25  | 3,5 | 1,64 | 1,29 | 7,3  | 0,87 | 0,43 | 1,74 | 0,49 | 0,34 | 2½/2½ |
| 3/3   | 30  | 30  | 4   | 2,26 | 1,77 | 8,5  | 1,72 | 0,87 | 3,35 | 0,80 | 0,58 | 3/3   |
| 3½/3½ | 35  | 35  | 4,5 | 2,97 | 2,33 | 9,9  | 3,10 | 1,57 | 6,01 | 1,23 | 0,90 | 3½/3½ |
| 4/4   | 40  | 40  | 5   | 3,77 | 2,96 | 11,2 | 5,28 | 2,58 | 10,0 | 1,84 | 1,29 | 4/4   |
| 4½/4½ | 45  | 45  | 5,5 | 4,67 | 3,67 | 12,6 | 8,13 | 4,01 | 15,5 | 2,51 | 1,78 | 4½/4½ |
| 5/5   | 50  | 50  | 6   | 5,66 | 4,44 | 13,9 | 12,1 | 6,06 | 23,0 | 3,36 | 2,42 | 5/5   |
| 6/6   | 60  | 60  | 7   | 7,94 | 6,23 | 16,6 | 23,8 | 12,2 | 45,7 | 5,48 | 4,07 | 6/6   |
| 7/7   | 70  | 70  | 8   | 10,6 | 8,32 | 19,4 | 44,5 | 22,1 | 84,4 | 8,79 | 6,32 | 7/7   |
| 8/8   | 80  | 80  | 9   | 13,6 | 10,7 | 22,2 | 73,7 | 37,0 | 144  | 12,8 | 9,25 | 8/8   |
| 9/9   | 90  | 90  | 10  | 17,1 | 13,4 | 24,8 | 119  | 58,5 | 224  | 18,2 | 13,0 | 9/9   |
| 10/10 | 100 | 100 | 11  | 20,9 | 16,4 | 27,4 | 179  | 88,3 | 335  | 24,6 | 17,7 | 10/10 |
| 12/12 | 120 | 120 | 13  | 29,6 | 23,2 | 32,8 | 366  | 178  | 684  | 42,0 | 29,7 | 12/12 |
| 14/14 | 140 | 140 | 15  | 39,9 | 21,3 | 38,0 | 660  | 330  | 1236 | 64,7 | 47,2 | 14/14 |

**2. Handleisteneisen.**

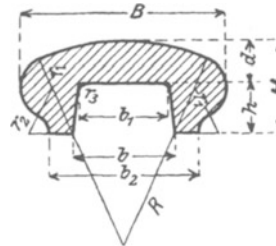
$R = B$ .  $H = 0,45 B$ .  $d = 0,2 B$ .  
 $b = 0,5 B$ .  $h = 0,25 B$ .  $r_1 = 0,15 B$ .  
 $r_2 = 0,10 B$ .  $r_3 = 0,05 B$ .  
 $b_1 = 0,45 B$ .  $b_2 = 0,75 B$ .

| Profil Nr. | Abmessungen |     |     |     | Querschnitt $F$ | Gewicht $g$ |
|------------|-------------|-----|-----|-----|-----------------|-------------|
|            | $B$         | $H$ | $b$ | $h$ |                 |             |
| 4          | 40          | 18  | 20  | 10  | 4,20            | 3,30        |
| 6          | 60          | 27  | 30  | 15  | 9,46            | 7,43        |
| 8          | 80          | 36  | 40  | 20  | 16,8            | 13,2        |
| 10         | 100         | 45  | 50  | 25  | 26,3            | 20,7        |
| 12         | 120         | 54  | 60  | 30  | 37,8            | 29,7        |

Laufkranschiene.



Handleisteneisen.



**3. Laufkranschiene**

der G. B. A. G. Abt. Aachener Hütten-Verein, Aachen-Rote Erde.

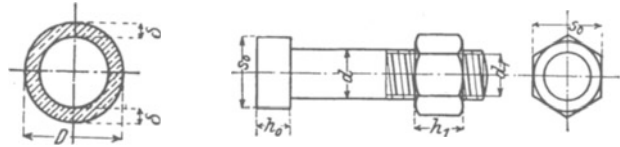
| Profil Nr. | Abmessungen |            |       |            |               |       |       |        |      |                 |       | Gewicht $g$ | Abstand des Schwerpunkts $x_0$ | Trägheitsmomente |       | Widerstandsmomente |                      | Der zulässige Raddruck $R = D(b-2r)k$ ergibt sich in Tonnen für |      |      |      |      |
|------------|-------------|------------|-------|------------|---------------|-------|-------|--------|------|-----------------|-------|-------------|--------------------------------|------------------|-------|--------------------|----------------------|---|------|------|------|------|
|            | Höhe $H$    | Breite $B$ | Kopf  |            | Stärke im     |       |       | Radius |      | Querschnitt $F$ | $J_x$ |             |                                | $J_y$            | $W_x$ | $W_y$              | einen Raddurchm. $D$ | u. eine zulässige Beanspr. $k =$                                |      |      |      |      |
|            |             | $h_1$      | $h_2$ | Breite $b$ | Steg $\delta$ | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$  | $a$  | $r$             |       |             |                                |                  | mm    | 40                 | 50                   | 60  |      |      |      |      |
| 1          | 55          | 125        | 20    | 23,5       | 45            | 24    | 8     | 11     | 14,5 | 54              | 3     | 28,7        | 22,5                           | 22,7             | 94,1  | 182                | 29,1                 | 29,2  | 400  | 6,2  | 7,8  | 9,4  |
| 2          | 65          | 150        | 25    | 28,5       | 55            | 31    | 9     | 12,5   | 17,5 | 66              | 4     | 41,1        | 32,2                           | 26,5             | 185   | 329                | 48,0                 | 43,8  | 600  | 11,3 | 14,1 | 16,9 |
| 3          | 75          | 175        | 30    | 34         | 65            | 38    | 10    | 14     | 20   | 78              | 5     | 55,8        | 43,8                           | 30,6             | 329   | 646                | 74,0                 | 73,8  | 800  | 17,6 | 22,0 | 26,4 |
| 4          | 85          | 200        | 35    | 39,5       | 75            | 45    | 11    | 15,4   | 22   | 90              | 6     | 72,6        | 57,0                           | 35,2             | 523   | 989                | 105                  | 98,9  | 1000 | 25,2 | 31,5 | 37,8 |

$D$      $R$      $R$      $R$

**Zahlentafel XIII: Gußeiserne Hohlensäulen, Whitworthsches Gewinde, Gewichte der Nietköpfe, Schlesische Zinkblechlehre.** 295

**1. Gußeiserne Hohlensäulen.**

| Äußerer Durchmesser<br><i>D</i><br>mm | Wandstärke<br>$\delta$<br>mm | Querschnitt<br><i>F</i><br>qcm | Gewicht<br><i>g</i><br>kg/m | Trägheitsmoment<br><i>J</i><br>cm <sup>4</sup> | Widerstandsmoment<br><i>W</i><br>cm <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|--|
| 100                                   | 12                           | 33,2                           | 24,1                        | 327  | 65,4   |
|                                       | 15                           | 40,1                           | 29,0                        | 373  | 74,6   |
|                                       | 18                           | 46,4                           | 33,6                        | 409  | 81,7   |
| 110                                   | 12                           | 37,0                           | 26,8                        | 450  | 81,9   |
|                                       | 15                           | 44,8                           | 32,5                        | 518  | 94,1   |
|                                       | 18                           | 52,0                           | 37,7                        | 572  | 104  |
| 120                                   | 12                           | 40,7                           | 29,5                        | 601  | 100  |
|                                       | 15                           | 49,5                           | 35,9                        | 696  | 116  |
|                                       | 18                           | 57,7                           | 41,8                        | 774  | 129  |
| 130                                   | 15                           | 54,2                           | 39,3                        | 911  | 140  |
|                                       | 18                           | 63,3                           | 45,9                        | 1 019  | 157  |
|                                       | 20                           | 69,1                           | 50,1                        | 1 080  | 166  |
| 140                                   | 15                           | 58,9                           | 42,7                        | 1 167  | 167  |
|                                       | 18                           | 69,0                           | 50,0                        | 1 311  | 187  |
|                                       | 20                           | 75,4                           | 54,7                        | 1 395  | 199  |
| 150                                   | 15                           | 63,6                           | 46,1                        | 1 467  | 196  |
|                                       | 18                           | 74,7                           | 54,1                        | 1 656  | 221  |
|                                       | 20                           | 81,7                           | 59,2                        | 1 767  | 236  |
| 175                                   | 15                           | 75,4                           | 54,7                        | 2 434  | 278  |
|                                       | 20                           | 97,4                           | 70,6                        | 2 973  | 340  |
|                                       | 25                           | 118                            | 85,4                        | 3 405  | 388  |
| 200                                   | 15                           | 87,2                           | 63,2                        | 3 754  | 375  |
|                                       | 20                           | 113                            | 82,0                        | 4 637  | 464  |
|                                       | 25                           | 137                            | 99,7                        | 5 369  | 537  |
| 225                                   | 30                           | 160                            | 116,2                       | 5 968  | 597  |
|                                       | 20                           | 129                            | 93,4                        | 6 831  | 607  |
|                                       | 25                           | 157                            | 113,9                       | 7 977  | 709  |
| 250                                   | 30                           | 184                            | 133,3                       | 8 942  | 795  |
|                                       | 20                           | 145                            | 104,8                       | 9 630  | 770  |
|                                       | 25                           | 177                            | 128,1                       | 11 320   | 906  |
| 275                                   | 30                           | 207                            | 150,4                       | 12 780   | 1022   |
|                                       | 35                           | 236                            | 171,4                       | 14 020   | 1122   |
|                                       | 25                           | 196                            | 142,4                       | 15 490   | 1127   |
| 300                                   | 30                           | 231                            | 167,4                       | 17 590   | 1279   |
|                                       | 35                           | 264                            | 191,3                       | 19 400   | 1411   |
|                                       | 25                           | 216                            | 156,6                       | 20 590   | 1372   |
| 350                                   | 30                           | 254                            | 184,5                       | 23 480   | 1565   |
|                                       | 35                           | 291                            | 211,3                       | 26 020   | 1735   |
|                                       | 30                           | 302                            | 218,7                       | 38 940   | 2225   |
| 400                                   | 35                           | 346                            | 251,1                       | 43 490   | 2485   |
|                                       | 40                           | 390                            | 282,5                       | 47 580   | 2719   |
|                                       | 30                           | 349                            | 252,8                       | 60 070   | 3003   |
| 400                                   | 35                           | 401                            | 290,9                       | 67 450   | 3378   |
|                                       | 40                           | 452                            | 328,0                       | 74 190   | 3710   |



**2. Whitworthsches Gewinde.**

| Gewinde-<br>durchmesser<br><i>d</i><br>engl.<br>Zoll | Kern-<br>durchmesser<br><i>d</i><br>mm | Anzahl<br>der Ge-<br>winde-<br>gänge<br>auf<br>1'' engl. | Höhe<br>der<br>Mutter<br>des<br>Kopfes |                | Schlüssel-<br>weite<br><i>s</i><br>mm | Querschnitt<br>im                    |                                      | Gewinde-<br>durch-<br>messer<br><i>d</i><br>engl.<br>Zoll |                |
|--|--|--|--|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------|
|  |  |  | <i>h</i><br>mm                         | <i>h</i><br>mm |                                       | Schaft<br>$\frac{\pi d^2}{4}$<br>qcm | Kern<br>$\frac{\pi d_1^2}{4}$<br>qcm |   |                |
| $\frac{1}{4}$  | 6,35                                   | 4,72   | 20                                     | 6              | 4                                     | 13                                   | 0,32                                 | 0,17  | $\frac{1}{4}$  |
| $\frac{5}{16}$                                       | 7,94                                   | 6,13   | 18                                     | 8              | 6                                     | 16                                   | 0,49                                 | 0,30  | $\frac{5}{16}$ |
| $\frac{3}{8}$  | 9,52                                   | 7,49   | 16                                     | 10             | 7                                     | 19                                   | 0,71                                 | 0,44  | $\frac{3}{8}$  |
| $\frac{7}{16}$                                       | 11,1                                   | 8,79   | 14                                     | 11             | 8                                     | 21                                   | 0,97                                 | 0,61  | $\frac{7}{16}$ |
| $\frac{1}{2}$  | 12,7                                   | 9,99   | 12                                     | 13             | 9                                     | 23                                   | 1,27                                 | 0,78  | $\frac{1}{2}$  |
| $\frac{5}{8}$  | 15,9                                   | 12,9   | 11                                     | 16             | 11                                    | 27                                   | 1,98                                 | 1,31  | $\frac{5}{8}$  |
| $\frac{3}{4}$  | 19,1                                   | 15,8   | 10                                     | 19             | 13                                    | 33                                   | 2,85                                 | 1,96  | $\frac{3}{4}$  |
| $\frac{7}{8}$  | 22,2                                   | 18,6   | 9                                      | 22             | 15                                    | 36                                   | 3,88                                 | 2,72  | $\frac{7}{8}$  |
| <b>1</b>   | 25,4                                   | 21,3   | 8                                      | 25             | 18                                    | 40                                   | 5,07                                 | 3,57  | <b>1</b>       |
| $1\frac{1}{8}$                                       | 28,6                                   | 23,9   | 7                                      | 29             | 20                                    | 45                                   | 6,41                                 | 4,49  | $1\frac{1}{8}$ |
| $1\frac{1}{4}$                                       | 31,7                                   | 27,1   | 7                                      | 32             | 22                                    | 50                                   | 7,91                                 | 5,77  | $1\frac{1}{4}$ |
| $1\frac{3}{8}$                                       | 34,9                                   | 29,5   | 6                                      | 35             | 24                                    | 54                                   | 9,57                                 | 6,83  | $1\frac{3}{8}$ |
| $1\frac{1}{2}$                                       | 38,1                                   | 32,7   | 6                                      | 38             | 27                                    | 58                                   | 11,4                                 | 8,39  | $1\frac{1}{2}$ |
| $1\frac{5}{8}$                                       | 41,3                                   | 34,8   | 5                                      | 41             | 29                                    | 63                                   | 13,4                                 | 9,49  | $1\frac{5}{8}$ |
| $1\frac{3}{4}$                                       | 44,4                                   | 37,9   | 5                                      | 44             | 32                                    | 67                                   | 15,5                                 | 11,3  | $1\frac{3}{4}$ |
| $1\frac{7}{8}$                                       | 47,6                                   | 40,4   | 4 $\frac{1}{2}$                        | 48             | 34                                    | 72                                   | 17,8                                 | 12,8  | $1\frac{7}{8}$ |
| <b>2</b>   | 50,8                                   | 43,6   | 4 $\frac{1}{2}$                        | 51             | 36                                    | 76                                   | 20,3                                 | 14,9  | <b>2</b>       |
| $2\frac{1}{4}$                                       | 57,1                                   | 49,0   | 4                                      | 57             | 40                                    | 85                                   | 25,6                                 | 18,9  | $2\frac{1}{4}$ |
| $2\frac{1}{2}$                                       | 63,5                                   | 55,4   | 4                                      | 64             | 45                                    | 94                                   | 31,7                                 | 24,1  | $2\frac{1}{2}$ |
| $2\frac{3}{4}$                                       | 69,8                                   | 60,6   | 3 $\frac{1}{2}$                        | 70             | 49                                    | 103                                  | 38,3                                 | 28,8  | $2\frac{3}{4}$ |
| <b>3</b>   | 76,2                                   | 66,9   | 3 $\frac{1}{2}$                        | 76             | 53                                    | 112                                  | 45,6                                 | 35,2  | <b>3</b>       |
| $3\frac{1}{4}$                                       | 82,5                                   | 72,6   | 3 $\frac{1}{4}$                        | 83             | 58                                    | 121                                  | 53,5                                 | 41,3  | $3\frac{1}{4}$ |
| $3\frac{1}{2}$                                       | 88,9                                   | 78,9   | 3 $\frac{1}{4}$                        | 89             | 62                                    | 130                                  | 62,1                                 | 48,9  | $3\frac{1}{2}$ |
| $3\frac{3}{4}$                                       | 95,2                                   | 84,4   | 3                                      | 95             | 67                                    | 138                                  | 71,2                                 | 55,9  | $3\frac{3}{4}$ |
| <b>4</b>   | 101,6                                  | 90,8   | 3                                      | 102            | 71                                    | 147                                  | 81,0                                 | 64,7  | <b>4</b>       |
| $4\frac{1}{4}$                                       | 108,0                                  | 96,7   | 2 $\frac{3}{8}$                        | 108            | 76                                    | 156                                  | 91,6                                 | 73,3  | $4\frac{1}{4}$ |
| $4\frac{1}{2}$                                       | 114,3                                  | 103,0  | 2 $\frac{3}{8}$                        | 114            | 80                                    | 165                                  | 103                                  | 83,3  | $4\frac{1}{2}$ |
| $4\frac{3}{4}$                                       | 120,7                                  | 108,8  | 2 $\frac{3}{4}$                        | 121            | 85                                    | 174                                  | 114                                  | 93,3  | $4\frac{3}{4}$ |
| <b>5</b>   | 127,0                                  | 115,2  | 2 $\frac{3}{4}$                        | 127            | 89                                    | 183                                  | 127                                  | 104   | <b>5</b>       |
| $5\frac{1}{4}$                                       | 133,4                                  | 121,7  | 2 $\frac{5}{8}$                        | 133            | 93                                    | 192                                  | 140                                  | 116   | $5\frac{1}{4}$ |
| $5\frac{1}{2}$                                       | 139,7                                  | 127,5  | 2 $\frac{5}{8}$                        | 140            | 98                                    | 201                                  | 153                                  | 128   | $5\frac{1}{2}$ |
| $5\frac{3}{4}$                                       | 146,1                                  | 133,1  | 2 $\frac{1}{2}$                        | 146            | 102                                   | 209                                  | 167                                  | 139   | $5\frac{3}{4}$ |
| <b>6</b>   | 152,4                                  | 139,4  | 2 $\frac{1}{2}$                        | 152            | 106                                   | 218                                  | 182                                  | 153   | <b>6</b>       |

**3. Gewichte der Nietköpfe für 1000 Stück.**

| Nietdurchmesser <i>d</i> =  | 8    | 10   | 13   | 16   | 20   | 23   | 26   | 30    | mm |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----|
| Gewicht von 1000 Nietköpfen | 2,36 | 4,60 | 10,1 | 18,9 | 36,8 | 56,0 | 80,9 | 124,3 | kg |

**4. Schlesische Zinkblechlehre.**

| Nr. der Lehre     | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | mm    |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Dicke . . . . .   | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,58 | 0,66 | 0,74 | 0,82 | 0,95 | 1,08 | 1,21 | 1,34 | 1,47 | 1,60 | 1,78 | 1,96 | mm    |
| Gewicht . . . . . | 1,80 | 2,16 | 2,52 | 2,88 | 3,24 | 3,60 | 4,18 | 4,75 | 5,33 | 5,90 | 6,84 | 7,78 | 8,71 | 9,65 | 10,6 | 11,5 | 12,8 | 14,1 | kg/qm |

Blechträger.

Es bedeutet:

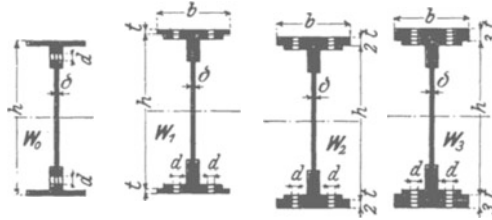
$\left. \begin{matrix} W_0 \\ W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{matrix} \right\}$  das Widerstandsmoment  $\left\{ \begin{matrix} \text{ohne} \\ \text{mit je einer} \\ \text{mit je zwei} \\ \text{mit je drei} \end{matrix} \right\}$  Lamellen oben und unten bei Berücksichtigung der Nietverschwächungen.  
 in  $\text{cm}^3$

Für zwischenliegende Werte der Stehblechhöhe  $h$  ist geradlinig einzuschalten.

| Nr. | Winkel<br>mm | Lamelle<br>$\frac{b}{t}$<br>mm | Nietdurch-<br>messer<br>$a$<br>mm | Stehblech:         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----|--------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     |              |                                |                                   | $\frac{h}{\delta}$ | 400<br>10 | 440<br>10 | 480<br>10 | 520<br>10 | 560<br>10 | 600<br>10 | 640<br>10 | 680<br>10 | 720<br>10 | 760<br>10 | 800<br>10 |
| 1   | 70·70·9      | 160<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 891       | 1020      | 1150      | 1290      | 1430      | 1580      | 1730      | 1890      | 2060      | 2230      | 2400      |
| 2   |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1330      | 1510      | 1700      | 1890      | 2090      | 2290      | 2500      | 2710      | 2930      | 3160      | 3380      |
| 3   |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 1780      | 2000      | 2250      | 2470      | 2720      | 2960      | 3220      | 3480      | 3740      | 4010      | 4290      |
| 4   | 70·70·11     | 160<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1020      | 1160      | 1310      | 1460      | 1620      | 1790      | 1960      | 2130      | 2310      | 2500      | 2690      |
| 5   |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1450      | 1640      | 1850      | 2050      | 2260      | 2480      | 2710      | 2940      | 3170      | 3410      | 3660      |
| 6   |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 1890      | 2130      | 2370      | 2630      | 2890      | 3150      | 3420      | 3690      | 3970      | 4260      | 4540      |
| 7   | 75·75·8      | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 868       | 992       | 1120      | 1260      | 1400      | 1550      | 1700      | 1860      | 2020      | 2190      | 2360      |
| 8   |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1400      | 1580      | 1770      | 1970      | 2170      | 2380      | 2600      | 2830      | 3040      | 3270      | 3510      |
| 9   |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 1920      | 2160      | 2410      | 2660      | 2910      | 3180      | 3440      | 3730      | 4000      | 4280      | 4570      |
| 10  | 75·75·10     | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1010      | 1150      | 1300      | 1450      | 1610      | 1780      | 1950      | 2120      | 2300      | 2490      | 2680      |
| 11  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1520      | 1730      | 1940      | 2150      | 2370      | 2600      | 2830      | 3070      | 3310      | 3560      | 3810      |
| 12  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2040      | 2300      | 2560      | 2830      | 3100      | 3390      | 3670      | 3960      | 4260      | 4560      | 4870      |
| 13  | 75·75·12     | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1150      | 1300      | 1470      | 1640      | 1820      | 2000      | 2180      | 2380      | 2570      | 2780      | 2990      |
| 14  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1650      | 1860      | 2090      | 2320      | 2560      | 2800      | 3050      | 3300      | 3570      | 3830      | 4100      |
| 15  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2160      | 2430      | 2710      | 3000      | 3290      | 3580      | 3890      | 4190      | 4510      | 4830      | 5150      |
| 16  | 80·80·8      | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 919       | 1050      | 1190      | 1330      | 1480      | 1630      | 1790      | 1950      | 2120      | 2290      | 2475      |
| 17  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1440      | 1630      | 1830      | 2030      | 2240      | 2450      | 2670      | 2910      | 3130      | 3370      | 3610      |
| 18  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 1960      | 2210      | 2460      | 2710      | 2980      | 3250      | 3520      | 3810      | 4080      | 4380      | 4670      |
| 19  | 80·80·10     | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1070      | 1220      | 1380      | 1540      | 1710      | 1880      | 2060      | 2240      | 2430      | 2620      | 2820      |
| 20  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1570      | 1780      | 2000      | 2220      | 2450      | 2690      | 2930      | 3170      | 3420      | 3670      | 3940      |
| 21  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2080      | 2360      | 2630      | 2900      | 3180      | 3470      | 3760      | 4060      | 4370      | 4680      | 4990      |
| 22  | 80·80·12     | 180<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1220      | 1390      | 1560      | 1740      | 1930      | 2120      | 2320      | 2520      | 2720      | 2940      | 3150      |
| 23  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1710      | 1930      | 2170      | 2410      | 2660      | 2910      | 3170      | 3430      | 3700      | 3970      | 4250      |
| 24  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2220      | 2500      | 2780      | 3080      | 3380      | 3680      | 3990      | 4310      | 4640      | 4960      | 5300      |
| 25  | 90·90·9      | 200<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1100      | 1250      | 1410      | 1580      | 1750      | 1920      | 2110      | 2290      | 2490      | 2690      | 2890      |
| 26  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1680      | 1900      | 2130      | 2360      | 2600      | 2850      | 3100      | 3360      | 3620      | 3890      | 4160      |
| 27  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2270      | 2550      | 2840      | 3140      | 3440      | 3750      | 4070      | 4380      | 4710      | 5040      | 5370      |
| 28  | 90·90·11     | 200<br>10                      | 20                                | $W_0$ ==           | 1270      | 1440      | 1620      | 1810      | 2010      | 2210      | 2410      | 2620      | 2830      | 3060      | 3280      |
| 29  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1830      | 2070      | 2320      | 2580      | 2840      | 3110      | 3380      | 3660      | 3940      | 4240      | 4530      |
| 30  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2420      | 2720      | 3030      | 3350      | 3670      | 4000      | 4340      | 4680      | 5020      | 5380      | 5730      |
| 31  | 90·90·13     | 200<br>10                      | 23                                | $W_0$ ==           | 1410      | 1600      | 1800      | 2000      | 2210      | 2430      | 2650      | 2880      | 3110      | 3350      | 3590      |
| 32  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 2030      | 2300      | 2580      | 2860      | 3150      | 3450      | 3750      | 4050      | 4370      | 4690      | 5010      |
| 33  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2710      | 3050      | 3400      | 3750      | 4110      | 4470      | 4840      | 5220      | 5610      | 6000      | 6390      |
| 34  | 100·100·10   | 220<br>10                      | 23                                | $W_0$ ==           | 1270      | 1450      | 1630      | 1820      | 2010      | 2210      | 2420      | 2630      | 2840      | 3070      | 3290      |
| 35  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 1880      | 2130      | 2390      | 2650      | 2920      | 3190      | 3480      | 3760      | 4050      | 4350      | 4660      |
| 36  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2530      | 2840      | 3160      | 3490      | 3830      | 4170      | 4520      | 4870      | 5230      | 5600      | 5970      |
| 37  | 100·100·12   | 220<br>10                      | 23                                | $W_0$ ==           | 1460      | 1660      | 1860      | 2070      | 2290      | 2510      | 2740      | 2980      | 3220      | 3470      | 3720      |
| 38  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 2170      | 2460      | 2750      | 3050      | 3360      | 3670      | 3990      | 4310      | 4640      | 4980      | 5320      |
| 39  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 2940      | 3310      | 3680      | 4060      | 4440      | 4830      | 5230      | 5640      | 6050      | 6470      | 6890      |
| 40  | 100·100·14   | 220<br>10                      | 23                                | $W_0$ ==           | 1630      | 1850      | 2080      | 2320      | 2560      | 2810      | 3060      | 3320      | 3590      | 3860      | 4130      |
| 41  |              |                                |                                   | $W_1$ ==           | 2320      | 2630      | 2940      | 3270      | 3600      | 3940      | 4280      | 4630      | 4980      | 5340      | 5710      |
| 42  |              |                                |                                   | $W_2$ ==           | 3090      | 3470      | 3870      | 4270      | 4680      | 5100      | 5520      | 5940      | 6380      | 6820      | 7260      |
|     | Winkel       | $\frac{b}{t}$                  | $a$                               | $\frac{h}{\delta}$ | 400<br>10 | 440<br>10 | 480<br>10 | 520<br>10 | 560<br>10 | 600<br>10 | 640<br>10 | 680<br>10 | 720<br>10 | 760<br>10 | 800<br>10 |

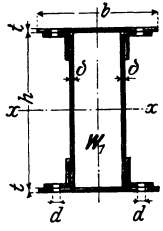
**Zahlentafel XIV.**

(Fortsetzung.)



| Nr. | Winkel<br>mm   | Lamelle<br>$\frac{b}{t}$<br>mm | Nietdurch-<br>messer<br>$d$<br>mm | Stehblech:         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|     |                |                                |                                   | $\frac{h}{\delta}$ | 900    | 1000   | 1100   | 1200   | 1300   | 1400   | 1500   | 1600   | 1700   | 1800   | 1900   | 2000   |
|     |                |                                |                                   | $\delta$           | 12     | 12     | 12     | 12     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     |
| 43  | 100 · 100 · 10 | $\frac{220}{10}$               | 23                                | $W_0 =$            | 4 120  | 4 810  | 5 530  | 6 300  | 7 610  | 8 550  | 9 520  | 10 550 | 11 620 | 12 740 | 13 900 | 15 110 |
| 44  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 5 700  | 6 580  | 7 500  | 8 470  | 10 020 | 11 150 | 12 330 | 13 560 | 14 830 | 16 150 | 17 510 | 18 930 |
| 45  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 7 180  | 8 230  | 9 320  | 10 450 | 12 170 | 13 470 | 14 820 | 16 210 | 17 650 | 19 140 | 20 670 | 22 260 |
| 46  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 8 670  | 9 890  | 11 140 | 12 440 | 14 320 | 15 790 | 17 310 | 18 870 | 20 480 | 22 130 | 23 840 | 25 590 |
| 47  | 100 · 100 · 12 | $\frac{250}{10}$               | 23                                | $W_0 =$            | 4 610  | 5 360  | 6 140  | 6 970  | 8 350  | 9 340  | 10 380 | 11 470 | 12 600 | 13 780 | 15 010 | 16 280 |
| 48  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 6 440  | 7 410  | 8 420  | 9 470  | 11 120 | 12 340 | 13 610 | 14 930 | 16 290 | 17 700 | 19 160 | 20 660 |
| 49  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 8 180  | 9 350  | 10 560 | 11 810 | 13 650 | 15 070 | 16 540 | 18 050 | 19 620 | 21 230 | 22 880 | 24 580 |
| 50  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 9 920  | 11 290 | 12 700 | 14 150 | 16 180 | 17 800 | 19 470 | 21 180 | 22 940 | 24 750 | 26 610 | 28 510 |
| 51  | 100 · 100 · 14 | $\frac{250}{12}$               | 26                                | $W_0 =$            | 5 000  | 5 790  | 6 630  | 7 500  | 8 930  | 9 970  | 11 050 | 12 190 | 13 370 | 14 600 | 15 870 | 17 190 |
| 52  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 7 090  | 8 150  | 9 240  | 10 380 | 12 110 | 13 420 | 14 770 | 16 170 | 17 620 | 19 120 | 20 660 | 22 250 |
| 53  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 9 110  | 10 400 | 11 720 | 13 090 | 15 040 | 16 580 | 18 170 | 19 800 | 21 480 | 23 200 | 24 980 | 26 800 |
| 54  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 11 140 | 12 650 | 14 210 | 15 810 | 17 980 | 19 750 | 21 570 | 23 430 | 25 340 | 27 300 | 29 300 | 31 350 |
| 55  | 110 · 110 · 10 | $\frac{250}{10}$               | 26                                | $W_0 =$            | 4 350  | 5 070  | 5 820  | 6 620  | 7 960  | 8 920  | 9 930  | 10 980 | 12 080 | 13 230 | 14 420 | 15 660 |
| 56  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 6 140  | 7 080  | 8 060  | 9 080  | 10 690 | 11 880 | 13 110 | 14 400 | 15 730 | 17 100 | 18 530 | 20 000 |
| 57  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 7 840  | 8 960  | 10 130 | 11 350 | 13 140 | 14 530 | 15 950 | 17 430 | 18 950 | 20 520 | 22 140 | 23 800 |
| 58  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 9 530  | 10 850 | 12 220 | 13 620 | 15 600 | 17 180 | 18 800 | 20 470 | 22 180 | 23 940 | 25 750 | 27 610 |
| 59  | 110 · 110 · 12 | $\frac{250}{10}$               | 26                                | $W_0 =$            | 4 890  | 5 670  | 6 500  | 7 360  | 8 770  | 9 800  | 10 870 | 12 000 | 13 170 | 14 380 | 15 650 | 16 960 |
| 60  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 6 650  | 7 660  | 8 700  | 9 790  | 11 470 | 12 730 | 14 030 | 15 380 | 16 780 | 18 220 | 19 720 | 21 250 |
| 61  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 8 330  | 9 530  | 10 770 | 12 050 | 13 910 | 15 360 | 16 860 | 18 400 | 19 990 | 21 630 | 23 320 | 25 050 |
| 62  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 10 020 | 11 410 | 12 840 | 14 310 | 16 360 | 18 000 | 19 690 | 21 430 | 23 210 | 25 040 | 26 920 | 28 840 |
| 63  | 110 · 110 · 14 | $\frac{250}{12}$               | 26                                | $W_0 =$            | 5 410  | 6 260  | 7 150  | 8 080  | 9 560  | 10 650 | 11 800 | 12 990 | 14 220 | 15 510 | 16 830 | 18 210 |
| 64  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 7 480  | 8 590  | 9 740  | 10 930 | 12 710 | 14 080 | 15 480 | 16 940 | 18 440 | 19 990 | 21 590 | 23 240 |
| 65  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 9 480  | 10 820 | 12 200 | 13 630 | 15 630 | 17 230 | 18 870 | 20 550 | 22 290 | 24 070 | 25 900 | 27 780 |
| 66  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 11 500 | 13 070 | 14 680 | 16 330 | 18 560 | 20 390 | 22 260 | 24 170 | 26 140 | 28 150 | 30 210 | 32 320 |
| 67  | 120 · 120 · 11 | $\frac{300}{10}$               | 23                                | $W_0 =$            | 4 970  | 5 770  | 6 610  | 7 490  | 8 930  | 9 980  | 11 070 | 12 220 | 13 400 | 14 640 | 15 930 | 17 260 |
| 68  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 7 260  | 8 330  | 9 450  | 10 610 | 12 360 | 13 690 | 15 070 | 16 490 | 17 960 | 19 480 | 21 040 | 22 650 |
| 69  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 9 440  | 10 760 | 12 130 | 13 540 | 15 530 | 17 110 | 18 730 | 20 400 | 22 120 | 23 890 | 25 700 | 27 560 |
| 70  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 11 630 | 13 200 | 14 820 | 16 470 | 18 710 | 20 530 | 22 400 | 24 320 | 26 290 | 28 310 | 30 370 | 32 470 |
| 71  | 120 · 120 · 13 | $\frac{300}{12}$               | 26                                | $W_0 =$            | 5 490  | 6 360  | 7 270  | 8 210  | 9 710  | 10 820 | 11 980 | 13 190 | 14 440 | 15 750 | 17 090 | 18 490 |
| 72  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 8 120  | 9 310  | 10 540 | 11 800 | 13 650 | 15 110 | 16 600 | 18 130 | 19 710 | 21 340 | 23 020 | 24 740 |
| 73  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 10 670 | 12 140 | 13 660 | 15 220 | 17 370 | 19 100 | 20 870 | 22 700 | 24 570 | 26 490 | 28 460 | 30 470 |
| 74  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 13 220 | 14 990 | 16 800 | 18 650 | 21 070 | 23 100 | 25 160 | 27 280 | 29 440 | 31 650 | 33 910 | 36 210 |
| 75  | 120 · 120 · 15 | $\frac{300}{14}$               | 26                                | $W_0 =$            | 6 060  | 7 000  | 7 980  | 9 000  | 10 570 | 11 750 | 12 990 | 14 270 | 15 600 | 16 980 | 18 400 | 19 870 |
| 76  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 9 080  | 10 380 | 11 740 | 13 130 | 15 110 | 16 670 | 18 280 | 19 940 | 21 640 | 23 390 | 25 190 | 27 040 |
| 77  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 12 030 | 13 680 | 15 370 | 17 100 | 19 410 | 21 310 | 23 260 | 25 250 | 27 300 | 29 390 | 31 530 | 33 710 |
| 78  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 15 010 | 16 990 | 19 020 | 21 090 | 23 720 | 25 960 | 28 250 | 30 580 | 32 970 | 35 400 | 37 870 | 40 400 |
| 79  | 130 · 130 · 12 | $\frac{300}{10}$               | 26                                | $W_0 =$            | 5 530  | 6 400  | 7 320  | 8 280  | 9 780  | 10 900 | 12 070 | 13 290 | 14 550 | 15 860 | 17 220 | 18 630 |
| 80  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 7 740  | 8 890  | 10 080 | 11 310 | 13 130 | 14 530 | 15 980 | 17 480 | 19 020 | 20 610 | 22 250 | 23 930 |
| 81  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 9 860  | 11 250 | 12 680 | 14 150 | 16 210 | 17 850 | 19 540 | 21 280 | 23 070 | 24 900 | 26 780 | 28 710 |
| 82  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 11 980 | 13 610 | 15 290 | 17 000 | 19 290 | 21 180 | 23 110 | 25 090 | 27 120 | 29 200 | 31 320 | 33 490 |
| 83  | 130 · 130 · 14 | $\frac{300}{12}$               | 26                                | $W_0 =$            | 6 150  | 7 110  | 8 110  | 9 150  | 10 730 | 11 940 | 13 190 | 14 490 | 15 840 | 17 230 | 18 670 | 20 160 |
| 84  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 8 760  | 10 030 | 11 350 | 12 710 | 14 670 | 16 200 | 17 780 | 19 410 | 21 080 | 22 800 | 24 570 | 26 380 |
| 85  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 11 280 | 12 850 | 14 460 | 16 110 | 18 350 | 20 170 | 22 040 | 23 960 | 25 920 | 27 940 | 29 990 | 32 100 |
| 86  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 13 830 | 15 680 | 17 580 | 19 540 | 22 040 | 24 150 | 26 310 | 28 520 | 30 770 | 33 080 | 35 430 | 37 820 |
| 87  | 130 · 130 · 16 | $\frac{300}{14}$               | 26                                | $W_0 =$            | 6 760  | 7 800  | 8 880  | 10 000 | 11 660 | 12 950 | 14 290 | 15 670 | 17 100 | 18 570 | 20 090 | 21 660 |
| 88  |                |                                |                                   | $W_1 =$            | 9 750  | 11 160 | 12 600 | 14 090 | 16 180 | 17 840 | 19 550 | 21 300 | 23 110 | 24 960 | 26 850 | 28 800 |
| 89  |                |                                |                                   | $W_2 =$            | 12 690 | 14 430 | 16 220 | 18 040 | 20 450 | 22 450 | 24 500 | 26 600 | 28 740 | 30 930 | 33 160 | 35 450 |
| 90  |                |                                |                                   | $W_3 =$            | 15 650 | 17 730 | 19 850 | 22 010 | 24 750 | 27 090 | 29 470 | 31 900 | 34 380 | 36 910 | 39 490 | 42 110 |



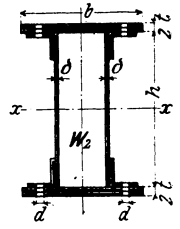


1. Kastenträger.

Es bedeutet:

$W_1$  } das Widerstandsmoment { mit je einer } Lamellen oben und unten bei Berücksichtigung der Nietverschwächungen.  
 $W_2$  } für die Schwerachse  $x-x$  { mit je zwei }

Für zwischenliegende Werte der Stehblechhöhe  $h$  ist geradlinig einzuschalten.



| Nr. | Winkel<br>mm | Lamelle<br>$\frac{s}{t}$<br>mm | Nietdurchmesser<br>d<br>mm | $\frac{h}{\delta}$ | Stehbleche |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----|--------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|     |              |                                |                            |                    | 300<br>10  | 340<br>10 | 380<br>10 | 420<br>10 | 460<br>10 | 500<br>10 | 540<br>10 | 580<br>10 | 620<br>10 | 660<br>10 | 700<br>10 |
| 1   | 80·80·10     | 300                            | 20                         | $W_1 =$            | 1 580      | 1 860     | 2 160     | 2 460     | 2 780     | 3 110     | 3 450     | 3 810     | 4 170     | 4 540     | 4 930     |
| 2   |              | 10                             |                            | $W_2 =$            | 2 320      | 2 700     | 3 100     | 3 500     | 3 920     | 4 350     | 4 790     | 5 240     | 5 710     | 6 180     | 6 670     |
| 3   |              | 400                            | 20                         | $W_1 =$            | 1 880      | 2 200     | 2 540     | 2 880     | 3 240     | 3 610     | 3 990     | 4 390     | 4 790     | 5 200     | 5 630     |
| 4   |              | 10                             |                            | $W_2 =$            | 2 920      | 3 380     | 3 860     | 4 340     | 4 840     | 5 350     | 5 870     | 6 410     | 6 950     | 7 500     | 8 070     |
| 5   | 90·90·11     | 300                            | 20                         | $W_1 =$            | 1 690      | 2 000     | 2 320     | 2 650     | 2 990     | 3 350     | 3 720     | 4 100     | 4 480     | 4 880     | 5 300     |
| 6   |              | 10                             |                            | $W_2 =$            | 2 420      | 2 830     | 3 250     | 3 680     | 4 120     | 4 580     | 5 040     | 5 520     | 6 010     | 6 510     | 7 020     |
| 7   |              | 400                            | 20                         | $W_1 =$            | 1 990      | 2 340     | 2 700     | 3 070     | 3 450     | 3 850     | 4 260     | 4 670     | 5 100     | 5 540     | 6 000     |
| 8   |              | 10                             |                            | $W_2 =$            | 3 030      | 3 510     | 4 010     | 4 520     | 5 040     | 5 580     | 6 130     | 6 680     | 7 250     | 7 830     | 8 430     |
| 9   | 100·100·12   | 500                            | 23                         | $W_1 =$            | 2 640      | 3 080     | 3 530     | 4 000     | 4 480     | 4 980     | 5 480     | 6 000     | 6 530     | 7 070     | 7 620     |
| 10  |              | 12                             |                            | $W_2 =$            | 4 220      | 4 870     | 5 540     | 6 220     | 6 910     | 7 620     | 8 330     | 9 060     | 9 800     | 10 560    | 11 320    |
| 11  |              | 600                            | 23                         | $W_1 =$            | 3 000      | 3 490     | 3 990     | 4 510     | 5 040     | 5 580     | 6 130     | 6 700     | 7 270     | 7 860     | 8 460     |
| 12  |              | 12                             |                            | $W_2 =$            | 4 950      | 5 690     | 6 460     | 7 230     | 8 020     | 8 820     | 9 630     | 10 460    | 11 300    | 12 140    | 13 000    |
| 13  | 120·120·13   | 500                            | 23                         | $W_1 =$            | 3 090      | 3 610     | 4 140     | 4 690     | 5 260     | 5 830     | 6 420     | 7 020     | 7 640     | 8 260     | 8 900     |
| 14  |              | 14                             |                            | $W_2 =$            | 4 940      | 5 700     | 6 470     | 7 270     | 8 080     | 8 900     | 9 730     | 10 580    | 11 440    | 12 320    | 13 200    |
| 15  |              | 600                            | 23                         | $W_1 =$            | 3 510      | 4 080     | 4 680     | 5 280     | 5 900     | 6 530     | 7 180     | 7 840     | 8 510     | 9 190     | 9 880     |
| 16  |              | 14                             |                            | $W_2 =$            | 5 780      | 6 660     | 7 540     | 8 450     | 9 370     | 10 300    | 11 250    | 12 210    | 13 180    | 14 170    | 15 160    |

2. Wellbleche.

| Profil<br>Nr.     | Abmessungen |             |                    |                     |                               |   | Profil<br>Nr. | Abmessungen                                   |           |             |                    |                     |                               | Profil<br>Nr. | Abmessungen   |   |           |             |                    |                     |                               |   |   |
|-------------------|-------------|-------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---|---------------|---|-----------|-------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|---|---|-----------|-------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---|---|
|                   | Höhe<br>b   | Breite<br>h | Stärke<br>$\delta$ | Bau-<br>breite<br>B | Querschnitt<br>für 1 m Breite | Gewicht<br>unverzinkt<br>ohne Über-<br>deckungen<br>g |               | Widerstands-<br>moment für<br>1 m Breite<br>W | Höhe<br>b | Breite<br>h | Stärke<br>$\delta$ | Bau-<br>breite<br>B | Querschnitt<br>für 1 m Breite |               | Gewicht<br>unverzinkt<br>ohne Über-<br>deckungen<br>g | Widerstands-<br>moment für<br>1 m Breite<br>W | Höhe<br>b | Breite<br>h | Stärke<br>$\delta$ | Bau-<br>breite<br>B | Querschnitt<br>für 1 m Breite | Gewicht<br>unverzinkt<br>ohne Über-<br>deckungen<br>g | Widerstands-<br>moment für<br>1 m Breite<br>W |
| Flache Wellbleche |             |             |                    |                     |                               |   |               |   |           |             |                    |                     |                               |               |   |   |           |             |                    |                     |                               |   |   |
| 60<br>20          | 60          | 20          | 1                  | 720                 | 10,2                          | 8,12  | 4,27          | 135<br>30                                     | 135       | 30          | 1                  | 810                 | 8,62                          | 6,89          | 5,99  | 100<br>50                                     | 100       | 50          | 1                  | 600                 | 15,7                          | 12,6  | 19,3  |
|                   |             |             |                    |                     | 11,8                          | 9,47  | 4,95          |   |           |             |                    |                     | 10,1                          | 8,04          | 6,96  |   |           |             |                    |                     | 19,6                          | 15,7  | 24,0  |
|                   |             |             |                    |                     | 13,5                          | 10,8  | 5,63          |   |           |             |                    |                     | 11,5                          | 9,19          | 7,92  |   |           |             |                    |                     | 23,6                          | 18,8  | 28,6  |
|                   |             |             |                    |                     | 16,9                          | 13,5  | 6,96          |   |           |             |                    |                     | 14,4                          | 11,5          | 9,83  |   |           |             |                    |                     | 31,4                          | 25,1  | 37,8  |
| 76<br>20          | 76          | 20          | 1                  | 760                 | 8,72                          | 6,78  | 4,06          | 150<br>40                                     | 150       | 40          | 1                  | 750                 | 8,72                          | 6,88          | 8,29  | 100<br>60                                     | 100       | 60          | 1                  | 500                 | 17,7                          | 14,2  | 25,6  |
|                   |             |             |                    |                     | 10,2                          | 8,13  | 4,71          |   |           |             |                    |                     | 10,2                          | 8,17          | 9,64  |   |           |             |                    |                     | 22,1                          | 17,7  | 31,9  |
|                   |             |             |                    |                     | 11,6                          | 9,30  | 5,36          |   |           |             |                    |                     | 11,6                          | 9,30          | 11,0  |   |           |             |                    |                     | 26,6                          | 21,2  | 38,1  |
|                   |             |             |                    |                     | 14,5                          | 11,6  | 6,63          |   |           |             |                    |                     | 14,6                          | 11,6          | 13,7  |   |           |             |                    |                     | 35,4                          | 28,3  | 50,4  |
| 100<br>30         | 100         | 30          | 1                  | 800                 | 9,02                          | 7,22  | 6,33          | 150<br>60                                     | 150       | 60          | 1                  | 600                 | 13,3                          | 10,7          | 18,2  | 100<br>80                                     | 100       | 80          | 1                  | 400                 | 27,1                          | 21,7  | 50,4  |
|                   |             |             |                    |                     | 10,5                          | 8,42  | 7,35          |   |           |             |                    |                     | 16,7                          | 13,3          | 18,2  |   |           |             |                    |                     | 32,1                          | 25,7  | 72,4  |
|                   |             |             |                    |                     | 12,0                          | 9,62  | 8,37          |   |           |             |                    |                     | 20,0                          | 16,0          | 27,0  |   |           |             |                    |                     | 38,6                          | 30,8  | 86,6  |
|                   |             |             |                    |                     | 15,0                          | 12,0  | 10,4          |   |           |             |                    |                     | 26,7                          | 21,3          | 35,8  |   |           |             |                    |                     | 51,4                          | 41,1  | 115   |
| 100<br>40         | 100         | 40          | 1                  | 700                 | 10,0                          | 8,00  | 9,07          | Trägerwellbleche                              |           |             |                    |                     |                               | 30<br>15      | 30  | 15  | 1         | 600         | 7,42               | 5,93                | 2,38                          |   |   |
|                   |             |             |                    |                     | 11,7                          | 9,35  | 10,5          | 21,3  | 17,0      | 34,8        | 11,1               | 8,91                | 3,52                          |               |   |   |           |             |                    |                     |                               |   |   |
|                   |             |             |                    |                     | 13,3                          | 10,7  | 12,0          | 26,6  | 21,3      | 43,3        | 7,42               | 5,93                | 3,20                          |               |   |   |           |             |                    |                     |                               |   |   |
|                   |             |             |                    |                     | 16,7                          | 13,3  | 14,9          | 31,9  | 25,5      | 51,8        | 11,1               | 8,90                | 4,74                          |               |   |   |           |             |                    |                     |                               |   |   |
|                   |             |             |                    |                     | 17,8                          |   |               | 42,5  | 34,0      | 68,6        |                    |                     |                               |               |   |   |           |             | 14,8               | 11,9                | 6,26                          |   |   |

**\*Leitfaden für den Unterricht in Eisenkonstruktionen an Maschinenbauschulen.** Von Prof. Dipl.-Ing. **L. Geusen**, Oberlehrer an den Königl. Vereinigten Maschinenbauschulen in Dortmund. Mit 173 Textfiguren. Preis kartoniert M. 2,—.

---

**\*Berichte des Ausschusses für Versuche im Eisenbau.** Herausgegeben vom **Verein deutscher Brücken- und Eisenbau-Fabriken** (Deutscher Eisenbau-Verband).

\* Ausgabe A, Heft 1: **Der Einfluß der Nietlöcher auf die Längenänderung von Zugstäben und die Spannungsverteilung in ihnen.** Nach Versuchen im Königlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde West. Berichterstatter: Geheimer Regierungsrat Professor **Max Rudeloff**. Mit 30 Textfiguren.

Preis M. 3,60.

\* Ausgabe B, Heft 1: **Zur Einführung. — Bisherige Versuche.** Berichterstatter: Reg.-Baumeister a. D. Dr.-Ing. **Kögler**. Mit 26 Abbildungen.

Preis M. 1,60.

---

**\*Die Berechnung von Steifrahmen** nebst anderen statisch unbestimmten Systemen. Von Ingenieur **E. Björnstad**, Grünberg. Mit 127 Textfiguren, 19 Tabellen und 1 graphischen Anlage. Preis M. 9,—; gebunden M. 10,—.

---

**\*Die Methode der Alpha-Gleichungen zur Berechnung von Rahmenkonstruktionen.** Von **Axel Bendixsen**, Ingenieur der Burgerlijke Openbare-Werken in Niederländ.-Indien. Mit 31 Textfiguren. Preis M. 3,—.

---

**\*Grundlagen zur Berechnung von Steifrahmen** mit besonderer Rücksicht auf Eisenbeton. Von Dr.-Ing. **Richard Rossin**. Mit 54 Textfiguren. Preis M. 3,60.

---

**\*Die Einflußlinien mehrfach gestützter Rahmenträger.** Von Dr.-Ing. **Henri Marcus**. Preis M. 1,20.

---

**\*Studien über mehrfach gestützte Rahmen- und Bogenträger.** Von Dr.-Ing. **H. Marcus**. Mit 52 Textfiguren. Preis M. 4,—.

---

**\*Studien über strebenlose Raumbauwerke und verwandte Gebilde.** Von Dr.-Ing. **Henri Marcus**. Mit 48 Textfiguren. Preis M. 5,60.

---

**\*Eisenbahn-Balkenbrücken.** Ihre Konstruktion und Berechnung nebst sechs zahlenmäßig durchgeführten Beispielen. Von Ingenieur **Johannes Schwengler**. Mit 84 Textfiguren und 8 lithographischen Tafeln. Preis kartoniert M. 4,—.

---

**\*Bau und Berechnung gewölbter Brücken und ihrer Lehrgerüste.** Drei Beispiele von der badischen Murgtalbahn. Von Dr.-Ing. **Ernst Gaber**, Gr. Bauinspektor. Mit 56 Textabbildungen. Preis M. 6,—; gebunden M. 7,—.

---

\* Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher:  
auf geheftete 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, auf gebundene 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

**\*Taschenbuch für Bauingenieure.** Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von **Max Foerster**, Geh. Hofrat, ord. Professor an der Technischen Hochschule in Dresden. Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 3054 Figuren. In zwei Teilen.  
In einem Bande gebunden Preis M. 20,—; in zwei Bänden gebunden Preis M. 21,—.

**\*Der Bauingenieur in der Praxis.** Eine Einführung in die wirtschaftlichen und praktischen Aufgaben des Bauingenieurs. Von Reg.-Baumeister a. D. **Th. Janßen**, Privatdozent an der Kgl. Techn. Hochschule in Berlin. Preis M. 6,—; gebunden M. 6,80.

**\*Bauakustik.** Schutz gegen Schall und Erschütterungen. Von Dr. **Franz Weisbach**. Mit 31 Textfiguren. Preis M. 3,60.

**\*Die Aaregungen Taylors für den Baubetrieb.** Von Dr.-Ing. **Max Mayer**, Stuttgart. Mit 2 Figuren und 18 Tafeln. Preis M. 1,20.

**\*Die Wirtschaftlichkeit als Konstruktionsprinzip im Eisenbetonbau.** Von Dr.-Ing. **Max Mayer**. Mit 30 Textfiguren, 15 Zahlentabellen und 1 Formeltafel. Preis M. 5,40.

**\*Festigkeitseigenschaften und Gefügebilder der Konstruktionsmaterialien.** Von Dr.-Ing. **C. Bach** und **R. Baumann**, Professoren an der Kgl. Technischen Hochschule in Stuttgart. Mit 710 Figuren. Preis gebunden M. 12,—.

**Elastizität und Festigkeit.** Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmäßige Grundlage. Von Dr.-Ing. **C. Bach**, Kgl. Württemb. Staatsrat, Professor des Maschinen-Ingenieurwesens, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Siebente, vermehrte Auflage. Unter Mitwirkung von Professor **R. Baumann**, Stellvertreter des Vorstandes der Materialprüfungsanstalt an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 26 Tafeln. Preis gebunden M. 28,—.

**Die Berechnung statisch unbestimmter Tragwerke nach der Methode des Viermomentensatzes.** Von Ing. **Friedrich Bleich**, Wien. Mit 108 Textfiguren. Preis M. 12,—.

**\*Widerstandsmomente, Trägheitsmomente und Gewichte von Blechträgern** nebst numerisch geordneter Zusammenstellung der Widerstandsmomente von 59 bis 113930, zahlreichen Berechnungsbeispielen und Hilfstafeln. Von **B. Böhm**, Königl. Gewerberat in Bromberg, und **E. John**, Königl. Regierungs- und Baurat in Essen. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Preis gebunden M. 12,—.

**\*Vorlesungen über Eisenbeton.** Von Dr.-Ing. **E. Probst**, ord. Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Erster Band: Allgemeine Grundlagen. — Theorie und Versuchsforschung. — Grundlagen für die statische Berechnung. — Statisch unbestimmte Träger im Lichte der Versuche. Mit 171 Textfiguren. Preis gebunden M. 18,—.

**Armierter Beton.** Monatsschrift für Theorie und Praxis des gesamten Betonbaues. In Verbindung mit Fachleuten herausgegeben von Dr.-Ing. **E. Probst**, ord. Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe, und **M. Foerster**, Geh. Hofrat, ord. Professor an der Technischen Hochschule Dresden. Erscheint seit 1908 in monatlichen Heften und kann durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 20,— für den Jahrgang bezogen werden.

---

\* Teuerungszuschlag für die vor dem 1. Juli 1917 erschienenen Bücher:  
auf geheftete 20<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, auf gebundene 30<sup>0</sup>/<sub>100</sub>.