

DER  
PRAKTISCHE  
STAHLHOCHBAU

VON

ALFRED GREGOR

BAND IV

GESCHWEISSTE STAHLBAUTEN

ALFRED GREGOR  
DER PRAKTISCHE STAHLHOCHBAU

IV. BAND  
GESCHWEISSTE STAHLBAUTEN



DER  
PRAKTISCHE  
STAHLHOCHBAU

VON  
ALFRED GREGOR

\*

IV. BAND  
GESCHWEISSTE STAHLBAUTEN

\*

MIT 500 URZEICHNUNGEN  
IN 134 ZUSAMMENSTELLUNGEN UND  
57 ZAHLENBEISPIELEN

BERLIN-CHARLOTTENBURG  
VERLAG VON ROBERT KIEPERT

1932

67  
87  
96  
S.05

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBER-  
SETZUNG IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN

\*

NACHDRUCK, AUCH AUSZUGSWEISE, VERBOTEN

624.94/.97



11810/4

332/59

## Vorwort.

Der in den letzten Jahren einsetzende große Aufschwung in der Schweißung von Stahlbauten machte es notwendig, eine zusammenhängende Darstellung über die Berechnung und Ausführung von schweißgerechten Konstruktionen des gesamten Stahlhochbaues zu geben.

Das vorliegende Buch, das an sich ein selbständiges Gepräge hat, soll die vier ersten Bände meines Werkes „Der praktische Stahlhochbau“ hinsichtlich der Schweißung ergänzen. Um einen guten Vergleich zwischen genieteten und geschweißten Ausführungen zu haben, sind die im vorliegenden Band gewählten Konstruktionseinzelheiten den in den vorhergehenden Bänden gebrachten Nietausführungen sinngemäß angepaßt.

Im ersten Abschnitt ist eine Übersicht über die Schweißtechnik mit Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten gegeben. Der

zweite Abschnitt bringt die Dach- und Hallenbauten für fachwerkartige und vollwandige Ausführungen. Der dritte Abschnitt behandelt den Trägerbau, der vierte den Stahlskelettbau und der fünfte und letzte Abschnitt die Geschoßbau-, Pendel- und unten eingespannten Stützen. Der gesamte behandelte Stoff geht aus dem eingehenden Inhaltsverzeichnis hervor.

Die erste vorliegende zusammenfassende Darstellung der Schweißung im Stahlbau wird infolge der ungestümen Entwicklung der Schweißung bald ausbaubedürftig sein; ich bin daher zum Zwecke der Vorbereitung einer neuen Auflage für jeden Verbesserung- und Ergänzungsvorschlag dankbar.

Mir liegt noch am Herzen, allen Freunden meines Werkes für das mir entgegengebrachte Vertrauen herzlichst zu danken; ich hoffe gern, daß auch dieser Band meinen Stahlbaukollegen ein guter Freund und Berater sein wird.

Berlin, im August 1932.

**Alfred Gregor.**



# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Abschnitt.

### Übersicht über die Schweißtechnik mit Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten.

|                                                                                                  | Seite |                                                                                                      | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1. Werkstoffe . . . . .                                                                          | 1     | c) Die Schwerlinien der Stäbe und die der Schweißanschlüsse decken sich mit den Netzlinien . . . . . | 7     |
| a) Baustähle . . . . .                                                                           | 1     | d) Zulässige Kehlnahtlängen . . . . .                                                                | 7     |
| b) Schweißdrähte . . . . .                                                                       | 1     | e) Anhäufung von Schweißnähten . . . . .                                                             | 7—8   |
| 2. Schweißverfahren . . . . .                                                                    | 1—2   | f) Bearbeitung und Anwendung von V- und X-Nähten . . . . .                                           | 8     |
| 3. Berechnung von Schweißnähten . . . . .                                                        | 2—5   | g) Zulässige Schweißnahtdicken . . . . .                                                             | 8—9   |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                         | 2     | h) Anschluß von breiten Gurtplatten mittels Kehl- und Schlitznähten . . . . .                        | 9     |
| b) Berechnung der Schweißnähte auf Abscheren                                                     | 2—4   | 6. Ausführung der elektrischen Lichtbogenschweißung . . . . .                                        | 9—10  |
| α) Kehlnähte (Flanken und Stirnnähte) . . . . .                                                  | 2—3   | a) Der Schmelzvorgang . . . . .                                                                      | 9     |
| β) Schlitznähte . . . . .                                                                        | 3     | b) Vorbereitung der Schweißarbeit und Zusammenbau . . . . .                                          | 9     |
| γ) Stumpfnähte . . . . .                                                                         | 4     | c) Der Schweißvorgang . . . . .                                                                      | 9—10  |
| c) Berechnung der Schweißnähte auf Abscheren bei gleichzeitiger Wirkung eines Momentes . . . . . | 4     | d) Schweißangaben über Kehl- und Stumpfnähte . . . . .                                               | 10    |
| d) Berücksichtigung von Querschnittsschwächungen . . . . .                                       | 4—5   | e) Die während und nach dem Schweißen auftretenden Nebenspannungen . . . . .                         | 10    |
| e) Anschluß an Gurtplatten . . . . .                                                             | 5     | 7. Prüfung der Schweißverbindungen . . . . .                                                         | 11    |
| f) Nicht einwandfreie Nähte . . . . .                                                            | 5     |                                                                                                      |       |
| 4. Zulässige Spannungen der Schweißnähte . . . . .                                               | 5—6   |                                                                                                      |       |
| 5. Bauliche Durchbildung . . . . .                                                               | 6—10  |                                                                                                      |       |
| a) Stabquerschnitte und -anschlüsse . . . . .                                                    | 6—7   |                                                                                                      |       |
| α) Stabquerschnitte . . . . .                                                                    | 6     |                                                                                                      |       |
| β) Stabanschlüsse . . . . .                                                                      | 7     |                                                                                                      |       |
| b) Geschweißte Trägeranschlüsse . . . . .                                                        | 7     |                                                                                                      |       |

## Zweiter Abschnitt.

### Dach- und Hallenbau.

|                                                                                 |       |                                                                                                                                                 |       |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A. Fachwerk-Binder . . . . .                                                    | 13—29 | β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                     | 17    |
| 1. Berechnung und Ausführung der Stabanschlüsse . . . . .                       | 13—20 | g) Stabanschluß mittels Schrägnähten . . . . .                                                                                                  | 17    |
| a) Allgemeines . . . . .                                                        | 13    | α) Allgemeines . . . . .                                                                                                                        | 17    |
| b) Flachstabanschluß mit Flankenkehlnähten . . . . .                            | 13    | β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                     | 17    |
| α) Allgemeines . . . . .                                                        | 13—14 | h) Gebrauchstafeln zur Bestimmung der erforderlichen Schweißnahtdicken und Längen . . . . .                                                     | 17—20 |
| β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                     | 14    | 2. Berechnung und Ausführung der Knotenpunkte . . . . .                                                                                         | 20—25 |
| c) Winkelstabanschluß mit Flankenkehlnähten . . . . .                           | 14—15 | a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                        | 20—23 |
| α) Allgemeines . . . . .                                                        | 14    | b) Zahlenbeispiele für die Ausführung und Berechnung von 19 Knotenpunkten . . . . .                                                             | 24—25 |
| β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                     | 14—15 | α) Berechnung eines Knotenpunktes, bei dem die Anschlußfläche des Gurtsteges durch ein stumpf gegengeschweißtes Blech verbreitert ist . . . . . | 24    |
| d) Winkelstabanschluß . . . . .                                                 | 15—16 | 1. Allgemeines . . . . .                                                                                                                        | 24    |
| α) Allgemeines . . . . .                                                        | 15—16 | 2. Anschluß der Schräge $D_1$ . . . . .                                                                                                         | 24    |
| β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                     | 16    | 3. Anschluß der Schräge $D_2$ . . . . .                                                                                                         | 24    |
| e) Stabanschluß mit Kehl- und Schlitznähten . . . . .                           | 16    | 4. Anschluß des Verbreiterungsbleches . . . . .                                                                                                 | 24    |
| α) Allgemeines . . . . .                                                        | 16    | β) Berechnung sämtlicher Knotenpunkte des Binders nach Tafel 4 . . . . .                                                                        | 24—25 |
| β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                     | 16    |                                                                                                                                                 |       |
| 1. Untersuchung des Schweißanschlusses . . . . .                                | 16    |                                                                                                                                                 |       |
| 2. Untersuchung des durch die Schlitznähte geschwächten Querschnittes . . . . . | 16    |                                                                                                                                                 |       |
| f) Stabanschluß mit Stumpfnähten . . . . .                                      | 16—17 |                                                                                                                                                 |       |
| α) Allgemeines . . . . .                                                        | 16—17 |                                                                                                                                                 |       |

|                                                                          | Seite |                                                             | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|-------|
| γ) Berechnung sämtlicher Knotenpunkte des Binders nach Tafel 5 . . . . . | 25    | α) Allgemeines . . . . .                                    | 33    |
| 3. Die Verbindung der zusammengesetzten Stabquerschnitte . . . . .       | 25—29 | β) Untersuchung des Querschnittes $\alpha-\alpha$ . . . . . | 33—34 |
| a) Allgemeines . . . . .                                                 | 25    | 1. Berechnungswerte . . . . .                               | 33    |
| b) Verbindung der Zugstäbe . . . . .                                     | 25    | 2. Vorhandener Querschnitt . . . . .                        | 34    |
| c) Verbindung der Druckstäbe . . . . .                                   | 25—29 | 3. Vorhandene Beanspruchung . . . . .                       | 34    |
| <b>B. Vollwand-Binder</b> . . . . .                                      | 30—35 | γ) Untersuchung des Querschnittes $\beta-\beta$ . . . . .   | 34    |
| 1. Allgemeines . . . . .                                                 | 30    | 1. Berechnungswerte . . . . .                               | 34    |
| a) Auflager . . . . .                                                    | 30    | 2. Vorhandener Querschnitt . . . . .                        | 34    |
| b) Biege feste und Gelenkstöße . . . . .                                 | 30    | 3. Vorhandene Beanspruchung . . . . .                       | 34    |
| c) Schweißträgerausführungen . . . . .                                   | 30    | δ) Anschluß der Eckbleche . . . . .                         | 34    |
| 2. Berechnung und Ausführung der Rahmen-ecken . . . . .                  | 30—35 | ε) Untersuchung der Querplatte . . . . .                    | 34—35 |
| a) Allgemeines . . . . .                                                 | 30—32 | ζ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                  | 35    |
| b) Zahlenbeispiel . . . . .                                              | 33—35 | <b>C. Pfetten</b> . . . . .                                 | 36—38 |
|                                                                          |       | 1. Pfettenbefestigung . . . . .                             | 36—38 |
|                                                                          |       | a) Pfettenverbindung mit dem Binder . . . . .               | 36    |
|                                                                          |       | b) Pfettenbefestigung an einen Gratbinder . . . . .         | 36—38 |
|                                                                          |       | 2. Gelenke für Gerberpfetten . . . . .                      | 38    |

Dritter Abschnitt.

Der Trägerbau.

|                                                                                                           |       |                                                                                                              |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>A. Schweißverbindungen bei Verwendung von Walz-trägern</b> . . . . .                                   | 39—69 | γ) Berechnung der Schweißnähte zum An-schluß der Knagge an die Stütze . . . . .                              | 46    |
| 1. Berechnung und Ausführung der Trägerlagerung auf Wänden . . . . .                                      | 39—43 | δ) Untersuchung der Stützknagge . . . . .                                                                    | 46—47 |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 39    | 1. Beanspruchung infolge der vorerst mittig angenommenen Belastung durch die Auflagerkraft $A$ . . . . .     | 46    |
| b) Unmittelbares Trägelauflager . . . . .                                                                 | 39    | 2. Beanspruchung infolge der außer-mittigen Lage des Auflagerdruckes und der Kehlnahtanschlußebene . . . . . | 46    |
| c) Auflager mit ebenen Platten (Flächenlager) . . . . .                                                   | 39—41 | 3. Beanspruchung infolge der waagerechten Einspannkkräfte $Z$ bzw. $D$ . . . . .                             | 46—47 |
| α) Einfaches Flächenlager . . . . .                                                                       | 39—40 | 4. Schubbeanspruchung . . . . .                                                                              | 47    |
| β) Mehrere übereinanderliegende Platten . . . . .                                                         | 40—41 | 5. Größte Beanspruchung . . . . .                                                                            | 47    |
| d) Seitlich ausgesteifte Auflagerplatten . . . . .                                                        | 41—42 | ε) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                   | 47    |
| α) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 41    | c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                          | 47—49 |
| β) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                               | 41—42 | α) Allgemeines . . . . .                                                                                     | 47    |
| 1. Allgemeines . . . . .                                                                                  | 41    | β) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Trägerflansch und der oberen Knaggenkante . . . . .    | 47    |
| 2. Die Kraftwirkungen . . . . .                                                                           | 42    | γ) Berechnung der Schweißnähte zum An-schluß der Knagge an die Stütze . . . . .                              | 47—48 |
| 3. Anschluß einer Aussteifung an die Unterlagplatte . . . . .                                             | 42    | δ) Untersuchung der Stützknagge . . . . .                                                                    | 48    |
| 4. Anschluß einer Aussteifung an den Trägersteg . . . . .                                                 | 42    | ε) Betrachtung zu dem Beispiel . . . . .                                                                     | 48—49 |
| 5. Untersuchung einer Aussteifung . . . . .                                                               | 42    | 4. Berechnung und Ausführung der einfachen Trägeranschlüsse . . . . .                                        | 49—51 |
| 6. Untersuchung der Unterlagsplatte . . . . .                                                             | 42    | 5. Berechnung und Ausführung der Trägerlagerung auf Stützen . . . . .                                        | 51—54 |
| 7. Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                | 42    | a) Allgemeines . . . . .                                                                                     | 51—53 |
| e) Trägerrostplatten . . . . .                                                                            | 42—43 | b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                           | 53    |
| 2. Berechnung und Ausführung der Trägerstütz-winkel . . . . .                                             | 43—44 | α) Allgemeines . . . . .                                                                                     | 53    |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 43    | β) Anschluß der Stegverstärkungsbleche . . . . .                                                             | 53    |
| b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                               | 43—44 | γ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                   | 53    |
| α) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 43    | c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                          | 53—54 |
| β) Berechnung der Schweißnähte . . . . .                                                                  | 43    | α) Allgemeines . . . . .                                                                                     | 53    |
| γ) Untersuchung des Stützwinkels . . . . .                                                                | 43—44 | β) Anschluß der Verstärkungsplatte am Stielsteg . . . . .                                                    | 54    |
| 1. Beanspruchung längs zur Winkelachse . . . . .                                                          | 43—44 | γ) Anschluß der Verstärkungsbleche an der Stielkopfplatte . . . . .                                          | 54    |
| 2. Beanspruchung quer zur Winkelachse . . . . .                                                           | 44    | δ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                   | 54    |
| δ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                | 44    | 6. Berechnung und Ausführung der Trägelaußklim-kungen . . . . .                                              | 54—56 |
| 3. Berechnung und Ausführung der Trägerstütz-knaggen . . . . .                                            | 44—49 | a) Allgemeines . . . . .                                                                                     | 54    |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 44—45 |                                                                                                              |       |
| b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                        | 45—47 |                                                                                                              |       |
| α) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 45    |                                                                                                              |       |
| β) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Trägerflansch und der oberen Knaggenkante . . . . . | 45—46 |                                                                                                              |       |



|                                                                                                                                                                 | Seite        |                                                                                                            | Seite        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                                     | 54           | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 67           |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 54           | $\beta$ ) Angenäherte Berechnung der Schweißnähte . . . . .                                                | 67—68        |
| $\beta$ ) Beanspruchung $\sigma_\alpha$ infolge des durch die äußeren Kräfte verursachten Biegemomentes . . . . .                                               | 54           | $\gamma$ ) Richtige Berechnung der Schweißnähte . . . . .                                                  | 68           |
| $\gamma$ ) Beanspruchung $\sigma_\alpha$ infolge des Momentes durch die umzuleitende Kraft $S$ . . . . .                                                        | 55           | $\delta$ ) Untersuchung der Laschen . . . . .                                                              | 68           |
| $\delta$ ) Beanspruchung $\sigma_\epsilon$ infolge der abscherenden Wirkung der Kraft $S$ an der einspringenden Ecke . . . . .                                  | 55           | $\epsilon$ ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                       | 68           |
| $\epsilon$ ) Gesamtbeanspruchung an der einspringenden Ecke „a“ . . . . .                                                                                       | 55           | c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                        | 68—69        |
| $\zeta$ ) Anschluß der waagerechten Verstärkungsplatte . . . . .                                                                                                | 55—56        | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 68—69        |
| 1. Anschluß an den Querschnitt I . . . . .                                                                                                                      | 55           | $\beta$ ) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen den Knaggen und dem Druckstück . . . . .                  | 69           |
| 2. Anschluß an den Querschnitt II . . . . .                                                                                                                     | 56           | $\gamma$ ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Knaggen an den Einhänge- bzw. Kragträger . . . . .    | 69           |
| $\eta$ ) Anschluß der lotrechten Aussteifungsrippen . . . . .                                                                                                   | 56           | <b>B. Schweißträger . . . . .</b>                                                                          | <b>70—79</b> |
| 1. Unmittelbare Kraftübertragung . . . . .                                                                                                                      | 56           | 1. Allgemeines . . . . .                                                                                   | 70           |
| 2. Anschluß am Trägersteg . . . . .                                                                                                                             | 56           | 2. Anschluß der Gurtungen an den Steg . . . . .                                                            | 70—74        |
| 3. Anschluß an der waagerechten Platte . . . . .                                                                                                                | 56           | a) Allgemeines . . . . .                                                                                   | 70—72        |
| $\vartheta$ ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                                                           | 56           | b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                         | 72—73        |
| <b>7. Berechnung und Ausführung biegeester Stöße . . . . .</b>                                                                                                  | <b>56—65</b> | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 72—73        |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                        | 56—58        | $\beta$ ) Anschluß der gesamten Gurtung an den Steg . . . . .                                              | 73           |
| b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                              | 58—59        | $\gamma$ ) Anschluß der zweiten Gurtplatte an die erste . . . . .                                          | 73           |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 58           | $\delta$ ) Der volle Anschluß der zweiten Gurtplatte außerhalb des rechnerischen Anschlußpunktes . . . . . | 73           |
| $\beta$ ) Untersuchung der Schweißverbindung . . . . .                                                                                                          | 58—59        | c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                        | 73—74        |
| $\gamma$ ) Betrachtungen zu dem Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                        | 59           | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 73           |
| c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                             | 59—60        | $\beta$ ) Anschluß der gesamten Gurtung an den Steg . . . . .                                              | 73           |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 59           | $\gamma$ ) Anschluß der zweiten Gurtplatte an die erste . . . . .                                          | 74           |
| $\beta$ ) Bestimmung des Stoßquerschnittes . . . . .                                                                                                            | 59—60        | 3. Stegauseifungen . . . . .                                                                               | 74           |
| $\gamma$ ) Größte Spannung der Stumpfschweißung . . . . .                                                                                                       | 60           | 4. Stegstöße . . . . .                                                                                     | 74—76        |
| $\delta$ ) Bestimmung der Kehlnähte zum Anschluß der Flanschaschen . . . . .                                                                                    | 60           | a) Allgemeines . . . . .                                                                                   | 74—75        |
| d) Drittes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                             | 60—63        | b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                | 75—76        |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 60           | 5. Stoßverbindungen der Gurtplatten . . . . .                                                              | 76—79        |
| $\beta$ ) Das größte Biegemoment . . . . .                                                                                                                      | 60           | a) Allgemeines . . . . .                                                                                   | 76           |
| $\gamma$ ) Bestimmung des Stoßquerschnittes . . . . .                                                                                                           | 60—61        | b) Stoß von gleichhohen Gurtplatten . . . . .                                                              | 76—77        |
| $\delta$ ) Größte Spannungen der Stumpfnähte . . . . .                                                                                                          | 61           | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 76—77        |
| $\epsilon$ ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Flanschaschen . . . . .                                                                                  | 61           | $\beta$ ) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                         | 77           |
| $\zeta$ ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Steglaschen . . . . .                                                                                       | 61—62        | c) Stoß von ungleichhohen Gurtplatten . . . . .                                                            | 77—79        |
| $\eta$ ) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                                                                | 62—63        | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 77—79        |
| e) Viertes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                             | 63—64        | $\beta$ ) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                         | 79           |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 63           | 1. Allgemeines . . . . .                                                                                   | 79           |
| $\beta$ ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Innenlaschen . . . . .                                                                                      | 63—64        | 2. Bestimmung der Stumpfnäht . . . . .                                                                     | 79           |
| f) Die Dresdener Versuche der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und des deutschen Stahlbau-Verbandes mit geschweißten biegebeanspruchten Trägerstößen . . . . . | 64—65        | 3. Bestimmung des Stoßlaschenanschlusses . . . . .                                                         | 79           |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 64           | 4. Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                 | 79           |
| $\beta$ ) Versuchskörper nach Abb. 80 . . . . .                                                                                                                 | 64           | 6. Baustellenstoß . . . . .                                                                                | 79           |
| $\gamma$ ) Versuchskörper nach Abb. 81 . . . . .                                                                                                                | 64—65        | <b>C. Zusätze und Erweiterungen für Kranträgerausführungen . . . . .</b>                                   | <b>80—82</b> |
| <b>8. Berechnung und Ausführung der teilweise eingespannten Trägeranschlüsse . . . . .</b>                                                                      | <b>65—67</b> | 1. Berechnung und Ausführung der Kranträgerauflager . . . . .                                              | 80—82        |
| <b>9. Berechnung und Ausführung der Gelenkstöße . . . . .</b>                                                                                                   | <b>67—69</b> | a) Allgemeines . . . . .                                                                                   | 80—81        |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                        | 67           | b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                | 81—82        |
| b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                              | 67—68        | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                           | 81           |
|                                                                                                                                                                 |              | $\beta$ ) Anschluß des Kragbleches an die Stütze . . . . .                                                 | 81           |
|                                                                                                                                                                 |              | $\gamma$ ) Anschluß des Breitstahles 180 · 15 an das Kragblech . . . . .                                   | 81—82        |
|                                                                                                                                                                 |              | 2. Befestigung der Schienen . . . . .                                                                      | 82           |

Vierter Abschnitt.

Der Stahlskelettbau.

|                                                                                                                                                         | Seite |                                                                                                                   | Seite   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>A. Allgemeines</b> . . . . .                                                                                                                         | 83—85 | $\beta$ ) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast . . . . .                                          | 90      |
| 1. Berechnung und Ausführung der StiefüÙe . . . . .                                                                                                     | 83    | b) Die Aufnahme der StoÙmomente und der Querkräfte . . . . .                                                      | 90—91   |
| 2. Berechnung und Ausführung der Stielstöße . . . . .                                                                                                   | 83    | c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der Kraft $Q$ . . . . .                                                 | 91      |
| 3. Berechnung und Ausführung der Bindebleche und Vergitterungen . . . . .                                                                               | 83    | $\alpha$ ) Unmittelbare Kraftübertragung . . . . .                                                                | 91      |
| 4. Berechnung und Ausführung der einfachen Riegel- und Trägeranschlüsse . . . . .                                                                       | 83    | $\beta$ ) Schweißanschluß der äußeren an die innere Knagge . . . . .                                              | 91      |
| 5. Berechnung und Ausführung der biegefesten Riegelanschlüsse . . . . .                                                                                 | 83—85 | $\gamma$ ) Schweißanschluß der inneren Knagge an den Stützenflansch . . . . .                                     | 91      |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 83—84 | d) Die Verbindung des oberen Riegelflansches mit dem Stiel . . . . .                                              | 91—92   |
| b) Die Dresdener Versuche der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und des Deutschen Stahlbau-Verbandes mit geschweißten biegefesten Anschlüssen . . . . . | 84—85 | $\alpha$ ) Schweißanschluß der Riegelplatte . . . . .                                                             | 91—92   |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                                                        | 84    | $\beta$ ) Untersuchung des Riegelplattenquerschnittes . . . . .                                                   | 92      |
| $\beta$ ) Versuchskörper nach Abb. 104 . . . . .                                                                                                        | 84    | $\gamma$ ) Schweißanschluß der Stielplatten . . . . .                                                             | 92      |
| $\gamma$ ) Versuchskörper nach Abb. 105 . . . . .                                                                                                       | 85    | $\delta$ ) Untersuchung des Stielplattenquerschnittes . . . . .                                                   | 92      |
| <b>B. Fünf Zahlenbeispiele zur Berechnung und Ausführung von Stockwerkrahmen-Knotenpunkten</b> 86—102                                                   |       | $\epsilon$ ) Schraubenanschluß der Verbindungsflachstähe 100 · 15 . . . . .                                       | 92      |
| 1. Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                      | 86—87 | $\zeta$ ) Untersuchung der Flachstahlquerschnitte . . . . .                                                       | 92      |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 86    | e) Die Verbindung des unteren Riegelflansches mit dem Stiel durch einen Flachstahl 250 · 25 . . . . .             | 92—93   |
| $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast . . . . .                                                                                    | 86    | $\alpha$ ) Schweißanschluß am Stielflansch . . . . .                                                              | 92      |
| $\beta$ ) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast . . . . .                                                                                | 86    | $\beta$ ) Schraubenanschluß am Stielflansch . . . . .                                                             | 93      |
| b) Die Aufnahme der StoÙmomente und Querkräfte . . . . .                                                                                                | 86    | $\gamma$ ) Untersuchung des Flachstahlquerschnittes . . . . .                                                     | 93      |
| c) Berechnung der Kehlnähte . . . . .                                                                                                                   | 86—87 | f) Aussteifung des Stieles . . . . .                                                                              | 93      |
| 2. Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                     | 87—89 | g) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                        | 93—95   |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 87—88 | 4. Viertes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                               | 95—100  |
| $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast . . . . .                                                                                    | 87    | a) Allgemeines . . . . .                                                                                          | 95      |
| $\beta$ ) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast . . . . .                                                                                | 88    | b) Die Aufnahme des StoÙmomentes und der Auflagerkraft . . . . .                                                  | 95      |
| b) Die Aufnahme der StoÙmomente und Querkräfte . . . . .                                                                                                | 88    | c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der positiven Querkraft $Q$ . . . . .                                   | 95      |
| $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ . . . . .                                                                                                                 | 88    | d) Berechnung der Stumpfnah zur Übertragung der Kraft $S_0$ . . . . .                                             | 95      |
| $\beta$ ) Belastungsfall „b“ . . . . .                                                                                                                  | 88—89 | e) Aussteifung des Stieles . . . . .                                                                              | 95—97   |
| c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der positiven Querkraft $Q$ . . . . .                                                                         | 88—89 | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                  | 95      |
| $\alpha$ ) Unmittelbare Kraftübertragung . . . . .                                                                                                      | 88    | $\beta$ ) Ermittlung der größten Schub- und Hauptspannung des zunächst unverstärkt angenommenen Stieles . . . . . | 95      |
| $\beta$ ) Berechnung der Schweißnähte zum Anschluß der Auflagerknagge an die Stütze . . . . .                                                           | 88—89 | 1. Allgemeines . . . . .                                                                                          | 95      |
| d) Die Verbindung des Riegelflansches mit dem Stiel durch einen Flachstahl 250 · 12 . . . . .                                                           | 89    | 2. Größte vorhandene Schubspannung . . . . .                                                                      | 95      |
| $\alpha$ ) Schweißanschluß am Stielflansch . . . . .                                                                                                    | 89    | 3. Hauptspannung in Stielmitte . . . . .                                                                          | 96      |
| $\beta$ ) Schraubenanschluß am Riegelflansch . . . . .                                                                                                  | 89    | 4. Hauptspannung an der Übergangsstelle vom Steg zum Flansch . . . . .                                            | 96      |
| $\gamma$ ) Untersuchung des Flachstahles . . . . .                                                                                                      | 89    | $\gamma$ ) Die Verstärkung des Stützenstieles im Knotenbereich . . . . .                                          | 96—97   |
| e) Verbindung des Riegelsteges mit dem Stiel durch einen Flachstahl 120 · 12 . . . . .                                                                  | 89    | f) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                        | 97—100  |
| $\alpha$ ) Schweißnahtanschluß am Stielflansch . . . . .                                                                                                | 89    | 5. Fünftes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                               | 100—102 |
| $\beta$ ) Schraubenanschluß am Riegelsteg . . . . .                                                                                                     | 89    | a) Allgemeines . . . . .                                                                                          | 100     |
| f) Betrachtungen zu dem Beispiel . . . . .                                                                                                              | 89    | $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast . . . . .                                              | 100     |
| 3. Drittes Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                                     | 89—95 | $\beta$ ) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast . . . . .                                          | 100     |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                                                | 89—90 | b) Die Aufnahme der Stützmomente und der Auflagerkräfte . . . . .                                                 | 100     |
| $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast . . . . .                                                                                    | 90    |                                                                                                                   |         |

|                                                                                                                             | Seite   | Seite                                                                                                      |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| $\alpha$ ) Belastungsfall „a“ . . . . .                                                                                     | 100     | $\beta$ ) Schweißanschluß der Auflagerknagge an den Stützflansch . . . . .                                 | 100—102 |
| $\beta$ ) Belastungsfall „b“ . . . . .                                                                                      | 100     | $\gamma$ ) Untersuchung des Knaggenquerschnittes . . . . .                                                 | 102     |
| c) Die Knaggenauflagerung am rechten Stielflansch unterhalb des Riegels zur Übertragung der positiven Kraft $S_r$ . . . . . | 100—102 | d) Die weiteren Knaggenauflagerungen . . . . .                                                             | 102     |
| $\alpha$ ) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Riegeflansch und der Knaggenkante . . . . .                   | 100     | e) Verstärkung des infolge der Schub- und der Hauptspannung unzulässig hoch beanspruchten Riegels. . . . . | 102     |

## Fünfter Abschnitt.

## Stützen.

|                                                                                                                             |         |                                                                                          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>A. Geschoßbau- und Pendelstützen</b> . . . . .                                                                           | 103—114 | <b>4. Berechnung und Ausführung der Bindebleche</b> . . . . .                            | 113—114 |
| 1. Berechnung und Ausführung der Stützenfüße . . . . .                                                                      | 103—110 | a) Allgemeines . . . . .                                                                 | 113—114 |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                    | 103—104 | b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                              | 114     |
| b) Stützenfüße für einen Stiel aus 2 $\square$ . . . . .                                                                    | 104—105 | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                         | 114     |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                            | 104     | $\beta$ ) Bestimmung der Scherkraft . . . . .                                            | 114     |
| $\beta$ ) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                          | 104—105 | $\gamma$ ) Angenäherte Berechnung des Schweißanschlusses . . . . .                       | 114     |
| 1. Allgemeines . . . . .                                                                                                    | 104     | $\delta$ ) Richtige Berechnung des Schweißanschlusses . . . . .                          | 114     |
| 2. Anschluß des Stieles an den Fuß . . . . .                                                                                | 104—105 | <b>B. Unten eingespannte Stützen</b> . . . . .                                           | 115—121 |
| 3. Nachweis des Stützenfußquerschnittes . . . . .                                                                           | 105     | 1. Berechnung und Ausführung der Stützenfüße . . . . .                                   | 115—121 |
| 4. Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte . . . . .                                                                        | 105     | a) Allgemeines . . . . .                                                                 | 115     |
| 5. Untersuchung der frei abstehenden Plattenteile . . . . .                                                                 | 105     | b) Erstes Zahlenbeispiel . . . . .                                                       | 115—116 |
| c) Stützenfüße für einen Stiel aus $\square$ P . . . . .                                                                    | 105—107 | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                         | 115—116 |
| d) Stützenfüße für einen Stiel aus 2 $\square$ . . . . .                                                                    | 107—109 | $\beta$ ) Anschluß des Stützenstieles an den Fuß . . . . .                               | 116     |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                            | 107     | $\gamma$ ) Nachweis des Stützenfußquerschnittes . . . . .                                | 116     |
| $\beta$ ) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                          | 107—109 | $\delta$ ) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte . . . . .                             | 116     |
| 1. Allgemeines . . . . .                                                                                                    | 107     | $\epsilon$ ) Untersuchung der Fußplatte . . . . .                                        | 116     |
| 2. Anschluß der Stielstege an die Fußplatte . . . . .                                                                       | 107     | c) Zweites Zahlenbeispiel . . . . .                                                      | 116—117 |
| 3. Anschluß der Stielflansche an die Fußbleche . . . . .                                                                    | 108     | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                         | 116     |
| 4. Untersuchung der Aussteifungsbleche . . . . .                                                                            | 108     | $\beta$ ) Anschluß des Stützenstieles an den Fuß . . . . .                               | 116—117 |
| 5. Nachweis des Fußquerschnittes . . . . .                                                                                  | 108     | d) Drittes Zahlenbeispiel . . . . .                                                      | 117—121 |
| 6. Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte . . . . .                                                                        | 108—109 | $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                         | 117—118 |
| 7. Untersuchung der Platte . . . . .                                                                                        | 109     | $\beta$ ) Anschluß des Stieles <i>I</i> an den Fuß . . . . .                             | 119     |
| e) Stützenfüße mit Trägerrost . . . . .                                                                                     | 109—110 | $\gamma$ ) Anschluß des Stieles <i>II</i> an den Fuß . . . . .                           | 119     |
| 2. Berechnung und Ausführung der Trägeranschlüsse und der Stützenköpfe . . . . .                                            | 110     | $\delta$ ) Nachweis des Stützenfußquerschnittes im Schnitt $\alpha' - \alpha'$ . . . . . | 119     |
| 3. Berechnung und Ausführung der Stützenstöße . . . . .                                                                     | 110—113 | $\epsilon$ ) Nachweis des Stützenfußquerschnittes im Schnitt $\beta - \beta$ . . . . .   | 119     |
| a) Allgemeines . . . . .                                                                                                    | 110—111 | $\zeta$ ) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte . . . . .                              | 119—120 |
| b) Zahlenbeispiel . . . . .                                                                                                 | 111—113 | $\eta$ ) Anschluß der oberen Verstärkungsflachstahle an die Fußbleche . . . . .          | 120     |
| $\alpha$ ) Allgemeines . . . . .                                                                                            | 111—112 | $\theta$ ) Anschluß der Verankerung . . . . .                                            | 120     |
| $\beta$ ) Berechnung der gedachten Normalkraft . . . . .                                                                    | 112—113 | $\iota$ ) Untersuchung der Platte . . . . .                                              | 120     |
| $\gamma$ ) Bestimmung des Schweißanschlusses des oberen Stieles $\square$ P $42 \frac{1}{2}$ an die Stoßplatte . . . . .    | 113     | 2. Berechnung und Ausführung der Stützenköpfe . . . . .                                  | 121     |
| $\delta$ ) Untersuchung der Stoßplatte . . . . .                                                                            | 113     | 3. Die Ausbildung der Schrägen und Pfosten . . . . .                                     | 121     |
| $\epsilon$ ) Bestimmung des Schweißanschlusses des unteren Stieles $\square$ P $47 \frac{1}{2}$ an die Stoßplatte . . . . . | 113     |                                                                                          |         |

## Anhang.

|                                                    |         |
|----------------------------------------------------|---------|
| Vorschriften für geschweißte Stahlbauten . . . . . | 123—128 |
|----------------------------------------------------|---------|



# Übersicht über die Schweißtechnik

mit Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten<sup>1)</sup>.

## 1. Werkstoffe.

(Zu § 2).

### a) Baustähle (zu Ziffer 1).

Als Werkstoff können die Baustähle St 37 und St 52, sowie der Baustahl in Handelsgüte St 00/12 verwendet werden. Bei anderen Stahlsorten muß der Nachweis für ihre Eignung zum Schweißen besonders geführt werden.

### b) Schweißdrähte (zu Ziffer 2).

Für die Schweißdrähte sind in den Vorschriften keine Unterschiede zwischen minder- und hochwertiger Stoffe gemacht, obwohl die Güte der Schweißung vor allen Dingen von der Güte des zur Verwendung gelangenden Schweißdrahtes abhängt.

Im Stahlbau unterscheidet man im wesentlichen blanke und umhüllte Schweißdrähte; die ersteren werden auch als nackte und die letzteren als getauchte oder gestrichene Elektroden bezeichnet.

Die blanken Schweißdrähte sind bedeutend geringer im Preise und weisen eine geringere Schlackenentwicklung auf als die umhüllten Schweißdrähte; sie sind jedoch nur für Schweißung mit Gleichstrom zu verwenden und schließen Überkopfschweißungen aus.

Die teureren umhüllten Schweißdrähte haben dagegen den Vorteil, daß die Schweißungen in beliebigen Stellungen durchgeführt werden können, mithin also auch Überkopfschweißungen möglich sind, da die Umhüllung das geschmolzene Material gegen Abtropfen stützt. Durch die Umhüllung werden dem Material Sonderstoffe beigefügt, die die Güte der Schweißnähte günstig beeinflussen. Die Umhüllmasse ist meistens ein Fabrikgeheimnis der Herstellerfirma. Mit dem Selbstumhüllen ist dem Verbraucher nicht gedient, denn unrichtig gewählte Stoffe können einen sehr schädlichen Einfluß auf die Schweißnähte ausüben. Bei umhüllten Schweißdrähten kann Gleich- und Wechselstrom verwendet werden.

Die Schweißdrähte werden in Durchmessern von 2 bis 8 mm geliefert, am häufigsten kommen die Durchmesser von 3 bis 5 mm zur Verwendung. Die Wahl der richtigen Durchmesser ist für die ordent-

liche Herstellung der Schweißnähte von größter Bedeutung (vgl. Teil 6d).

Die Schweißdrähte sind im allgemeinen 350 und 450 mm lang; die blanken Schweißdrähte werden auch in ganzen Ringen geliefert.

Die Preise der Schweißdrähte schwanken ganz beträchtlich. Auf die Gesamtgestehungskosten der Stahlbauten bleiben jedoch die Preisunterschiede ohne wesentlichen Einfluß, so daß bei Wahl der Schweißdrähte nicht die Kosten, sondern die gute Beschaffenheit der Drähte ausschlaggebend sein soll.

## 2. Schweißverfahren.

(Zu § 3).

Damit die Entwicklung der Schweißtechnik nicht behindert wird, sind in den „Vorschriften“ keine bestimmten Verfahren vorgeschrieben; die Wahl des Schweißverfahrens bleibt ganz und gar dem Herstellerwerk freigestellt.

Im Stahlbau wird die Verwendung der elektrischen Lichtbogenschweißung immer mehr bevorzugt, da dieses Verfahren die gleichmäßigsten Ergebnisse und die geringsten ungünstigsten Wärmespannungen und Nebenerscheinungen (wie z. B. Verwerfungen) ergibt.

Die Schweißmaschinen sind die Kraftquellen, sie werden im wesentlichen in Schweißdynamos und Schweißtransformatoren eingeteilt.

Für die richtige Wahl von Schweißeinrichtungen sind die vorliegenden Betriebsverhältnisse und die verschiedenen Arten der Stromversorgung von Bedeutung.

Das Schweißen vom Netz kommt nur in seltenen Fällen zur Anwendung. Die gebräuchlichen Spannungen der Verteilungsnetze für Licht- und Kraftstrom sind sehr hoch, so daß, um ein Verbrennen des Werkstoffes zu vermeiden, Widerstände vorgeschaltet werden müssen. Durch die Vorschaltwiderstände wird jedoch der Stromverbrauch sehr hoch; außerdem ist durch die auftretenden hohen Spannungen der Betrieb äußerst gefährlich. Das Schweißen vom Netz kann daher nur bei billigen Strompreisen und bei seltener Anwendung in Betracht kommen.

<sup>1)</sup> Die „Vorschriften für geschweißte Stahlbauten“, die durch Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und durch Erlaß des Preussischen Ministers für Volkswohlfahrt vom 10. Mai 1931 eingeführt sind, befinden sich im Anhang dieses Bandes.

Die Gleichstromdynamos sind im allgemeinen den Wechselstromtransformatoren vorzuziehen. Der Gleichstromlichtbogen eignet sich infolge seiner besseren Richtbarkeit und des sich ergebenden tieferen Einbrandes besser als Wechselstrom. Da der Schweißbetrieb zu den rauen Betrieben rechnet und in elektrischer Beziehung sehr hohe Ansprüche an die Schweißmaschinen gestellt werden, so muß die Bauart äußerst gediegen sein.

Der Antrieb der Schweißmaschinen erfolgt in der Regel durch unmittelbare Kuppelung mit Motoren irgendwelcher Art; es kommen Elektromotoren, Benzin- (Benzol-) und Rohöl- (Diesel-) Motoren zur Verwendung. Die Benzin- und besonders die Dieselmotoren werden wegen des billigen Betriebes oft vorgezogen. Durch die unmittelbare Kuppelung bilden dann die Schweißmaschinen mit den Motoren ortsfeste oder fahrbare Aggregate (vereinigte Maschinensätze). Riemenantriebe von einer vorhandenen Transmission werden nur dann gewählt, wenn ein motorischer Antrieb sich nicht einrichten läßt.

Die ortsfeste Ausführung ist bei Unterbringung der Maschinen in einem besonderen Maschinenraum die gegebene. Eine bequeme und übersichtliche Fernregelung ist dabei von größter Bedeutung: Bei Wechslung der Lichtbogenrichtung soll zweckmäßig die Stromstärke verändert werden. Beim Fehlen der Fernregelung muß der Schweißer sich jedesmal vom Schweißort nach der Maschinenanlage begeben, was natürlich mit großen Zeitverlusten verbunden ist. Unterbleibt die Nachregelung aus Bequemlichkeit, dann geschieht es bestimmt zum Nachteil der Schweißausführung. Der Fernregler schützt auch den Schweißer gegen mutwillige Störungen.

Bei Lichtbogenschweißung mittels Gleichstrom muß etwa vorhandener Wechselstrom umgeformt (transformiert) werden.

Mehrfach-Schweißmaschinen und Mehrstellen-Schweißanlagen kommen vorteilhaft nur bei großen Schweißbetrieben in Betracht, bei denen mit verhältnismäßig hoher Einschaltdauer gearbeitet wird und wo die Schweißstellen wegen des Spannungsabfalles in den Schweißkabeln nicht zu weit von der Maschine entfernt liegen.

Die Wechselstrom-Transformatoren haben den Vorzug der geringen Kosten. Eine Schweißanlage mit Wechselstrom kostet etwa nur 1000.— RM. gegenüber 3000.— RM. einer Anlage mit Gleichstrom. Sie ermöglichen die unmittelbare Verwendung des Drehstromes zur Lichtbogenschweißung. Nachteilig ist, daß der Lichtbogen nicht bis zum Scheitel der Naht durchdringt, sondern vorher nach den Wänden abwandert. Die Ecken bleiben daher ungeschweißt, obwohl gerade hier ein Einbrand von 2 bis 3 mm die Schweiße erst wertvoll macht. Als Nachteil der Wechselstrom-Transformatoren ist noch zu erwähnen, daß sich blanke Drähte nur schwer verschweißen lassen. Schließlich ist noch bei dem Arbeiten mit Wechselstrom auf die Gefahr für den Schweißer hin-

zuweisen: beim jedesmaligen Unterbrechen des Lichtbogens tritt zwischen Werkstoff und Schweißdraht die volle Leerlaufspannung bis zu 85 Volt auf (60 bis 70 Volt sind bereits gefahrbringend). Bei Gleichstromschweißung bleibt die Spannung unter 42 Volt (zulässige Grenze), und zwar im Leerlauf, bei der Zündung und während des Schweißens. Im Stahlbau sollten daher Schweißarbeiten nur mit Gleichstrom ausgeführt werden.

Zur Schweißmaschine gehört die Schweißplatz-ausrüstung: 5 m langes Handkabel mit Schweißdrahthalter und Rückleitungskabel, ein Kopfschutzschild mit Dunkelglas, Handschuhe, Schweißhammer, Stahldrahtbürste, Schraubzwinde und der Schweißdrahtkasten.

Das zur Anwendung kommende Schweißverfahren muß in den Bauvorlagen angegeben werden.

### 3. Berechnung von Schweißnähten.

(Zu § 4).

#### a) Allgemeines (zu Ziffer 1).

Die Bemessung der Schweißverbindungen ist in übersichtlicher und prüfbarer Form nachzuweisen. Die Anordnung und Abmessungen der Schweißnähte sind in den Zeichnungen anzugeben. Baustellenschweißungen sind in den Zeichnungen durch Hinzufügen des Buchstabens „B“, Überkopfschweißungen durch „Ü“ zu kennzeichnen. Die sinnbildliche Darstellung von Schweißnähten erfolgt im allgemeinen nach den im Anhang beigefügten Sinnbildern. Im

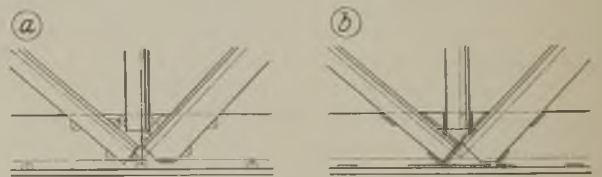


Abb. 1. Darstellung der Schweißnähte bei „a“ mittels Sinnbilder und bei „b“ mittels Schraffur.

vorliegenden Bande sind jedoch die Nähte zwecks Erzielung einer besseren Übersicht in ihren Dicken und Längen durch Schraffierung dargestellt und teilweise noch besonders im größeren Maßstabe herausgezeichnet. In Abb. 1 sind für einen Knotenpunkt die Schweißnähte einmal mittels Sinnbilder und das andere Mal mit Schraffur dargestellt.

#### b) Berechnung der Schweißnähte auf Abscheren (zu Ziffer 2).

##### α) Kehlnähte (Flanken- und Stirnnähte).

In der Abb. 2 sind Flanken- und Stirnnähte dargestellt; die Flankennähte liegen gleichlaufend zur Krafrichtung und die Stirnnähte quer dazu. Beide Arten werden mit Kehlnaht (Kehlschweißung) bezeichnet.

Für den Nachweis der Festigkeit ist die kleinste Bruchfläche der Nähte maßgebend; diese ergibt sich



mit den in der Formel (1) genannten Wert  $\Sigma(al)$ . Der Wert  $\Sigma(al)$  ist somit die in Rechnung zu setzende Schweißfläche  $F_{\text{Schw}}$ .

Bei der Bestimmung der Schweißnahtdicke  $a$  (Abb. 2d) wird die Einbrenntiefe und die Schweißnahtüberhöhung  $\Delta a$  nicht berücksichtigt, es ist nur die Höhe des eingeschriebenen gleichschenkligen Dreiecks als tragend anzusehen. Ebenfalls werden die Endkrater der Nähte nicht mit zur rechnerischen

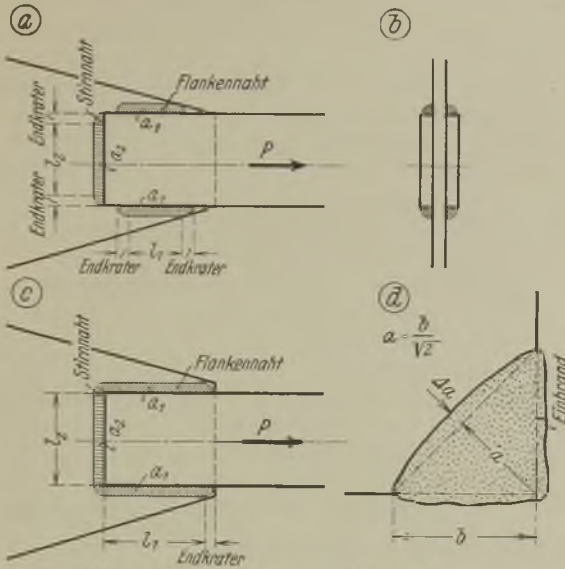


Abb. 2. Kehlnähte (Flanken- und Stirnnähte).

Nahtlänge einbezogen (Abb. a); die Bestimmung ist dadurch begründet, daß die Kraterenden gar nicht oder nur teilweise mittragen. Die wirkliche Kehlnahtlänge ist dann  $l + 2 \cdot \text{Endkrater}$ . Für die Bestimmung der Endkraterlängen sind in den „Vorschriften“ keine Angaben gemacht; im vorliegenden Band ist im allgemeinen als Endkraterlänge die Schweißnahtdicke  $a$  angenommen.

Für den Anschluß nach Abb. 2a ergibt sich

$$F_{\text{Schw}} = \Sigma(al) = 4 a_1 l_1 + 2 a_2 l_2;$$

$$\varrho = \frac{P}{F_{\text{Schw}}}$$

Die Schweißnahtdicken und die Nahtlänge  $l_2$  sind meistens bekannt.

Die Stirnnähte übertragen dann folgende Kraft

$$P' = 2 a_2 l_2 \varrho.$$

Zieht man diese Kraft  $P'$  von der Gesamtanschlußkraft  $P$  ab, dann bleibt die Kraft übrig, die die Flankennähte aufzunehmen haben.

Die Spannung der Flankennähte

$$\varrho = \frac{P - P'}{4 a_1 l_1}$$

und hieraus die Länge der Flankennähte:

$$l_1 = \frac{P - P'}{4 a_1 \varrho} = \frac{P - 2 a_2 l_2 \varrho}{4 a_1 \varrho}$$

Die Längen  $l_1$  und  $l_2$  sind ohne Endkrater zu verstehen (vgl. Abb. 2a).

Werden die Flanken- und Stirnnähte vereinigt, bzw. wird um die Stabecken herumgeschweißt (Abb. 2c), dann brauchen an diesen Ecken Endkraterabzüge nicht berücksichtigt zu werden.

Praktische Zahlenbeispiele von Stabanschlüssen sind im zweiten Abschnitt, Teil A, 1 gegeben.

β) Schlitznähte.

In der Abb. 3 sind Schlitznähte dargestellt (Schlitz- bzw. Lochschweißung). Schlitznähte werden vorteilhaft dort angewendet, wo größere Stabkräfte mit einer möglichst geringen Anschlußlänge übertragen werden sollen.

Abb. a zeigt einen eckigen Langlochschnitt, Abb. b einen abgerundeten Langlochschnitt und Abb. c ein Rundloch. Bei der Berechnung der Schlitznähte denkt man sich die Dicken  $a$  der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt (Abb. d); die in Rechnung zu setzenden Nahtlängen  $l$  bzw. Schweißnahtflächen  $F_{\text{Schw}}$  ergeben sich dann wie folgt:

Eckiger Langlochschnitt (Abb. 3a):

$$l = 2(c + d - 2a),$$

$$F_{\text{Schw}} = al = 2a(c + d - 2a).$$

Abgerundeter Langlochschnitt (Abb. 3b):

$$l = 2c + (d - a)\pi,$$

$$F_{\text{Schw}} = al = 2ac + (d - a)a\pi.$$

Lochnaht (Abb. 3c):

$$l = (d - a)\pi,$$

$$F_{\text{Schw}} = al = (d - a)a\pi.$$

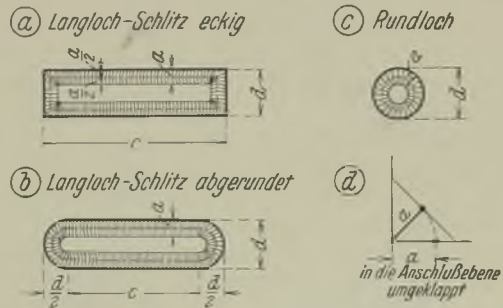


Abb. 3. Schlitznähte.

Die abgerundeten Schlitznähte ergeben eine bessere Spannungsverteilung als die rechteckigen Schlitznähte.

Bei Ausführungen, die dem Wetter nicht ausgesetzt sind, darf der verbleibende Raum des Schlitzes offen bleiben. Bei Bauteilen, die dem Wetter ausgesetzt sind (z. B. Außenkranbahnen), wird der verbleibende Schlitzraum zweckmäßig mit Asphalt oder Eisenkitt ausgefüllt. Ein Füllstoff aus Schweißgut ist unwirtschaftlich, da er in keinem Fall, auch nicht bei Druckstäben, als mittragend gerechnet werden darf. Praktische Zahlenbeispiele sind im zweiten Abschnitt, Teil A, 1, e gegeben.

γ) Stumpfnähte.

Bei den Stumpfnähten (Stumpfschweißung) ist die in Rechnung zu setzende Dicke  $a$  eindeutig durch die kleinste Dicke der zu verbindenden Teile festgelegt. Praktische Zahlenbeispiele sind im zweiten Abschnitt eingefügt.

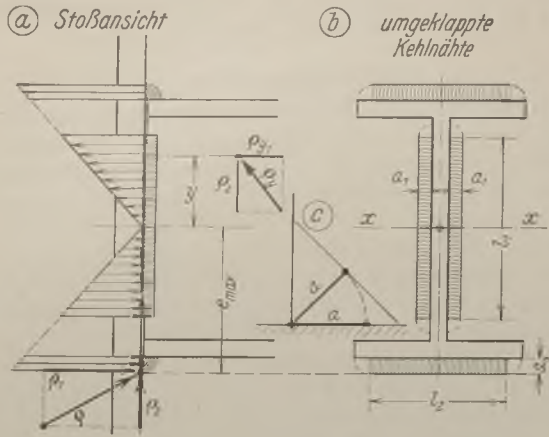


Abb. 4. Berechnung eines Schweißanschlusses für eine Auflagerkraft  $A$  und für ein Moment  $M$ .

c) Berechnung der Schweißnähte auf Abscheren bei gleichzeitiger Wirkung eines Momentes (zu Ziffer 3).

Bei Schweißverbindungen, die außer für eine Auflagerkraft  $A$  bzw. Querkraft  $Q$  auch für ein Moment  $M$  zu berechnen sind (Abb. 4), erhalten die Schweißnähte infolge des Momentes  $M$  waagrecht und infolge der Querkraft  $Q$  lotrecht gerichtete Spannungen. Die waagerechten Spannungen  $\sigma_1$  stehen im Verhältnis zu ihren Abständen von der Nulllinie; in einer Hälfte des Anschlusses entstehen Zug- und in der anderen Hälfte Druckkräfte (Abb. a). Die lotrechten Spannungen  $\sigma_2$  sind gleichmäßig über die Schweißnähte verteilt, es entstehen überall gleiche Scherkräfte.

Zwecks Berechnung der Schweißfläche  $F_{Schw}$  und des Widerstandsmoment  $W_{Schw}$  denkt man sich wieder die Nahtdicken  $a$  sämtlicher Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt (Abb. c und b). Bei nicht spiegelgleicher Anschlußfläche muß zunächst die Lage der Schwerachse  $x-x$ , die Schweißfläche  $F_{Schw}$ , das Trägheitsmoment  $J_{Schw}$  und schließlich das kleinste Widerstandsmoment  $W_{Schw} = J_{Schw} : e_{max}$  ermittelt werden.

Die größte Spannung ergibt sich in der Schweißfaser, die am weitesten von der Schwerlinie  $x-x$  entfernt liegt:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_{Schw}}\right)^2 + \left(\frac{Q}{F_{Schw}}\right)^2}$$

Eine im beliebigen Abstand  $y$  von der Nulllinie  $x-x$  entfernt liegende Faser erhält die Spannung (Abb. 4 a):

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{1y}^2 + \sigma_{2y}^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{J_{Schw}} y\right)^2 + \left(\frac{Q}{F_{Schw}}\right)^2}$$

Praktische Zahlenbeispiele sind in allen Abschnitten zu finden.

d) Berücksichtigung von Querschnittsschwächungen (zu Ziffer 4 und 5).

Der sich bei ordnungsgemäßer Schweißung ergebende Einbrand (vgl. Abb. 2 d), der am Scheitel je nach der vorhandenen Schweißnahtdicke etwa 1 bis 3 mm betragen soll, ist nicht als Schwächung des Querschnittes anzusehen.

Eine Schwächung des Querschnittes ist nur dann zu berücksichtigen, wenn durch etwaige Löcher für Montagebolzen oder durch Schlitznähte die an der geschwächten Stelle vorhandene Beanspruchung größer als die zulässige wird. Meistens wird der gefährliche Schnitt  $\alpha-\alpha$  (Abb. 5 a) bereits durch die vorher vorhandenen Längen  $f$  der Flankenkehlnähte genügend entlastet sein.

Bezeichnet

$P$  die Stabkraft,

$P_\alpha$  die noch im Schnitt  $\alpha-\alpha$  befindliche Stabkraft,

$F_\alpha$  den geschwächten Stabquerschnitt im Schnitt  $\alpha-\alpha$ ,

$d$  die Schlitzbreite,

$t$  die Schlitzdicke,

$f$  die Länge der vor dem Schnitt  $\alpha-\alpha$  befindlichen Flankenkehlnähte,

$a$  die Dicke der Flankenkehlnähte,

$\sigma_{zul}$  die zulässige Stahlbeanspruchung,

$\sigma_{vorh}$  die vorhandene Schweißnahtbeanspruchung,

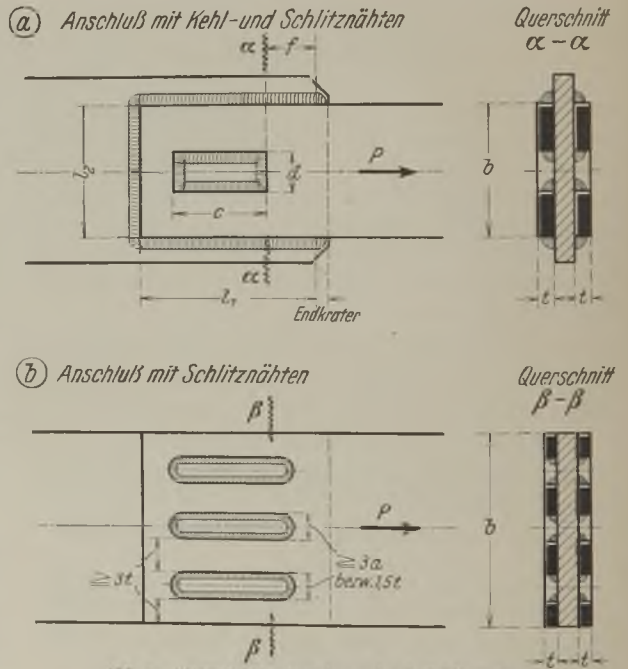


Abb. 5. Querschnittsschwächung durch Schlitznähte.

dann ist im Schnitt  $\alpha-\alpha$  die Stahlbeanspruchung

$$\sigma_\alpha = \frac{P_\alpha}{F_\alpha} = \frac{P - 4af\sigma_{vorh}}{2t(b-d)}$$

Ergibt sich  $\sigma_\alpha$  höher als die zulässige Stahlbeanspruchung  $\sigma_{zul}$ , dann muß die Entfernung der Schlitz-



naht vom Blechrand bzw. der Abstand  $f$  wie folgt vergrößert werden:

$$f = \frac{P + 2t(b-d)\sigma_{zul}}{4a\sigma_{vorb}}$$

Wird der Abstand  $f$  zu groß, dann muß der Stabquerschnitt entsprechend vergrößert werden.

Sind nur Schlitznahtschweißungen vorhanden (Abb. 5b), dann ist unbedingt eine Querschnittschwächung vorhanden.  $\sigma_\alpha$  darf nicht größer als  $\sigma_{zul}$  werden:

$$\sigma_\alpha \leq \frac{P}{F_\alpha} = \frac{P}{2t(b-3d)} \leq \sigma_{zul}$$

e) Anschluß von Gurtplatten (zu Ziffer 6 und 7).

Die „Vorschrift“ lautet: „Gurtplatten sind erst an der Stelle als voll wirksam anzusehen, wo ihr Querschnitt durch die Schweißnähte voll angeschlossen

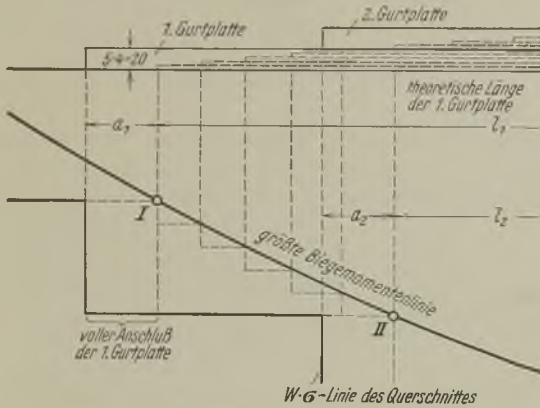


Abb. 6. Zum Anschluß von Gurtplatten.

ist.“ Soll das heißen, daß die Gurtplatten über die theoretischen Gurtplattenlängenspunkte (I in Abb. 6) hinaus so weit verlängert werden sollen, daß sie bereits an den theoretischen Punkten voll angeschlossen sind? Das wäre jedoch gegenüber der Nietausführung eine Benachteiligung. Der volle Gurtplattenquerschnitt kommt an den theoretischen Plattenschnittpunkten noch lange nicht zur vollen Wirkung; voll angeschlossen muß erst die Platte vor Beginn des theoretischen Schnittpunktes der folgenden Gurtplatte sein. So braucht z. B. in Abb. 6 die 1. Gurtplatte nicht schon im Punkte I, sondern erst im Punkte II voll angeschlossen zu sein. Da es aber in den „Vorschriften“ weiter heißt: „Der Anschluß ist tunlichst so auszubilden, daß er rechnerisch nicht länger als  $40a$  zu sein braucht“, so sind wohl die Vorschriften dahin auszulegen, daß tatsächlich der gesamte Anschluß der Gurtplatte schon an der Stelle vorhanden sein muß, an der die Platte gerade erst mit einem geringen Bruchteil ihrer Stärke zu wirken beginnt. Diese Forderung, die übertrieben zu sein scheint, ist höchst unwirtschaftlich.

f) Nicht einwandfreie Nähte (zu Ziffer 8).

In den Abb. 114d und 103b sind Nähte dargestellt, die wegen erschwerter Zugänglichkeit nicht einwand-

frei ausgeführt werden können. Bei vorhandenem spitzen Winkel reißt der Lichtbogen ab und ist dadurch ein guter Einbrand der Naht nicht gewährleistet. Die Vorschrift, derartige Nähte bei der Festigkeitsberechnung außer Ansatz zu lassen, besteht daher mit vollem Recht.

#### 4. Zulässige Spannungen der Schweißnähte.

(Zu § 5).

Die zulässigen Spannungen der verschiedenen Schweißnahtarten sind abhängig von den zulässigen Beanspruchungen  $\sigma_{zul}$  des betreffenden Bauteiles. Durch diese Maßnahme und durch die genauen Angaben der Spannungsarten sind irgendwelche Zweifel ausgeschlossen. Daß die Grenzen der zulässigen Spannungen sehr niedrig gewählt sind, ist durch die noch nicht geklärte Spannungsverteilung von Schweißanschlüssen begründet: In den an sich einfachen Formeln ist eine gleichmäßige Spannungsverteilung angenommen; unzweifelhaft steht jedoch fest, daß die tatsächliche Spannungsverteilung keineswegs gleichmäßig verläuft, sondern gegenüber den errechneten Mittelwerten an einzelnen Stellen höhere und an anderen Stellen wieder niedrigere Spannungen auftreten.

Bei einem Stabanschluß mit Flankennähten hängt die Verteilung der Scherspannungen in den Schweißnähten wesentlich von der Form und Steifigkeit des Knotenbleches ab. So wird z. B. bei der schmal auslaufenden Knotenblechform nach Abb. 7a der Verlauf der Scherspannungen infolge der guten Dehnungsfähigkeit des Bleches ziemlich gleichmäßig sein. Bei dem breit auslaufenden Knotenblech nach Abb. 7b werden dagegen die Scherspannungen durch das

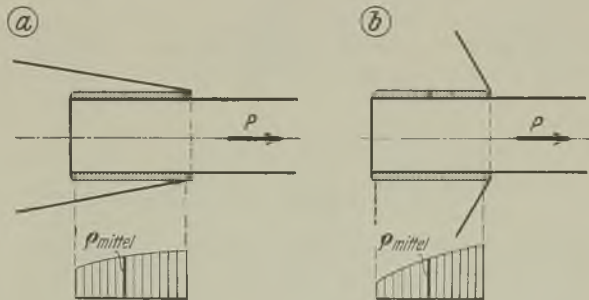


Abb. 7. Ungleichmäßige Spannungsverteilung bei Flankenkehlnaht-Anschlüssen.

starre Knotenblech sehr ungleichmäßig verlaufen: am Knotenblechrand sehr groß und nach dem Stabende zu stark abfallend.

Bei gleichzeitiger Anwendung von Flanken- und Stirnnähten (vgl. Abb. 2c) wird durch die vorhandene statische Unbestimmtheit die ungleichmäßige Belastungsverteilung noch weiter erhöht, so daß die mittlere Spannung in den Flankennähten nur etwa halb so groß ist wie die in der Stirnnaht. Aus diesem Grunde erfolgt bei Zerreißversuchen der Bruch stets in der Stirnnaht.

Außer der ungleichmäßigen Kraftverteilung in den Schweißnähten sind noch die ungünstig wirkenden Wärme- und Schrumpfspannungen zu berücksichtigen (vgl. Teil 6e).

Aus all diesen Gründen ist zu erkennen, daß die in den Vorschriften gegebenen einfachen Berechnungsformeln nur ungefähre Durchschnittswerte der wirklich auftretenden Spannungen ergeben können und daß daher bei Festsetzung der zulässigen Spannungen mit Recht eine größere Sicherheit angenommen ist.

### 5. Bauliche Durchbildung. (Zu § 6).

- a) Stabquerschnitte und -anschlüsse (zu Ziffer 1).
- α) Stabquerschnitte.

Schon bei der Aufstellung der statischen Berechnung ist darauf zu achten, daß die Stabquerschnitte der Besonderheit der Schweißtechnik anzupassen sind. Bei Fachwerkträgern wird man im allgemeinen auf besondere Knotenbleche, wie sie bei genieteten Ausführungen unbedingt erforderlich sind, verzichten können. Aus diesem Grunde sind als Gurte möglichst T-förmige Querschnitte zu wählen, an deren

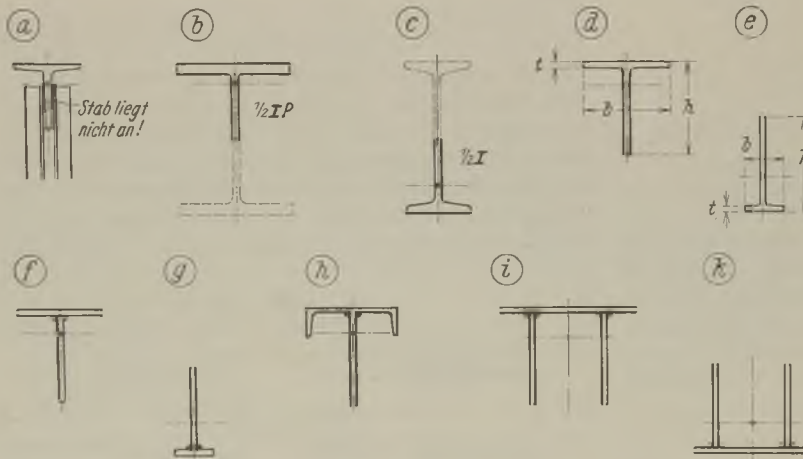


Abb. 8. Gurtquerschnitte für Fachwerkträger ohne Knotenbleche.

Steg sich dann die Füllstäbe unmittelbar anschließen. Die hochstegigen T-DIN-Stäbe werden meistens nicht zur Verwendung kommen können, da sie nach jeder Seite des Steges eine Neigung um 2 % aufweisen und daher die anschließenden Stäbe nicht genau zum Anliegen kommen (Abb. 8a). Hier können nun in vorteilhafter Weise I-P- und I-Träger in Stegmitte auseinander geschnitten werden (Abb. b und c). Derartige I-Halbquerschnitte können auch bereits von Walzwerken bezogen werden. In den meisten Fällen kann man jedoch diese 1/2 I-Querschnitte nicht ausnutzen. Hier müßten bald eine Reihe von T-Stäben, die den Verhältnissen als Druck- und Zuggurte besser entsprechen, als Walzstäbe eingeführt werden (Druckstab Abb. d, Zugstab Abb. e). Die T-Stäbe können auch gemäß Abb. f und g aus Flach- bzw. Breitstählen

zusammengeschweißt werden. Doch sollen diese Zusammensetzungen nur dann gewählt werden, wenn durchaus keine 1/2 I- oder gewalzte T-Stäbe konstruk-

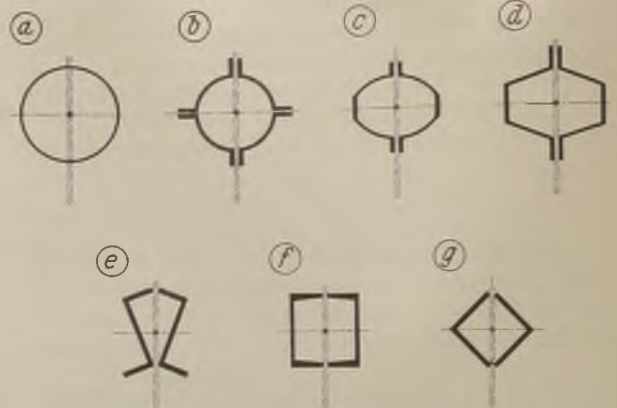


Abb. 9. Gurt- bzw. Druckquerschnitte für Fachwerkträger mit Verwendung von Knotenblechen.

tiv und wirtschaftlich passen sollten. Abb. h zeigt einen aus einem Flach- oder Breitstahl und einem C-Träger zusammengesetzten Druckquerschnitt und die Abb. i und k veranschaulichen zusammengeschnittene Gurtquerschnitte für doppelwandige Fachwerke.

Rohrquerschnitte, die an und für sich als Druckstäbe gut geeignet sind, kommen wegen ihres hohen Preises nur für solche Bauteile in Betracht, bei denen die Eigengewichtsverminderung von ausschlaggebender Bedeutung ist. In der Abb. 9b—g sind verschiedene Querschnitte zusammengestellt, die dem Rohrquerschnitt (Abb. 9a) ziemlich nahe kommen: Abb. b ist aus 4 Quadrant-, Abb. c und d aus 2 Belag-, Abb. e aus 2 L-, Abb. f aus 2 C- und Abb. g aus 2 L-Eisen gebildet.

Bei all diesen Querschnitten, die zum Teil eine eigenartige Wirkung erzielen, werden zweckmäßig Knotenbleche angeordnet (vgl. die Knotenpunktanschlüsse nach Abb. 28).

In zweckvoller Weise können auch Blechträger aus halben I-Trägern mit dazwischen gelegtem Breitstahl gemäß Abb. 10a hergestellt

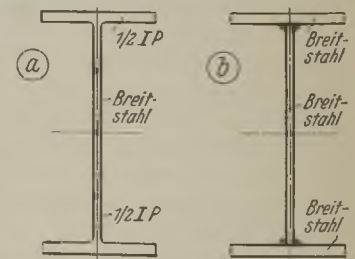


Abb. 10. Schweißträger-Querschnitte.

oder aber aus Flach- und Breitstählen gemäß Abb. 10b zusammengeschnittene. Eine gute Aussteifung dieser Schweißträger ist jedoch unerlässlich.



Schließlich sind in der Abb. 11 verschiedene Stützenquerschnitte dargestellt.

### β) Stabanschlüsse.

Nicht nur die Stabquerschnitte, sondern auch die Stabanschlüsse sind der Schweißtechnik anzupassen. Anschlußwinkel, die bei Niet- und Schraubenverbindungen eine große Rolle spielen, lassen sich bei Schweißverbindungen meistens durch einfache Bleche

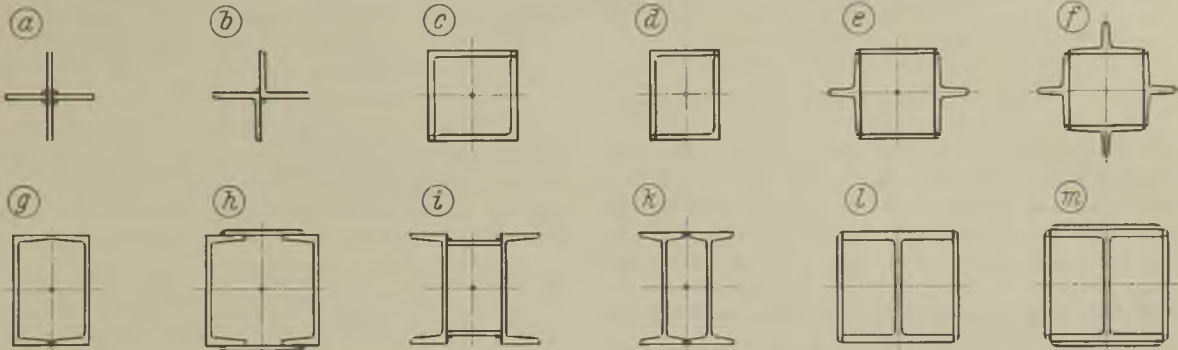


Abb. 11. Stützen-Querschnitte.

oder Flachstäbe ersetzen. In Abb. 12 ist z. B. ein Konsolanschluß einmal mittels Nietung und das andere Mal mittels Schweißung dargestellt. Bei der Nietausführung sind 4 Winkel und 2 Bleche, bei der Schweißausführung dagegen nur 2 Bleche erforder-

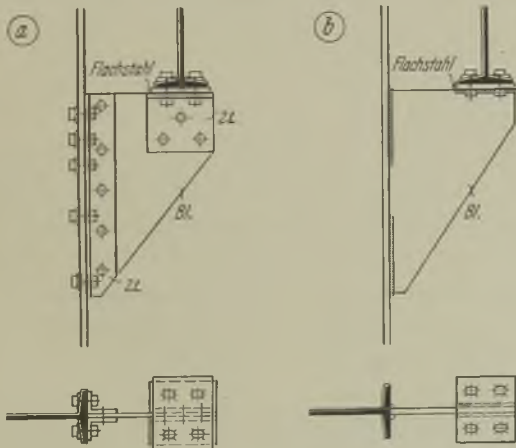


Abb. 12. Gegenüberstellung eines genieteten bzw. geschraubten und eines geschweißten Anschlusses.

lich. In den weiteren Abschnitten sind eine größere Anzahl praktischer Beispiele schweißgerechter Ausführungen zu finden.

### b) Geschweißte Trägeranschlüsse (zu Ziffer 2).

Die Vorschrift, daß bei geschweißten Trägeranschlüssen sowohl an den Gurtungen als auch an den Stegen Schweißnähte auszuführen sind, kann sich wohl nur auf solche Trägeranschlüsse beziehen, die außer der Auflagerkraft  $A$  auch ein Einspannmoment  $M$  zu übertragen haben. Aber auch in diesem Falle können die Schweißnähte an den Stegen

unterbleiben, wenn zur Aufnahme der Auflagerkraft besondere Stützknaggen vorgesehen sind (vgl. Abb. 110 mit dem dazugehörigen Zahlenbeispiel).

### c) Die Schwerlinien der Stäbe und die der Schweißanschlüsse decken sich mit den Netzlinien (zu Ziffer 3 und 4).

Die Schwerlinien der Stäbe und die der Schweißflächen sollen sich möglichst mit den Netzlinien des

Fachwerkes decken. Diese Forderung ist vor allem bei Winkelstabanschlüssen zu beachten. Im Teil A, 1 des zweiten Abschnittes sind hierfür die Berechnungsformeln angegeben. In der Tafel 2 sind die für diese Forderung berechneten Schweißanschlüsse von ungleichen Winkelstäben zusammengestellt.

### d) Zulässige Kehlnahtlängen (zu Ziffer 5).

Die für Flankennähte vorgeschriebene Mindestlänge von 40 mm (ohne Endkrater) hat seine Ursache in der Unsicherheit der anzunehmenden Endkraterlängen zu suchen. Bei Heftnähten, die keine oder nur geringfügige Kräfte zu übertragen haben, kann die Mindestlänge unter Umständen etwas unterschritten werden.

Die Längenbegrenzung der Flankennähte bis höchstens  $40a$  (ohne Endkrater) ist berechtigt, da bei größeren Längen, sinngemäß der längeren Nietanschlüsse, die Verteilung der Scherspannungen zu ungleichmäßig wird. Ergibt die Berechnung Kehlnahtlängen über  $40a$ , dann müssen zur Verringerung der Anschlußlänge außer den Flankennähten noch Stirnnähte oder Schlitznähte bzw. Stirn- und Schlitznähte angeordnet werden. Ist dies auch nicht ausreichend oder nicht möglich, dann müssen die Querschnittsdicken und dementsprechend die Nahtdicken vergrößert werden.

### e) Anhäufung von Schweißnähten (zu Ziffer 6).

Die Vorschrift, daß die Schweißnähte sich an einzelnen Stellen nicht zu sehr häufen sollen, ist bei Vorhandensein von geringen Stahldicken sehr zu beachten: Wenn auch nach den Vorschriften (§ 4, Ziffer 4) der Einbrand der Schweiße nicht als Schwächung des Querschnittes anzusehen ist, so wird bei



geringen Stahldicken eine Häufung der Einbrände doch eine gewisse Gefahr bedeuten.

Bei der Schweißträgeraussteifung nach Abb. 13a ist bei dem vorhandenen starken Steg wirklich keine nennenswerte Schwächung durch die vorhandenen



Abb. 13. Häufung von Schweißnähten.

vier Kehlnähte vorhanden. Anders ist es bei dem verhältnismäßig dünnen Steg nach Abb. 13b; hier wirkt sich der Einbrand schon recht gefährlich aus und es ist in diesem Fall ratsam, die Nähte bzw. Aussteifungen gemäß Abb. 13c etwas zu versetzen.

**f) Bearbeitung und Anwendung von V- und X-Nähten**  
(zu Ziffer 7).

In Abb. 14 ist eine V-, eine X-, eine einfache und eine doppelte Stumpfnäht dargestellt. Bei den V-

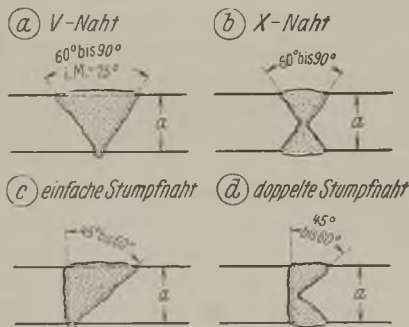


Abb. 14. Stumpfnähte.

und X-Nähten beträgt der Öffnungswinkel der Fugen gemäß der Sinnbilder 60° bis 90°, im Mittel also 75°. Die einfachen und doppelten Stumpfnähte sind in den Sinnbildern nicht enthalten; gemäß der amerikanischen Vorschriften kann man sich hier mit einem Abschrägwinkel von 45° bis 60° begnügen.

Die Kanten müssen bis zu 3 mm gebrochen werden, damit der Schweißdraht gut zwischen die zu verbindenden Bleche gebracht werden kann.

Das Brechen der Kanten geschieht im Stahlhochbau meistens mittels Brennschneider, seltener mit spanabhebenden Werkzeugen. Vor dem Schweißen müssen die verbrannten Werkstoffteilchen und sonstige Verunreinigungen der Naht, wie Schlacke, Rost, Walzzunder usw., sorgfältig entfernt werden.

Bei mittelstarken Blechen, bis etwa 15 mm Dicke, wird im allgemeinen die V-Naht und bei stärkeren Blechen die X-Naht angewendet. Bei Anordnung einer X-Naht muß natürlich die Möglichkeit bestehen, daß das Werkstück auf beiden Seiten geschweißt werden kann. Die V-Naht kann aber auch bei den

größten Dicken angewendet werden; der Schweißstoffverbrauch ist jedoch etwa doppelt so groß als bei einer gleichstarken X-Naht während die Bearbeitung gegenüber der X-Naht etwas geringere Kosten verursacht.

**g) Zulässige Schweißnahtdicken**  
(zu Ziffer 8).

Die zulässigen Schweißnahtdicken sind von den vorhandenen Blechdicken abhängig, was ja auch leicht verständlich ist. Die Vorschriften besagen, daß die Schweißnahtbreite  $b$  (also die Schenkellänge der Kehlnaht) nicht größer sein darf, als die am Anschluß vorhandene geringste Blechdicke  $t$ .

Bei den im Band vorgenommenen Berechnungen ist der Einfachheit halber nicht erst die Schenkellänge  $b$ , sondern gleich die für die Berechnung maßgebende Schweißnahtdicke  $a$  bestimmt:

$$b \leq t; \quad b = a\sqrt{2}; \quad a\sqrt{2} \leq t; \quad a \leq \frac{t}{\sqrt{2}}; \\ a \leq 0,707t.$$

Bei Walzquerschnitten mit abgerundeten Ecken ist bei Ausnutzung der vollen Stahldicke eine Verstärkung der Naht gemäß der Abb. 15b erforderlich. Durch diese Verstärkung wird jedoch ein beträchtlicher Zusatz an Schweißgut und eine längere Schweißzeit erforderlich, so daß, wenn es irgend möglich ist, die Nahtdicke  $a$  in vorteilhafterer Weise gemäß Abb. 15a ermittelt wird. Bei Winkelstabanschlüssen ist die Wahl der unverstärkten Naht überhaupt das einzig Richtige, da an dieser abgerundeten Anschlußseite infolge der dem Winkelstab anzupassenden Schweißflächen-Schwerlinie sowieso eine beträchtliche kürzere bzw. eine kleinere Nahtdicke notwendig wird.

Für ungleichschenklige Winkeleisen sind die gemäß Abb. 15a bestimmten unverstärkten Nahtdicken aus der Tafel 2 zu ersehen; für I, C- und L-Eisen ergeben

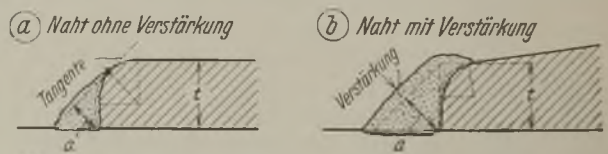


Abb. 15. Normale und verstärkte Kehlnaht bei Querschnitten mit abgerundeten Ecken.

sich die unverstärkten Nahtdicken in mm wie folgt:

|         |  | 1) I-Träger. |     |     |     |        |     |        |      |      |      |
|---------|--|--------------|-----|-----|-----|--------|-----|--------|------|------|------|
| für I   |  | 14           | 16  | 18  | 20  | 22     | 24  | 26     | 28   | 30   | 32   |
| ist a = |  | 3,4          | 3,6 | 4,0 | 4,4 | 4,7    | 5,0 | 5,4    | 5,8  | 6,3  | 6,7  |
| für I   |  | 34           | 36  | 38  | 40  | 42 1/2 | 45  | 47 1/2 | 50   | 55   | 60   |
| ist a = |  | 7,2          | 7,7 | 8,1 | 8,6 | 9,2    | 9,8 | 10,4   | 11,2 | 12,4 | 13,4 |
|         |  | 2) C-Träger. |     |     |     |        |     |        |      |      |      |
| für C   |  | 6 1/2        | 8   | 10  | 12  | 14     | 16  | 18     | 20   | 22   |      |
| ist a = |  | 2,7          | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,7    | 3,7 | 3,9    | 3,9  | 4,2  |      |
| für C   |  | 24           | 26  | 28  | 30  | 32     | 35  | 38     | 40   |      |      |
| ist a = |  | 4,5          | 4,9 | 5,3 | 5,7 | 7,5    | 6,8 | 6,2    | 7,6  |      |      |

3) hochstegige  $\perp$ -Eisen.

|             |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| für $\perp$ | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 12  | 14  | 16  | 18  |
| ist $a =$   | 2,8 | 3,4 | 3,7 | 4,0 | 4,8 | 5,2 | 6,1 | 7,1 | 7,1 | 8,5 |

4) breitfüßige  $\perp$ -Eisen.

|             |     |                   |     |                   |      |      |      |      |      |       |
|-------------|-----|-------------------|-----|-------------------|------|------|------|------|------|-------|
| für $\perp$ | 6.3 | 7.3 $\frac{1}{2}$ | 8.4 | 9.4 $\frac{1}{2}$ | 10.5 | 12.6 | 14.7 | 16.8 | 18.9 | 20.10 |
| ist $a =$   | 2,4 | 2,8               | 3,2 | 3,7               | 3,9  | 4,6  | 5,1  | 6,0  | 6,6  | 7,4   |

Zu beachten ist, daß Kehlnähte mit kleinerer Dicke  $a$  weniger Schweißgut erfordern als dicke Nähte mit entsprechender Festigkeit: Der Inhalt der Nähte für die Längeneinheit wächst mit dem Quadrat der Nahtdicke, die Festigkeit dagegen nur im einfachen Verhältnis

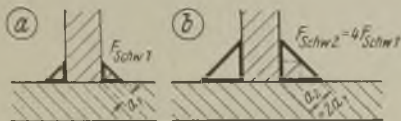
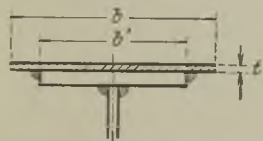


Abb. 16. Schweißgutverbrauch und Festigkeit bei verschiedenen Stahldicken.

der Nahtdicke. So erfordert z. B. die Kehlnaht nach Abb. 16b gegenüber der Naht nach Abb. 16a den vierfachen Schweißstoffaufwand bei nur zweifacher Tragfähigkeit.

## h) Anschluß von breiten Gurtplatten mittels Kehln- und Schlitznähten (zu Ziffer 10).

Bei gedrückten Gurtplatten müßte eigentlich zur

Abb. 17. Verhältnis  $b : t$  bei gedrückten Gurtplatten.

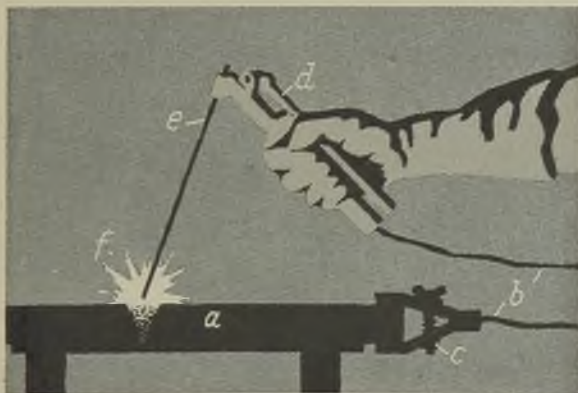
Bestimmung einer etwaig erforderlichen Schlitznaht nicht die Gurtplattenbreite  $b$ , sondern der Abstand  $b'$  der Kehlnähte maßgebend sein. Mit anderen Worten: Die Entfernung  $b'$  der nicht durch Schweißnähte gehaltenen Plattenbreiten sollte das 30fache der Plattendicke  $t$  nicht überschreiten (Abb. 17).

## 6. Ausführung der elektrischen Lichtbogen-Schweißung.

(Zu § 9).

## a) Der Schmelzvorgang.

Wie schon im Teil 2 gesagt, kommt im Stahlbau in erster Linie die elektrische Lichtbogenschweißung

Abb. 18. Der Schmelzvorgang.  $a$  = Werkstück,  $b$  = Leitung,  $c$  = Polklemme,  $d$  = Schweißdrahthalter,  $e$  = Schweißdraht (Elektrode),  $f$  = Lichtbogen.

Gregor, Stahlhochbau IV.

zur Anwendung. Die beiden zur Verbindung kommenden Stücke werden an der Verbindungsstelle durch Erhitzung zum Schmelzen gebracht und fließen so unter Zusatz eines möglichst gleichen Stoffes (Schweißdraht oder Elektrode) zu einer starren Verbindung zusammen. Es ist somit ein Schmelzvorgang, der zwei Werkteile miteinander verbindet (Abb. 18).

## b) Vorbereitung der Schweißarbeit und Zusammenbau.

Zur Vorbereitung der Schweißung gehört die sorgfältige Reinigung der zu schweißenden Stellen mittels Drahtbürste. Es ist unmöglich, auf schmutzigen, rostigen oder von Fett und Farbe bedeckten Metallflächen eine gute Schweißnaht zu erzielen.

Dann ist das Richten und die genaue Ablängung der Stäbe, sowie das sorgfältige Anpassen der einzelnen Teile von größter Bedeutung. Es gibt verschiedene Verfahren für den Zusammenbau.

Für den Zusammenbau von Vollwandquerschnitten werden zweckmäßig Klemmbügel angewendet. Damit werden die zur Verbindung kommenden Teilquerschnitte in den richtigen Abständen spannungsfrei zum Schweißen gehalten. Die Abstände der Bügel ergeben sich je nach Größe des Bauteiles mit etwa 1,0 bis 2,0 m. Der Zusammenbau mittels angeschraubter Winkelstücke, die nach fertiger Schweißung wieder abgenommen werden, ist infolge der notwendig werdenden Löcher nicht zu empfehlen.

Für den Zusammenbau von Fachwerkträgern ist zunächst das Klemmverfahren zu erwähnen; hierbei werden die einzelnen Teile gemäß der Ausführungszeichnungen auf Böcke ausgelegt und dann die einzelnen Stäbe mittels Klemmschrauben bzw. Schnellzwingen gehalten und gegebenenfalls durch Punktschweißungen gesichert. Dieser Zusammenbau ist jedoch nur dann wirtschaftlich, wenn nur wenige leichte Fachwerkträger anzufertigen sind.

Bei Herstellung einer größeren Anzahl gleichartiger Fachwerke geschieht der Zusammenbau zweckmäßiger mittels einer Schablone, die aus einer leichten geschweißten Stahlkonstruktion gefertigt ist. Hiermit werden für die Stäbe Anschläge geschaffen, mit anderen Worten: Die einzelnen Stäbe werden stets über einen Leisten geschlagen bzw. in ein Formgestell verlegt. Der Zusammenhalt wird durch Verschraubung oder aber besser durch Verkeilung erzielt. Leider werden bei diesem Verfahren die Schablonen nach Gebrauch mehr oder weniger unbrauchbar.

Es sind noch andere Vorrichtungen zum Zusammenbau von Fachwerken in Gebrauch, so z. B. die sog. Schweißtafel „Tritix“ (vgl. „Die Elektroschweißung“ 1930, Heft 12).

## c) Der Schweißvorgang.

Nach der ordnungsgemäßen Verlegung der zusammenzuschweißenden Teile wird der Pluspol (seltener der Minuspol) der Schweißanlage mittels einer Schraubenzwinde an das Werkstück angeschlossen.



Der Schweißdraht wird in den Halter eingespannt, der wiederum an das Minuskabel angeschlossen ist. Durch leichte Berührung des Schweißdrahtes mit dem Werkstück und sofortige Wiederabhebung auf Schweißdrahtdurchmesser wird der Lichtbogen erzielt. Die Bogenwärme bringt dann die Schweißdrahtspitze und den gegenüberliegenden Werkstoff zum Schmelzen; es gehen Tropfen vom Schweißdraht auf das Werkstück über (etwa 100mal in der Minute). Durch den übergehenden Tropfen wird Kurzschluß herbeigeführt, so daß der Bogen erlischt, die Schutzflamme jedoch bestehen bleibt. Ist der Tropfenübergang fertig erfolgt, dann hört der Kurzschluß auf und der Bogen zündet wieder. Die richtige Länge des Lichtbogens ist gleich der Schweißdrahtdicke, also etwa 3 bis 5 mm; mit dem Halten dieser Bogenlänge geht der Schweißdrahtstoff in ruhigem Strome zum Werkstoff über, ohne daß eine größere Tropfenbildung zu bemerken ist.

**d) Schweißangaben über Kehl- und Stumpfnähte.**

Wie aus dem Teil 3 hervorgeht, unterscheidet man Kehl-, Stumpf- und Schlitznähte; die letzteren sind eine Abart der Kehlnähte. Bei den Stumpfnähten sind die V- und X-Nähte vorherrschend.

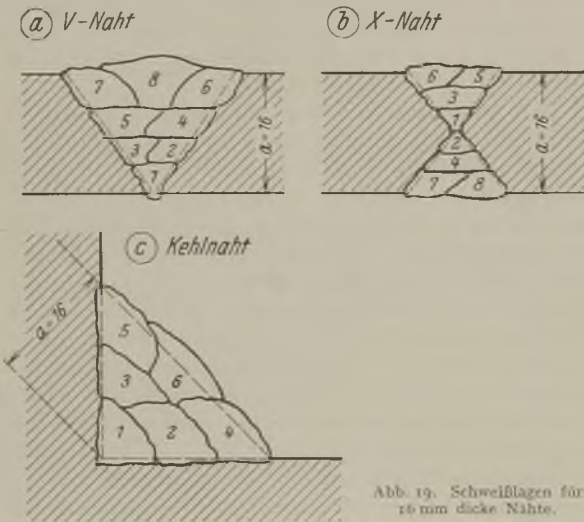


Abb. 19. Schweißlagen für 16 mm dicke Nähte.

Die Güte der Schweißnaht hängt bei allen Schweißungen davon ab, daß der Schweißstoff mit dem Werkstoff auch im Scheitel richtig gebunden hat und der Einbrand an den Rändern gut ist. Hierzu ist die richtige Stromstärke zu verwenden: bei blankem Schweißdraht von 3 mm  $\varnothing$  ist sie etwa 130 Amp., bei 4 mm  $\varnothing$  etwa 180 Amp. und bei 5 mm  $\varnothing$  etwa 230 Amp. Das Optimum ist jedoch so flach, daß auch größere Abweichungen von den gegebenen günstigen Werten das Ergebnis nur wenig beeinflussen.

Bis zu Schweißnahtdicken von etwa 8 mm kommt man mit einer Schweißlage aus; bei größeren Dicken müssen mehrere Schweißlagen übereinander gelegt werden. Im allgemeinen nimmt man in der zweiten

Lage zwei, in der dritten Lage drei nebeneinanderliegende Raupen, usf. Damit die Schweißung bis zum Grunde der Naht gut durchdringt, wird für die unterste Naht ein schwächerer Schweißdraht als für die oberen verwendet; im Scheitel wählt man etwa 3 mm, in der 2. bis 3. Schicht etwa 4 mm und in den weiteren Schichten etwa 5 mm dicke Schweißdrähte. Sind mehrere Schweißlagen auszuführen, so ist darauf zu achten, daß stets von den Rändern ausgegangen wird. In Abb. 19 sind die Schweißlagen für 16 mm dicke Nähte dargestellt. Beim Schweißen in mehreren Lagen ist die Oberfläche der vorhergehenden Lage vor Aufbringung der nächsten Lage von Schmutz, insbesondere von Schlacke, gut zu reinigen.

**e) Die während und nach dem Schweißen auftretenden Nebenspannungen.**

Die „Vorschriften“ besagen, daß nach der Fertig-

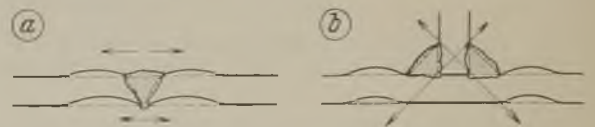


Abb. 20. Wirkung der Schrumpfspannungen.

stellung der Schweißnähte möglichst geringe Nebenspannungen zurückbleiben dürfen. Die Nebenspannungen sind Dehnungs- und Schrumpfspannungen, die durch die örtliche Erwärmung und Abkühlung des Werkstückes im Schweißabschnitt entstehen. Hierüber liegt ein ausführlicher und überzeugender Aufsatz in der Zeitschrift „Die Elektroschweißung“ 1930, Heft 11 von Obermarinebaurat Lottmann vor. Hier wird zur Verringerung der Schrumpfspannungen, deren Wirkung aus Abb. 20 hervorgeht, empfohlen, lange Nähte in mehreren Schweißabschnitten zu unterteilen und die Schweißrichtungen so zu wählen, daß sich die verschiedenen Schrumpfspannungen möglichst ausgleichen (Abb. 21): Wahl von kurzen Pilgerschritten und gegebenenfalls Wechslung der Hauptrichtung. Die Kehldicken und Fugengrößen sind so leicht vorzuschreiben, wie rechnerisch zulässig. Kreuzende Verbindungsraupen sind möglichst zu vermeiden. Auf alle Fälle muß sich der Kon-

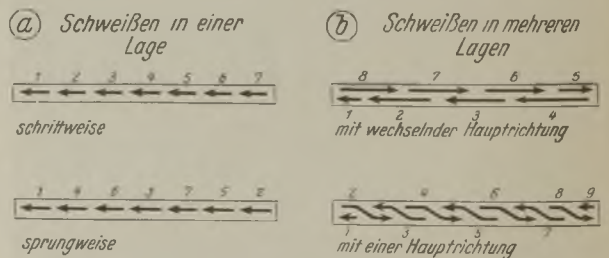


Abb. 21. Spannungsausgleichende Pilgerschritte; die Zahlen bezeichnen die Reihenfolge, die Pfeile die Schweißrichtung.

strukteur mit den Schrumpfspannungen, ihren Ursachen und den zu wählenden Gegenmitteln vertraut machen.

## 7. Prüfung der Schweißverbindungen.

(Zu § 10).

Nach den „Vorschriften“ bleibt die Art der Prüfung der Schweißverbindungen dem Ermessen der zuständigen Aufsichtsbehörde überlassen.

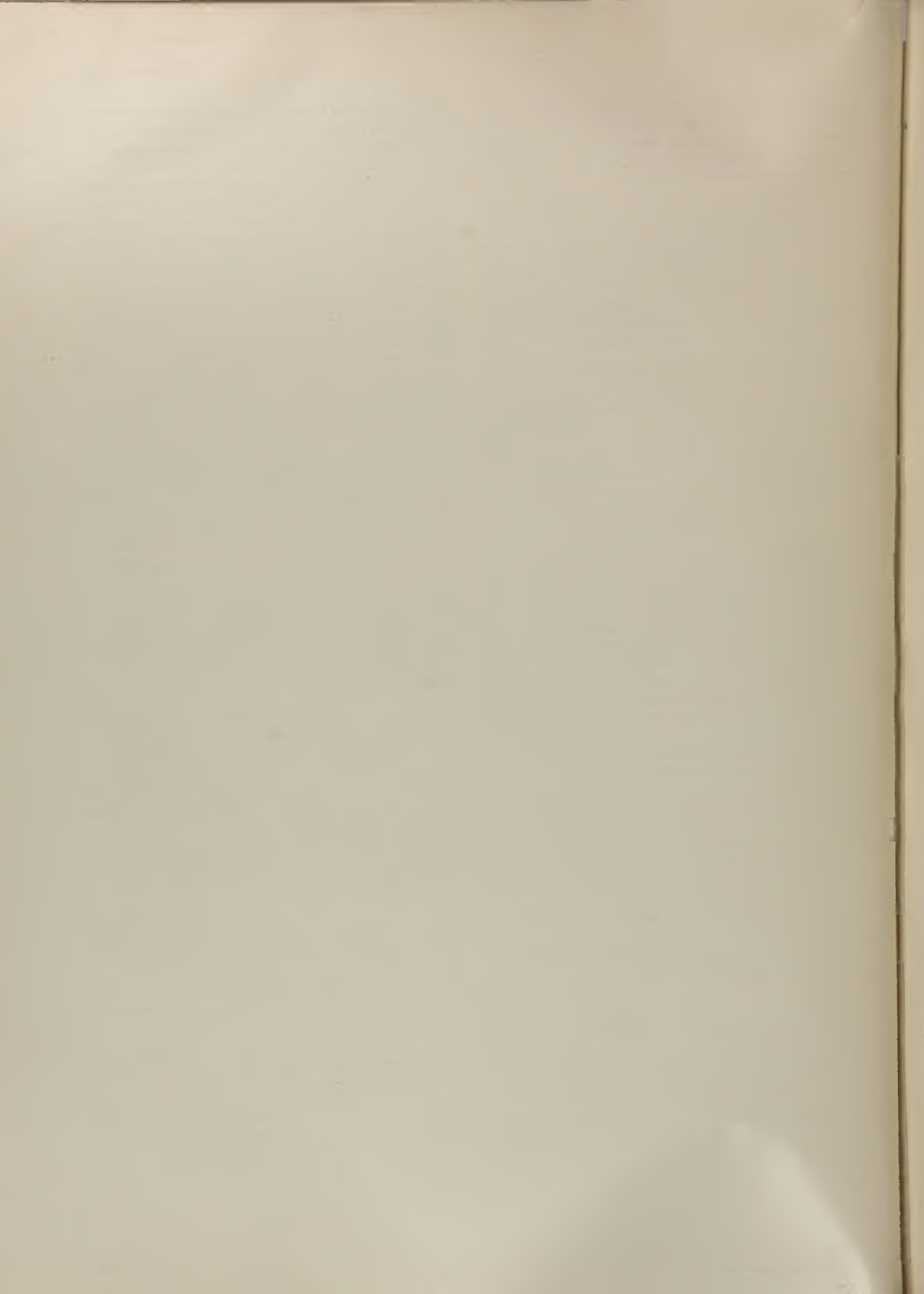
Für die Untersuchung der Schweißnähte am fertigen Stück werden folgende Verfahren angewandt:

- a) das Röntgenverfahren,
- b) die elektromagnetische Untersuchung,
- c) das Verfahren mittels Abklopfen und Abhören mit dem Hörrohr,
- d) stichprobenweises Abmeißeln der Schweißnähte,
- e) das „Schmucklersche Prüfgerät“ mittels Anfräsen der Schweißnähte bis auf die Wurzel.

Die angeführten Verfahren können im Rahmen des vorliegenden Buches nicht näher besprochen werden; es wird daher auf folgende Aufsätze verwiesen:

„Z. V. D. I.“ 1930, Nr. 32. — Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Schweißens und Schneidens; Deutscher Azetylenverein 1930, 5. Folge. — Zwangslose Mitteilungen des Fachausschusses für Schweißtechnik, Nr. 17. — „Die Elektroschweißung“ 1930, Heft 12. — „Der Stahlbau“ 1932, Heft 2. — „Der Bauingenieur“ 1932, Heft 5/6.

Außerdem ist noch zu bemerken, daß die Stadt Berlin ein Preisausschreiben für die Schaffung eines werkstattgemäßen Prüfverfahrens für Schweißnähte ohne Zerstörung der Nähte erlassen hat.





# Dach- und Hallenbau.

## A. Fachwerk-Binder.

### 1. Berechnung und Ausführung der Stabanschlüsse.

#### a) Allgemeines.

Nach den Vorschriften können bei „Hochbauten“ zur Bestimmung der Schweißanschlüsse die tatsächlich vorhandenen Stabkräfte, Querkräfte und Momente ohne irgendeine Erhöhung angenommen werden. Bei „Brückenbauten“ müssen dagegen die vorhandenen statischen Werte mit einer gewissen Stoßzahl  $\varphi$  multipliziert werden, außerdem ist noch ein etwaiger Überschuß an Querschnitt anzuschließen.

Bei Hochbauten ist:

$$q_{zul} = \frac{\max S}{F_{Schw}}, \text{ und daraus: } F_{Schw} = \frac{\max S}{q_{zul}}$$

Soll der Schweißanschluß dieselbe Sicherheit erhalten wie die des anschließenden Stabes, dann wird einfach

für Zugstäbe

bei Kehlnähten, sowie bei gleichzeitiger Anwendung von Kehlnähten und Stumpfnähten für jede Beanspruchungsart:

$$F_{Schw} = \frac{F_{Stahl}}{0,5}$$

bei Stumpfnähten in der Zugzone:

$$F_{Schw} = \frac{F_{Stahl}}{0,6}$$

bei Stumpfnähten in der Druckzone:

$$F_{Schw} = \frac{F_{Stahl}}{0,75}$$

für Druckstäbe

ist anstatt des Wertes  $F_{Stahl}$  der Wert  $\frac{F_{Stahl}}{\omega}$  einzusetzen, wobei  $\omega$  die Knickzahl des betreffenden Stabes ist.

Sämtliche Stabanschlüsse haben außer der Normalkraft noch ein Biegemoment auszuhalten; im Hochbau können diese zusätzlichen Spannungen der Schweißnähte im allgemeinen vernachlässigt werden. Bei den Betrachtungen des nachfolgenden Zahlenbeispiels im Teil 1, c,  $\beta$  ist ein Stabanschluß mit Berücksichtigung des Biegemomentes durchgeführt; wie man daraus ersieht, ist die dadurch hervorgerufene Spannungserhöhung nicht bedeutend.

Bei Brückenbauten sind jedoch die durch die Biegemomente ( $M = \frac{1}{2} S \cdot e_y$ , Abb. 23) in den Flanken und Stirnkehlnähten hervorgerufenen Zusatzspannungen rechnerisch nachzuweisen.

#### b) Flachstabanschluß mit Flankenkehlnähten.

##### $\alpha$ ) Allgemeines.

In der Abb. 22 ist der Anschluß von zwei Flachstäben dargestellt, der durch vier Flankenkehlnähte hergestellt ist.

(a) Ansicht des Anschlusses (b) Querschnitt (c) Kehlnähte

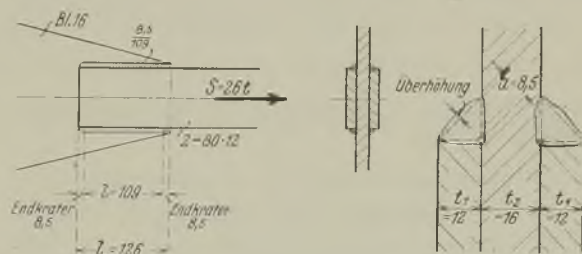


Abb. 22. Flachstabanschluß mit Flankenkehlnähten.

Aus der Berechnungsformel (1):

$$e = \frac{S}{\Sigma(al)} = \frac{S}{a \Sigma l} = \frac{S}{a_4 l} \quad (a_{zul} = 0,707 t_{min})$$

erhält man die Nahtlänge

$$l = \frac{S}{4 a e} \quad (l_{zul} = 40 a)$$

Die wirkliche Anschlußlänge mit Berücksichtigung der Endkrater beträgt dann

$$l_w = l + 2a$$

Die kürzeste Anschlußlänge wird erreicht, wenn in obige Formel die größtzulässige Nahtdicke  $a_{zul}$  eingesetzt wird.

Die geringste Schweißnahtdicke  $a$ , die bekanntlich nach Teil 5, g des ersten Abschnittes den wenigsten Schweißstoffverbrauch erzielt, erhält man bei Berücksichtigung der vorgeschriebenen Anschlußlängen-Begrenzung ( $l \leq 40 a$ ) wie folgt:

Setzt man in die obige Gleichung  $l = \frac{S}{4a\varrho}$  an-  
statt  $l$  den Wert  $40a$  ein, dann wird

$$40a = \frac{S}{4a\varrho}$$

und hieraus

$$a = \frac{S}{40 \cdot 4a\varrho} = \frac{S}{160a\varrho}; \quad a^2 = \frac{S}{160\varrho};$$

und endlich

$$a = \sqrt{\frac{S}{160\varrho}}$$

β) Zahlenbeispiel.

Für den in Abb. 22 gezeichneten Stabanschluß aus  
2 L 80 · 12 an ein 16 mm starkes Blech ist der Festig-  
keitsnachweis zu führen. Die Stabkraft  $S = +26 \text{ t}$ ;  
 $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

Vorhanden sind 4 Flankenkehlnähte;  
die geringste Blechdicke:  $t_{min} = 12 \text{ mm}$ ;  
die zulässige Nahtdicke:  $a_{zul} = 0,707 t_{min}$   
 $= 0,707 \cdot 12 = 8,5 \text{ mm}$ ;  
die vorhandene Nahtdicke:  $a_{vorh} = 8,5 \text{ mm}$ ;  
die zulässige Spannung der Kehlnähte:

$$\varrho_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

Die erforderliche Nahtlänge

$$l = \frac{S}{4a\varrho} = \frac{26,0}{4 \cdot 0,85 \cdot 0,7} = \frac{26,0}{\text{Anzahl} \cdot \text{cm} \cdot \text{t/cm}^2} = 10,9 \text{ cm},$$

$$l_{zul} = 40a = 40 \cdot 0,85 = 34,0 \text{ cm}.$$

Die wirkliche Anschlußlänge mit Berücksichtigung  
der Endkrater

$$l_w = l + 2a = 10,9 + 2 \cdot 0,85 = 12,6 \text{ cm}.$$

Betrachtungen zu dem Zahlenbeispiel.

Die durchgeführte Berechnung ergibt bei aus-  
schließlicher Verwendung von Flankennähten den  
kürzesten Anschluß. Soll jedoch an Schweißgut ge-  
spart werden (vgl. Teil 5, g des ersten Abschnittes),  
dann muß die Nahtdicke möglichst schwach gehalten  
werden; nach der oben entwickelten Formel wird

$$a = \sqrt{\frac{S}{160\varrho}} = \sqrt{\frac{26,0}{160 \cdot 0,7}} = 0,482 \text{ cm}.$$

Die Nahtdicken werden im allgemeinen auf halbe  
Millimetermaße abgerundet; demnach wählt man

$$a_{vorh} = 0,5 \text{ cm};$$

$$l = \frac{26,0}{4 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 18,6 \text{ cm}; \quad l_{zul} = 40 \cdot 0,5 = 20,0 \text{ cm}.$$

c) Winkelstabanschluß mit Flankenkehlnähten.

α) Allgemeines.

Die Abb. 23 zeigt den Anschluß eines Stabes aus  
zwei Winkeleisen; die Befestigung erfolgt durch vier  
Flankenkehlnähte. Nach den „Vorschriften“ soll die  
Schwerlinie des Schweißanschlusses möglichst mit der  
Schwerlinie des anschließenden Stabes und mit der  
Netzlínie zusammenfallen.

Nach Formel (1) ist

$$e = \frac{S}{\Sigma(a_l)} = \frac{S}{2(a_1 l_1 + a_2 l_2)}.$$

Es muß sich nun verhalten

$$a_1 l_1 : e_2 = a_2 l_2 : e_1,$$

daraus  $a_2 l_2 = a_1 l_1 \frac{e_1}{e_2}$  und  $l_2 = \frac{e_1 a_1}{e_2 a_2} l_1$ .

Setzt man nun in die Formel (1) für  $a_2 l_2$  den zu-  
letzt erhaltenen Wert ein, dann ergibt sich

$$e = \frac{S}{2(a_1 l_2 + a_2 l_2)} = \frac{S}{2\left(a_1 l_1 + a_2 \frac{e_1 a_1}{e_2 a_2} l_1\right)};$$

hieraus ergeben sich die erforderlichen Nahtlängen  
wie folgt:

$$l_1 = \frac{S}{2a_1\left(1 + \frac{e_1}{e_2}\right)\varrho}$$

$$l_2 = \frac{S}{2a_2\left(1 + \frac{e_2}{e_1}\right)\varrho} \quad \text{oder} \quad l_2 = \frac{S - a_1 l_1 \varrho}{2a_2 \varrho}.$$

(a) Ansicht des Anschlusses

(b) Querschnitt

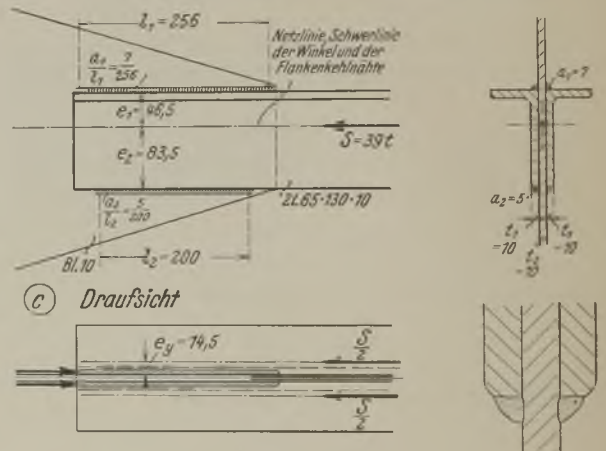


Abb. 23. Winkelstabanschluß mit Flankenkehlnähten.

β) Zahlenbeispiel.

Der in Abb. 23 dargestellte Anschluß eines Stabes  
aus 2 L 65 · 130 · 10 an ein 10 mm starkes Blech ist  
nachstehend berechnet. Die Stabkraft  $S$  beträgt  
 $-39,0 \text{ t}$ ;  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

Vorhanden sind 4 Flankenkehlnähte.

$$t_{min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm};$$

gewählt wird  $a_1 = 7 \text{ mm}$  und  $a_2 = 5 \text{ mm}$ .

Die Nahtdicke  $a_2$  wird infolge der Winkelschenkel-  
abrundung geringer gewählt, so daß eine besondere  
Schweißnahtverstärkung nicht erforderlich wird (vgl.  
Abb. 15).

Die erforderlichen Nahtlängen werden wie folgt errechnet:

$$l_1 = \frac{S}{2 a_1 \left(1 + \frac{e_1}{e_2}\right) \varrho} = \frac{39,0}{2 \cdot 0,7 \left(1 + \frac{4,65}{8,35}\right) 0,7} = 25,6 \text{ cm,}$$

$$l_{1zul} = 40 a_1 = 40 \cdot 0,7 = 28,0 \text{ cm;}$$

$$l_2 = \frac{S}{2 a_2 \left(1 + \frac{e_2}{e_1}\right) \varrho} = \frac{39,0}{2 \cdot 0,5 \left(1 + \frac{8,35}{4,65}\right) 0,7} = 20,0 \text{ cm,}$$

$$l_{2zul} = 40 a_2 = 40 \cdot 0,5 = 20,0 \text{ cm.}$$

Die Nahtlänge  $l_2$  erhält man auch unmittelbar:

$$l_2 = \frac{S - 2 a_1 l_1 \varrho}{2 a_2 \varrho} = \frac{39,0 - 2 \cdot 0,7 \cdot 25,6 \cdot 0,7}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 20,0 \text{ cm.}$$

Betrachtungen zu dem Zahlenbeispiel.

Bei Berücksichtigung des außermittigen Winkelanschlusses wird nach Abb. 23 c das von dem Schweißanschluß aufzunehmende Biegemoment

$$M = 2 \frac{S}{2} e_y = 2 \frac{39,0}{2} 1,45 = 56,6 \text{ cmt.}$$

Denkt man sich gemäß Teil 3, c des ersten Abschnittes, Abb. 4, die Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt, dann ist das vorhandene Trägheitsmoment der vier Kehlnähte

$$J_{Schw} = \frac{2}{12} (a_1 l_1^3 + a_2 l_2^3) = \frac{2}{12} (0,7 \cdot 25,6^3 + 0,5 \cdot 20,0^3) = 2624 \text{ cm}^4;$$

$$W_{Schw} = \frac{J_{Schw}}{e_{max}} = \frac{2624}{12,8} = 205 \text{ cm}^3;$$

Spannung aus dem Moment  $M$  nach Formel (2):

$$e_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{56,6}{205} = 0,276 \text{ t/cm}^2;$$

Spannung aus der Kraft  $S$  nach Formel (3):

$$e_2 = \frac{S}{F_{Schw}} = \frac{39,0}{2(0,7 \cdot 25,6 + 0,5 \cdot 20,0)} = 0,7 \text{ t/cm}^2;$$

Gesamtspannung nach Formel (4):

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,276^2 + 0,7^2} = 0,75 \text{ t/cm}^2.$$

Mithin ergibt sich bei Berücksichtigung des außermittigen Stabanschlusses nur eine belanglose Spannungserhöhung. Bei „Hochbauten“ wird der Nachweis der Spannungserhöhung nicht verlangt.

Ein Stab aus 2 L 65 · 130 · 10 mit  $F = 2 \cdot 18,6 = 37,2 \text{ cm}^2$  kann bei voller Ausnutzung des Querschnittes (z. B. bei Zugstäben) eine Kraft von  $F \cdot \sigma_{zul} = 37,2 \cdot 1,4 = 52 \text{ t}$  übertragen. Bei der im Beispiel vorhandenen Stabkraft  $S = 39 \text{ t}$  sind bereits die Grenzlängen der Flankennähte erreicht, so daß bei vollem Anschluß mit  $\max S = 52 \text{ t}$  außer der Flanken- auch noch Stirnkehlnähte angeordnet werden müßten; hierüber gibt der folgende Teil Aufschluß.

#### d) Winkelstabanschluß mit Flanken- und Stirnkehlnähten.

##### α) Allgemeines.

Bei voller Ausnutzung des Stabquerschnittes reicht wegen der Beschränkung der Nahtdicke und Naht-

länge oft der Anschluß nur allein mit Flankenkehlnähten nicht aus; es müssen dann außerdem noch, wie in Abb. 24 dargestellt, Stirnkehlnähte angeordnet werden.

Die Stirnnahtlänge  $l_3$  ist durch die Schenkelbreite  $b$  gegeben. Zunächst soll angenommen werden, daß die Stirnnaht nicht mit den Flankennähten verbunden

(a) Ansicht des Anschlusses

(b) Querschnitt

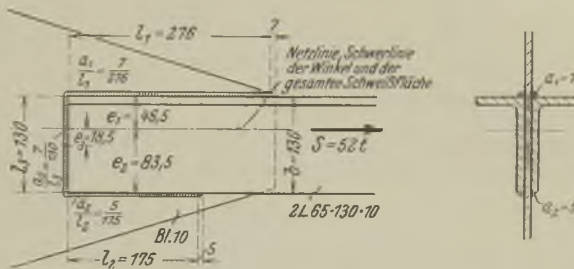


Abb. 24. Winkelstabanschluß mit Flanken- und Stirnkehlnähten.

wird, also die Nahtlänge mit Berücksichtigung der Endkrater zu bestimmen ist:

$$l_3 = b - 2 a_3.$$

Außer der Nahtlänge  $l_3$  sind die Nahtdicken  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$ , ebenso die Abstände  $e_1$ ,  $e_2$  und  $e_3$  bekannt; die Längen der Flankennähte sind dagegen unbekannt.

Nach Formel (1) ist:  $\varrho = \frac{S}{\Sigma(a l)}$ ;

$$\Sigma a l = 2 (a_1 l_1 + a_2 l_2 + a_3 l_3) = \frac{S}{\varrho}.$$

Die Schwerachse sämtlicher Flanken- und Stirnkehlnähte soll mit der Winkelschwerlinie zusammenfallen:

$$2 (a_1 l_1 e_1 - a_2 l_2 e_2 - a_3 l_3 e_3) = 0.$$

Somit hat man zwei Gleichungen zur Ermittlung der beiden Unbekannten  $l_1$  und  $l_2$ . Werden beide Gleichungen durch 2 dividiert und die erste Gleichung mit  $e_2$  multipliziert, dann stehen sie in folgender Form untereinander:

$$a_1 l_1 e_2 + a_2 l_2 e_2 + a_3 l_3 e_2 = \frac{S}{2 \varrho} e_2,$$

$$a_1 l_1 e_1 - a_2 l_2 e_2 - a_3 l_3 e_3 = 0.$$

Beide Gleichungen addiert:

$$a_1 l_1 e_2 + a_1 l_1 e_1 + a_3 l_3 e_2 - a_3 l_3 e_3 = \frac{S}{2 \varrho} e_2,$$

hieraus

$$a_1 l_1 (e_2 + e_1) + a_3 l_3 (e_2 - e_3) = \frac{S}{2 \varrho} e_2,$$

und endlich die Nahtlängen:

$$l_1 = \frac{\frac{S e_2}{2 \varrho} - a_3 l_3 (e_2 - e_3)}{a_1 (e_1 + e_2)},$$

$$l_2 = \frac{\frac{S e_1}{2 \varrho} - a_3 l_3 (e_1 + e_3)}{a_2 (e_1 + e_2)},$$



oder unmittelbar

$$l_3 = \frac{S - 2(a_1 l_1 + a_3 l_3) \varrho}{2 a_2 \varrho}$$

Schließen die Flanken- und Stirnnahte unmittelbar aneinander an, dann fallen die Endkrater am Stabende weg (Abb. 24); damit wird

$$e_1 + e_2 = l_3 = b,$$

$$e_2 - e_1 = \frac{b}{2},$$

$$e_1 + e_3 = \frac{b}{2}.$$

Setzt man nun noch  $2\varrho = \sigma_{zul}$ ,

dann ergeben sich folgende vereinfachte Formeln zur Bestimmung der Nahtlängen:

$$l_1 = \frac{\frac{S e_2}{\sigma} - a_3 \frac{b^2}{2}}{a_1 b}$$

$$l_2 = \frac{\frac{S e_1}{\sigma} - a_3 \frac{b^2}{2}}{a_2 b}$$

**β) Zahlenbeispiel.**

Das vorhergehende Zahlenbeispiel soll nunmehr so durchgeführt werden, daß der vorhandene Stabquerschnitt aus 2 L 65 · 130 · 10 voll anzuschließen ist.  $F_{Stahl} = 37,2 \text{ cm}^2$ ;  $\max S = F_{Stahl} \cdot \sigma_{zul} = 37,2 \cdot 1,4 = 52,0 \text{ t}$ . Erforderlich werden 4 Flanken- und zwei Stirnkehlnahte; die Nahte werden am Stabende herumgeschweißt, so daß dort Endkraterabzüge nicht gemacht zu werden brauchen.

$$t_{min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm};$$

gewählt  $a_1 = a_3 = 7 \text{ mm}$ ;  $a_2 = 5 \text{ mm}$ .

Die erforderlichen Nahtlängen ergeben sich wie folgt:

$$l_1 = \frac{\frac{S e_2}{\sigma} - a_3 \frac{b^2}{2}}{a_1 b_1} = \frac{52,0 \cdot 8,35 - 0,7 \frac{13,0^2}{2}}{0,7 \cdot 13,0} = 27,6 \text{ cm},$$

$$l_{1zul} = 40 a_1 = 40 \cdot 0,7 = 28,0 \text{ cm}.$$

$$l_2 = \frac{\frac{S e_1}{\sigma} - a_3 \frac{b^2}{2}}{a_2 b_2} = \frac{52,0 \cdot 4,65 - 0,7 \frac{13,0^2}{2}}{0,5 \cdot 13} = 17,5 \text{ cm},$$

$$l_{2zul} = 40 a_2 = 40 \cdot 0,5 = 20,0 \text{ cm},$$

$$l_3 = b = 13,0 \text{ cm}.$$

Prüfung:

$$F_{Schw} = 2(0,7 \cdot 27,6 + 0,5 \cdot 17,5 + 0,7 \cdot 13,0) = 74,3 \text{ cm}^2;$$

$$\varrho_{vorh} = \frac{\max S}{F_{Schw}} = \frac{52,0}{74,3} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

Betrachtungen zu dem Zahlenbeispiel.

Die Nahtdicken und Nahtlängen können ohne weitere Berechnung unmittelbar der Tafel 2 entnommen werden.

**e) Stabanschluß mit Kehl- und Schlitznähten.**

**α) Allgemeines.**

Reichen zum ordnungsgemäßen Anschluß eines Stabes selbst Flanken- und Stirnkehlnahte nicht aus

oder soll die Anschlußlänge möglichst kurz gehalten werden, dann müssen außer den Kehlnähten auch noch Schlitznähte zur Anwendung kommen. Für die richtige Anordnung und Berechnung der Schlitznähte sind die Teile 3, b, γ und 3, d im ersten Abschnitt zu vergleichen.

**β) Zahlenbeispiel.**

Die Festigkeit des in Abb. 25 gezeichneten Stabanschlusses aus 2 L 22 wird nachstehend nachgewiesen.

**(a) Ansicht des Anschlusses**

**(b) Querschnitt**

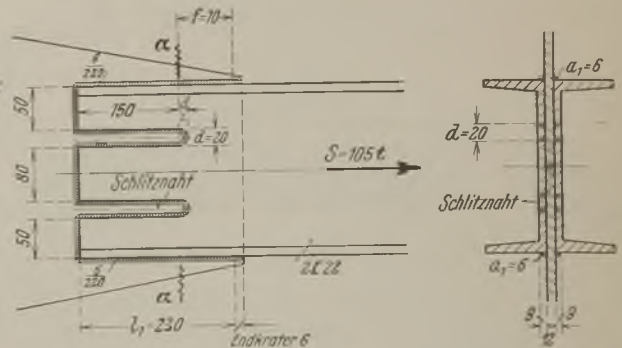


Abb. 25. Stabanschluß mit Kehl- und Schlitznähten.

Der Stab soll voll angeschlossen werden.

$$\max S = F_{Stahl} \cdot \sigma_{zul} = 74,8 \cdot 1,4 = 105,0 \text{ t}.$$

1) Untersuchung des Schweißanschlusses.

$$t_{min} = 9 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 9 = 6,4 \text{ mm}; \quad a_{vorh} = 6 \text{ mm}.$$

Vorhanden sind 4 Flankennahte von 22,0 cm Länge, 6 Stirnnahte und 4 abgerundete Langlochschlitze.

Vorhandene Schweißfläche:

$$4 \text{ Flankennahte: } 4 \cdot 0,6 \cdot 22,0 = 52,8 \text{ cm}^2$$

$$6 \text{ Stirnnahte: } 2 \cdot 0,6 \cdot 18,0 = 21,6 \text{ ,,}$$

$$4 \text{ Langlochschlitze: } 4 [2 \cdot 0,6 \cdot 15,0 + (2,0 - 0,6) 0,6 \cdot 1] = 77,3 \text{ ,,}$$

$$F_{Schw} = 151,7 \text{ cm}^2.$$

Vorhandene Spannung:

$$\varrho = \frac{S}{F_{Schw}} = \frac{105,0}{151,7} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

2) Untersuchung des durch die Schlitznähte geschwächten Querschnittes.

Der durch die Schlitznähte geschwächte Stabquerschnitt ist im Schnitt α-α (Abb. 25) zu untersuchen. Nach dem ersten Abschnitt, Teil 3, d, ist

$$\sigma_\alpha = \frac{S_\alpha}{F_\alpha} = \frac{\max S - 4 a f \varrho_{vorh}}{F_{Stahl} - 4 t d}$$

$$= \frac{105,0 - 4 \cdot 0,6 \cdot 7,0 \cdot 0,7}{74,8 - 4 \cdot 0,9 \cdot 2,0} = 1,38 \text{ t/cm}^2.$$

**f) Stabanschluß mit Stumpfnah.**

**α) Allgemeines.**

Die Abb. 26a zeigt den Anschluß eines Druckstabes aus zwei schweißgerecht zusammengesetzten Winkel-eisen mit nur einer Stumpfnah. Nach den Vorschriften ist bei Vorhandensein einer Druckkraft die

zulässige Spannung der Stumpfnah  $= 0,75 \sigma_{zul}$  (bei Wirkung einer Zugkraft ist  $\rho_{zul} = 0,65 \sigma_{zul}$ ).

$\beta$ ) Zahlenbeispiel.

Nachstehend soll nachgewiesen werden, was der in Abb. 26a dargestellte Schweißanschlus für eine Druckkraft übertragen kann.

$$\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2;$$

$$\rho_{zul} = 0,75 \sigma_{zul} = 0,75 \cdot 1,4 = 1,05 \text{ t/cm}^2.$$

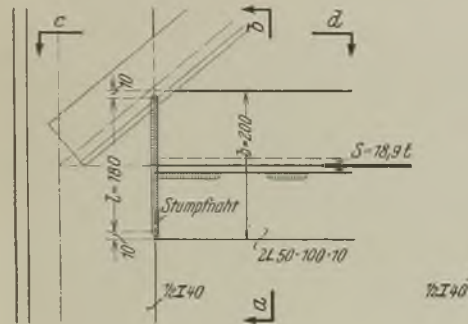
$$t_{min} = 10 \text{ mm}; \quad a = t = 10 \text{ mm}.$$

Bei Berücksichtigung der Endkrater ist eine Stumpfnah von  $b - 2a = 20,0 - 2 \cdot 1,0 = 18,0 \text{ cm}$  Länge vorhanden.

Die zu übertragende Stabkraft

$$S = F_{Schw} \cdot \rho_{zul} = 1,0 \cdot 18,0 \cdot 1,05 = 18,9 \text{ t}.$$

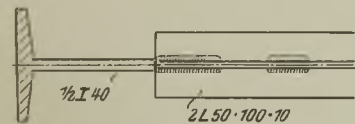
**(a) Ansicht des Anschlusses**



**(b) Schnitt a-b**



**(c) Schnitt c-d**



**(d) Stumpfnah**

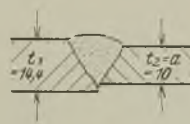


Abb. 26a. Stabanschluß mit Stumpfnah.

Betrachtungen zu dem Zahlenbeispiel.

Reicht die Länge der Stumpfnah zum Anschluß des Stabes nicht aus, so kann der Stab sinngemäß zu Abb. 32 an den Enden durch angesetzte dreieckförmige Bleche verbreitert werden.

Eine andere Ausführungsmöglichkeit ist die, außer der Stumpfnah auch noch eine Laschendeckung vorzusehen (ähnlich Abb. 96); hierbei ist jedoch zu beachten, daß bei einem Anschluß mit Stumpf- und Kehlnähten, auch bei den Stumpfnähten nur die für die Kehlnähte zulässige Spannung einzusetzen ist

**g) Stabanschluß mittels Schrägnähte.**

$\alpha$ ) Allgemeines.

Bei Stabanschlüssen mit schrägliegenden Nähten (Abb. 26b) kann die auftretende Spannung durch die Kraftzerlegung in Richtung der Schweißnah und senkrecht dazu in die bereits behandelten Belastungsfälle zurückgeführt werden.

Die abscherend wirkende Kraft:

$$S_N = S \cos \alpha,$$

die auf Zug (bzw. Druck) wirkende Kraft:

$$S_Z = S \sin \alpha.$$

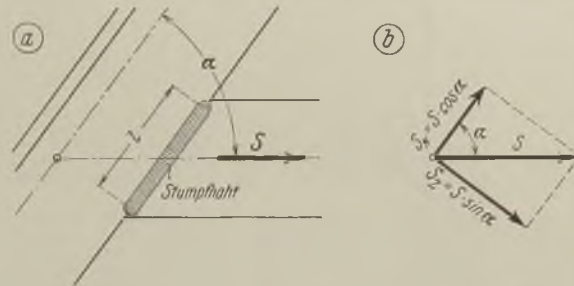


Abb. 26b. Stabanschluß mit schräger Stumpfnah

Die Gesamtspannung:

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{S_N}{F_{Schw}}\right)^2 + \left(\frac{S_Z}{F_{Schw}}\right)^2}.$$

Da die zulässige Spannung bei gleichzeitiger Wirkung von  $S_N$  und  $S_Z$  übereinstimmt, so braucht eine Kraftzerlegung gar nicht erst durchgeführt werden, denn wie die Abb. 26b deutlich zeigt, ist

$$S = \sqrt{S_N^2 + S_Z^2} \quad \text{und} \quad \rho = \frac{S}{F_{Schw}}.$$

$\beta$ ) Zahlenbeispiel.

Für den in Abb. 27 dargestellten Stabanschluß ist die Festigkeit nachzuweisen. Vorhanden ist ein Druckstab aus  $2 \perp 14 \cdot 7$ . Durch die angeordneten Schrägnähte kann die Schweißnahdicke ohne besondere Verstärkung der vollen Stabdicke angesetzt werden, da die abgerundeten Stabkanten abgeschnitten sind (vgl. Abb. 27).

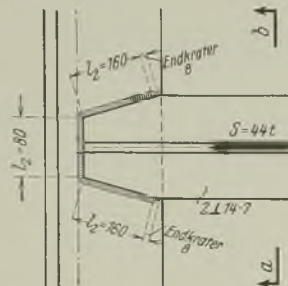
$$t_{min} = 11,5 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 11,5 = 8,13 \text{ mm}$$

$$a_{vorh} = 8 \text{ mm}.$$

Die vorhandene Spannung:

$$\rho = \frac{S}{\Sigma(a_l)} = \frac{44,0}{0,8(4 \cdot 16,0 + 2 \cdot 8,0)} = 0,69 \text{ t/cm}^2$$

**(a) Ansicht des Anschlusses**



**(b) Querschnitt a-b**



Abb. 27. Stabanschluß mit schrägen Kehlnähten und Stirnnähten.

**h) Gebrauchstafeln zur Bestimmung der erforderlichen Schweißnahdicken und Längen.**

Mit Hilfe der Tafel 1 können für die verschiedenen Beanspruchungsarten (Zug, Druck und Abscheren)





Tafel I. Bestimmung der Schweißnahtlängen bei gegebener

| P bei $\sigma$        |                       | Schweißnahtlänge „l“ in cm bei einer Schweißnahtdicke von $a = 0,55$ bis $0,9$ cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |                       | 0,55                                                                              |      |      | 0,60 |      |      | 0,65 |      |      | 0,70 |      |      | 0,75 |      |      | 0,80 |      |      | 0,90 |      |      |
| 1,4 t/cm <sup>2</sup> | 1,2 t/cm <sup>2</sup> | Z                                                                                 | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    |
| 1,0                   | 0,85                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 1,5                   | 1,28                  | 4,00                                                                              | —    | 4,00 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 2,0                   | 1,72                  | 4,33                                                                              | 4,00 | 5,20 | —    | —    | 4,76 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | 4,08 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 2,5                   | 2,14                  | 5,41                                                                              | 4,33 | 6,50 | 4,96 | 4,00 | 5,95 | 4,58 | 3,66 | 5,50 | 4,23 | 4,00 | 5,10 | 4,00 | —    | 4,76 | 4,00 | —    | 4,16 | —    | —    | 4,00 |
| 3,0                   | 2,57                  | 6,49                                                                              | 5,20 | 7,79 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,50 | 4,40 | 6,59 | 5,10 | 4,08 | 6,12 | 4,76 | 4,00 | 5,72 | 4,46 | 4,00 | 5,36 | 4,00 | —    | 4,76 |
| 3,5                   | 3,00                  | 7,58                                                                              | 6,06 | 9,09 | 6,95 | 5,56 | 8,33 | 6,41 | 5,13 | 7,69 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,56 | 4,45 | 6,67 | 5,21 | 4,17 | 6,25 | 4,53 | 4,00 | 5,56 |
| 4,0                   | 3,42                  | 8,66                                                                              | 6,93 | 10,4 | 7,94 | 6,35 | 9,53 | 7,33 | 5,86 | 8,79 | 6,80 | 5,44 | 8,16 | 6,35 | 5,08 | 7,62 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,29 | 4,23 | 6,35 |
| 4,5                   | 3,85                  | 9,74                                                                              | 7,79 | 11,7 | 8,93 | 7,14 | 10,7 | 8,24 | 6,59 | 9,89 | 7,65 | 6,12 | 9,18 | 7,14 | 5,72 | 8,57 | 6,70 | 5,36 | 8,04 | 5,95 | 4,76 | 7,14 |
| 5,0                   | 4,28                  | 10,8                                                                              | 8,66 | 13,0 | 9,92 | 7,94 | 11,9 | 9,16 | 7,33 | 11,0 | 8,50 | 6,80 | 10,2 | 7,94 | 6,35 | 9,52 | 7,44 | 5,95 | 8,93 | 6,61 | 5,29 | 7,94 |
| 5,5                   | 4,71                  | 11,9                                                                              | 9,53 | 14,3 | 10,9 | 8,73 | 13,1 | 10,1 | 8,06 | 12,1 | 9,35 | 7,48 | 11,2 | 8,73 | 6,08 | 10,5 | 8,18 | 6,55 | 9,82 | 7,28 | 5,82 | 8,73 |
| 6,0                   | 5,14                  | 13,0                                                                              | 10,4 | 15,6 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,0 | 8,79 | 13,2 | 10,2 | 8,17 | 12,3 | 9,52 | 7,62 | 11,4 | 8,93 | 7,14 | 10,7 | 7,94 | 6,35 | 9,53 |
| 6,5                   | 5,57                  | 14,1                                                                              | 11,3 | 16,9 | 12,9 | 10,3 | 15,5 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,1 | 8,85 | 13,3 | 10,3 | 8,25 | 12,4 | 9,67 | 7,74 | 11,6 | 8,60 | 6,88 | 10,3 |
| 7,0                   | 6,00                  | 15,2                                                                              | 12,1 | 18,2 | 13,9 | 11,1 | 16,7 | 12,8 | 10,3 | 15,4 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,1 | 8,89 | 13,3 | 10,4 | 8,33 | 12,5 | 9,26 | 7,41 | 11,1 |
| 7,5                   | 6,42                  | 16,2                                                                              | 13,0 | 19,5 | 14,9 | 11,9 | 17,9 | 13,7 | 11,0 | 16,5 | 12,8 | 10,2 | 15,3 | 11,9 | 9,52 | 14,3 | 11,2 | 8,93 | 13,4 | 9,92 | 7,94 | 11,9 |
| 8,0                   | 6,85                  | 17,3                                                                              | 13,9 | 20,8 | 15,9 | 12,7 | 19,1 | 14,7 | 11,7 | 17,6 | 13,6 | 10,9 | 16,3 | 12,7 | 10,2 | 15,2 | 11,9 | 9,52 | 14,3 | 10,6 | 8,47 | 12,7 |
| 8,5                   | 7,28                  | 18,4                                                                              | 14,7 | 22,1 | 16,9 | 13,5 | 20,2 | 15,6 | 12,5 | 18,7 | 14,5 | 11,6 | 17,4 | 13,5 | 10,8 | 16,2 | 12,7 | 10,1 | 15,2 | 11,2 | 9,00 | 13,5 |
| 9,0                   | 7,71                  | 19,5                                                                              | 15,6 | —    | 17,9 | 14,3 | 21,4 | 16,5 | 13,2 | 19,8 | 15,3 | 12,3 | 18,4 | 14,3 | 11,4 | 17,1 | 13,4 | 10,7 | 16,1 | 11,9 | 9,52 | 14,3 |
| 9,5                   | 8,14                  | 20,6                                                                              | 16,5 | —    | 18,9 | 15,1 | 22,6 | 17,4 | 13,9 | 20,9 | 16,2 | 12,9 | 19,4 | 15,1 | 12,1 | 18,1 | 14,1 | 11,3 | 17,0 | 12,6 | 10,1 | 15,1 |
| 10,0                  | 8,57                  | 21,7                                                                              | 17,3 | —    | 19,8 | 15,9 | 23,8 | 18,3 | 14,7 | 22,0 | 17,0 | 13,6 | 20,4 | 15,9 | 12,7 | 19,1 | 14,9 | 11,9 | 17,9 | 13,2 | 10,6 | 15,9 |
| 11,0                  | 9,42                  | —                                                                                 | 19,1 | —    | 21,8 | 17,5 | 26,2 | 20,2 | 16,1 | 24,2 | 18,7 | 15,0 | 22,5 | 17,5 | 14,0 | 21,0 | 16,4 | 13,1 | 19,6 | 14,6 | 11,6 | 17,5 |
| 12,0                  | 10,3                  | —                                                                                 | 20,8 | —    | 23,8 | 19,1 | —    | 22,0 | 17,6 | 26,4 | 20,4 | 16,3 | 24,5 | 19,1 | 15,2 | 22,9 | 17,9 | 14,3 | 21,4 | 15,9 | 12,7 | 19,1 |
| 13,0                  | 11,1                  | —                                                                                 | 22,5 | —    | 25,8 | 20,6 | —    | 23,8 | 19,1 | —    | 22,1 | 17,7 | 26,5 | 20,6 | 16,5 | 24,8 | 19,4 | 15,5 | 23,2 | 17,2 | 13,8 | 20,6 |
| 14,0                  | 12,0                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | 22,2 | —    | 25,6 | 20,5 | —    | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 22,2 | 17,8 | 26,7 | 20,8 | 16,7 | 25,0 | 18,5 | 14,8 | 22,2 |
| 15,0                  | 12,9                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | 23,8 | —    | 27,5 | 22,0 | —    | 25,5 | 20,4 | —    | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 22,3 | 17,9 | 26,8 | 19,8 | 15,9 | 23,8 |
| 16,0                  | 13,7                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | 25,4 | —    | —    | 23,4 | —    | 27,2 | 21,8 | —    | 25,4 | 20,3 | 30,5 | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 21,2 | 16,9 | 25,4 |
| 17,0                  | 14,6                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 24,9 | —    | 28,9 | 23,1 | —    | 27,0 | 21,6 | —    | 25,3 | 20,2 | 30,4 | 22,5 | 18,0 | 27,0 |
| 18,0                  | 15,4                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 26,4 | —    | —    | 24,5 | —    | 28,6 | 22,9 | —    | 26,8 | 21,4 | 32,1 | 23,8 | 19,1 | 28,6 |
| 19,0                  | 16,3                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 25,9 | —    | 30,2 | 24,1 | —    | 28,3 | 22,6 | —    | 25,1 | 20,1 | 30,2 |
| 20,0                  | 17,1                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 27,2 | —    | —    | 25,4 | —    | 29,8 | 23,8 | —    | 26,5 | 21,2 | 31,8 |
| 21,0                  | 18,0                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 28,6 | —    | —    | 26,7 | —    | 31,3 | 25,0 | —    | 27,8 | 22,2 | 33,3 |
| 22,0                  | 18,9                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 27,9 | —    | 32,7 | 26,1 | —    | 29,1 | 23,3 | 34,9 |
| 23,0                  | 19,7                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 29,2 | —    | —    | 27,3 | —    | 30,4 | 24,3 | 36,5 |
| 24,0                  | 20,6                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 30,5 | —    | —    | 28,5 | —    | 31,8 | 25,4 | —    |
| 25,0                  | 21,4                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 29,7 | —    | 33,1 | 26,5 | —    |
| 26,0                  | 22,3                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 30,9 | —    | 34,4 | 27,5 | —    |
| 27,0                  | 23,1                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 32,0 | —    | 35,7 | 28,6 | —    |
| 28,0                  | 24,0                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 37,0 | 29,6 | —    |
| 29,0                  | 24,9                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 30,7 | —    |
| 30,0                  | 25,7                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 31,8 | —    |
| 31,0                  | 26,6                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 32,9 | —    |
| 32,0                  | 27,4                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 33,9 | —    |
| 33,0                  | 28,3                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 34,9 | —    |
| 34,0                  | 29,1                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 36,0 | —    |
| 35,0                  | 30,0                  | —                                                                                 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |

| P bei $\sigma$        |                       | Schweißnahtlänge „l“ in cm bei einer Schweißnahtdicke von $a = 0,30$ bis $0,50$ cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       |                       | 0,30                                                                               |      |      | 0,35 |      |      | 0,40 |      |      | 0,45 |      |      | 0,50 |      |      |
| 1,4 t/cm <sup>2</sup> | 1,2 t/cm <sup>2</sup> | Z                                                                                  | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    |
| 0,5                   | 0,42                  | 4,00                                                                               | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| 1,0                   | 0,85                  | 4,00                                                                               | 4,00 | 4,76 | 4,00 | 4,00 | 4,08 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| 1,5                   | 1,28                  | 5,95                                                                               | 4,00 | 7,14 | 5,10 | 4,09 | 6,12 | 4,47 | 4,00 | 5,36 | 4,00 | 4,00 | 4,76 | 4,00 | 4,00 | 4,28 |
| 2,0                   | 1,72                  | 7,94                                                                               | 4,76 | 9,52 | 6,81 | 5,44 | 8,16 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,29 | 4,23 | 6,35 | 4,76 | 4,00 | 5,71 |
| 2,5                   | 2,14                  | 9,92                                                                               | 6,35 | 11,9 | 8,51 | 6,80 | 10,2 | 7,44 | 5,95 | 8,93 | 6,62 | 5,29 | 7,94 | 5,95 | 4,76 | 7,14 |
| 3,0                   | 2,57                  | 11,9                                                                               | 7,94 | 14,3 | 10,2 | 8,16 | 12,3 | 8,93 | 7,14 | 10,7 | 7,94 | 6,35 | 9,53 | 7,14 | 5,72 | 8,57 |
| 3,5                   | 3,00                  | 13,9                                                                               | 9,52 | —    | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 10,4 | 8,34 | 12,5 | 9,26 | 7,41 | 11,1 | 8,34 | 6,67 | 9,99 |
| 4,0                   | 3,42                  | —                                                                                  | 11,1 | —    | 13,6 | 10,9 | —    | 11,9 | 9,23 | 14,3 | 10,6 | 8,47 | 12,7 | 9,53 | 7,62 | 11,4 |
| 4,5                   | 3,85                  | —                                                                                  | 12,7 | —    | 15,3 | 12,3 | —    | 13,4 | 10,7 | 16,1 | 11,9 | 9,52 | 14,3 | 10,7 | 8,57 | 12,9 |
| 5,0                   | 4,28                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | 13,6 | —    | 14,9 | 11,9 | —    | 13,2 | 10,6 | 15,9 | 11,9 | 9,53 | 14,3 |
| 5,5                   | 4,71                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | 15,0 | —    | 16,4 | 13,1 | —    | 14,6 | 11,6 | 17,5 | 13,1 | 10,5 | 15,7 |
| 6,0                   | 5,14                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 14,3 | —    | 15,9 | 12,7 | 19,1 | 14,3 | 11,4 | 17,1 |
| 6,5                   | 5,57                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 15,5 | —    | 17,2 | 13,8 | —    | 15,5 | 12,4 | 18,6 |
| 7,0                   | 6,00                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 16,7 | —    | 18,5 | 14,8 | —    | 16,7 | 13,3 | 20,0 |
| 7,5                   | 6,42                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 15,9 | —    | 17,9 | 14,3 | —    |
| 8,0                   | 6,85                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 16,9 | —    | 19,1 | 15,2 | —    |
| 8,5                   | 7,28                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 18,0 | —    | 20,2 | 16,2 | —    |
| 9,0                   | 7,71                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 17,1 | —    |
| 9,5                   | 8,14                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 18,1 | —    |
| 10,0                  | 8,57                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 19,1 | —    |
| 11,0                  | 9,42                  | —                                                                                  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 21,0 | —    |

**Bezeichnungen:**

$a$  = Schweißnahtdicke in cm  
 $P$  = Anschlußkraft in t  
 $l$  = Schweißlänge in cm  
 $Z$  = Zug  
 $D$  = Druck  
 $A$  = Absch. } Art der Spannung

Kraftwirkung für die verschiedenen Spannungsarten.

| Schweißnahtlänge „l“ in cm bei einer Schweißnahtdicke von a = 1,0 bis 1,6 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |      |      |      |      | P bei σ |      |      |           |           |      |
|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|---------|------|------|-----------|-----------|------|
| 1,0                                                                       |      |      | 1,1  |      |      | 1,2  |      |      | 1,3  |      |      | 1,4  |        |      | 1,5  |      |      | 1,6     |      |      | 1,4 t/cm² | 1,2 t/cm² |      |
| Z                                                                         | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D    | A    | Z    | D      | A    | Z    | D    | A    | Z       | D    | A    |           |           |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 1,0       | 0,85      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 1,5       | 1,28      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 2,0       | 1,72      |      |
| —                                                                         | —    | 4,00 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 2,5       | 2,14      |      |
| 4,00                                                                      | —    | 4,28 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | 4,00 | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 3,0       | 2,57      |      |
| 4,17                                                                      | —    | 5,00 | 4,00 | —    | 4,55 | —    | —    | 4,17 | —    | —    | 4,00 | —    | —      | 4,00 | —    | —    | —    | —       | —    | —    | 3,5       | 3,00      |      |
| 4,76                                                                      | 4,00 | 5,71 | 4,33 | —    | 5,20 | 4,00 | —    | 4,76 | 4,00 | —    | 4,40 | —    | —      | 4,09 | —    | —    | 4,00 | —       | —    | —    | 4,0       | 3,42      |      |
| 5,36                                                                      | 4,29 | 6,43 | 4,87 | 4,00 | 5,85 | 4,47 | —    | 5,36 | 4,12 | —    | 4,95 | 4,00 | —      | 4,59 | —    | —    | 4,29 | —       | —    | —    | 4,5       | 3,85      |      |
| 5,95                                                                      | 4,76 | 7,14 | 5,41 | 4,33 | 6,50 | 4,96 | 4,00 | 5,95 | 4,58 | 4,00 | 5,50 | 4,25 | —      | 5,10 | 4,00 | —    | 4,76 | 4,00    | —    | —    | 5,0       | 4,28      |      |
| 6,55                                                                      | 5,24 | 7,85 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,46 | 4,37 | 6,55 | 5,04 | 4,03 | 6,05 | 4,68 | 4,00   | 5,61 | 4,37 | —    | 5,24 | 4,09    | —    | —    | 4,91      | 5,5       | 4,71 |
| 7,14                                                                      | 5,72 | 8,57 | 6,49 | 5,20 | 7,79 | 5,95 | 4,76 | 7,14 | 5,50 | 4,40 | 6,60 | 5,10 | 4,08   | 6,12 | 4,76 | 4,00 | 5,72 | 4,47    | —    | —    | 5,36      | 6,0       | 5,14 |
| 7,74                                                                      | 6,19 | 9,28 | 7,04 | 5,63 | 8,44 | 6,45 | 5,16 | 7,74 | 5,96 | 4,76 | 7,14 | 5,53 | 4,42   | 6,63 | 5,16 | 4,13 | 6,19 | 4,84    | 4,00 | —    | 5,81      | 6,5       | 5,57 |
| 8,33                                                                      | 6,67 | 9,99 | 7,58 | 6,06 | 9,09 | 6,95 | 5,56 | 8,33 | 6,41 | 5,13 | 7,69 | 5,96 | 4,76   | 7,15 | 5,56 | 4,45 | 6,67 | 5,21    | 4,17 | —    | 6,25      | 7,0       | 6,00 |
| 8,93                                                                      | 7,14 | 10,7 | 8,12 | 6,50 | 9,74 | 7,44 | 5,96 | 8,93 | 6,89 | 5,50 | 8,24 | 6,38 | 5,10   | 7,66 | 5,96 | 4,77 | 7,14 | 5,58    | 4,47 | —    | 6,70      | 7,5       | 6,42 |
| 9,52                                                                      | 7,62 | 11,4 | 8,66 | 6,93 | 10,4 | 7,94 | 6,35 | 9,52 | 7,33 | 5,86 | 8,79 | 6,80 | 5,44   | 8,16 | 6,35 | 5,08 | 7,62 | 5,95    | 4,76 | 7,14 | 8,0       | 6,85      |      |
| 10,1                                                                      | 8,10 | 12,1 | 9,20 | 7,36 | 11,0 | 8,43 | 6,75 | 10,1 | 7,79 | 6,23 | 9,34 | 7,23 | 5,78   | 8,67 | 6,75 | 5,40 | 8,10 | 6,33    | 5,06 | 7,59 | 8,5       | 7,28      |      |
| 10,7                                                                      | 8,57 | 12,9 | 9,74 | 7,79 | 11,7 | 8,93 | 7,14 | 10,7 | 8,24 | 6,60 | 9,89 | 7,66 | 6,12   | 9,19 | 7,14 | 5,72 | 8,57 | 6,70    | 5,36 | 8,04 | 9,0       | 7,71      |      |
| 11,3                                                                      | 9,05 | 13,6 | 10,3 | 8,23 | 12,3 | 9,43 | 7,54 | 11,3 | 8,76 | 6,96 | 10,4 | 8,08 | 6,46   | 9,70 | 7,54 | 6,04 | 9,05 | 7,07    | 5,65 | 8,48 | 9,5       | 8,14      |      |
| 11,9                                                                      | 9,53 | 14,3 | 10,8 | 8,66 | 13,0 | 9,92 | 7,94 | 11,9 | 9,10 | 7,33 | 11,0 | 8,51 | 6,81   | 10,2 | 7,94 | 6,35 | 9,53 | 7,44    | 5,95 | 8,93 | 10,0      | 8,57      |      |
| 13,1                                                                      | 10,5 | 15,7 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 10,9 | 8,73 | 13,1 | 10,1 | 8,06 | 12,1 | 9,36 | 7,48   | 11,2 | 8,73 | 6,99 | 10,5 | 8,18    | 6,55 | 9,82 | 11,0      | 9,42      |      |
| 14,3                                                                      | 11,4 | 17,1 | 13,0 | 10,4 | 15,6 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,0 | 8,79 | 13,2 | 10,2 | 8,17   | 12,3 | 9,53 | 7,62 | 11,4 | 8,93    | 7,14 | 10,7 | 12,0      | 10,3      |      |
| 15,5                                                                      | 12,4 | 18,6 | 14,1 | 11,3 | 16,9 | 12,9 | 10,3 | 15,5 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,1 | 8,85   | 13,3 | 10,3 | 8,26 | 12,4 | 9,67    | 7,74 | 11,6 | 13,0      | 11,1      |      |
| 16,7                                                                      | 13,3 | 20,0 | 15,2 | 12,1 | 18,2 | 13,9 | 11,1 | 16,7 | 12,8 | 10,3 | 15,4 | 11,9 | 9,53   | 14,3 | 11,1 | 8,89 | 13,3 | 10,4    | 8,33 | 12,5 | 14,0      | 12,0      |      |
| 17,9                                                                      | 14,3 | 21,4 | 16,2 | 13,0 | 19,5 | 14,9 | 11,9 | 17,9 | 13,7 | 11,0 | 16,5 | 12,8 | 10,2   | 15,3 | 11,9 | 9,53 | 14,3 | 11,2    | 8,93 | 13,4 | 15,0      | 12,9      |      |
| 20,1                                                                      | 15,2 | 22,8 | 17,3 | 13,9 | 20,8 | 15,9 | 12,7 | 19,1 | 14,7 | 11,7 | 17,6 | 13,6 | 10,9   | 16,3 | 12,7 | 10,2 | 15,2 | 11,9    | 9,52 | 14,3 | 16,0      | 13,7      |      |
| 20,2                                                                      | 16,2 | 24,3 | 18,4 | 14,7 | 22,1 | 16,9 | 13,5 | 20,2 | 15,6 | 12,5 | 18,7 | 14,5 | 11,6   | 17,4 | 13,5 | 10,8 | 16,2 | 12,7    | 10,1 | 15,2 | 17,0      | 14,6      |      |
| 21,4                                                                      | 17,1 | 25,7 | 19,5 | 15,6 | 23,4 | 17,9 | 14,3 | 21,4 | 16,5 | 13,2 | 19,8 | 15,3 | 12,3   | 18,4 | 14,3 | 11,4 | 17,1 | 13,4    | 10,7 | 16,1 | 18,0      | 15,4      |      |
| 22,6                                                                      | 18,1 | 27,1 | 20,6 | 16,5 | 24,7 | 18,9 | 15,1 | 22,6 | 17,4 | 13,9 | 20,9 | 16,2 | 12,9   | 19,4 | 15,1 | 12,1 | 18,1 | 14,1    | 11,3 | 17,0 | 19,0      | 16,3      |      |
| 23,8                                                                      | 19,1 | 28,6 | 21,6 | 17,3 | 26,0 | 19,9 | 15,9 | 23,8 | 18,3 | 14,7 | 22,0 | 17,0 | 13,6   | 20,4 | 15,9 | 12,7 | 19,1 | 14,9    | 11,9 | 17,9 | 20,0      | 17,1      |      |
| 25,0                                                                      | 20,0 | 30,0 | 22,7 | 18,2 | 27,3 | 20,8 | 16,7 | 25,0 | 19,2 | 15,4 | 23,1 | 17,9 | 14,3   | 21,4 | 16,7 | 13,3 | 20,0 | 15,6    | 12,5 | 18,8 | 21,0      | 18,0      |      |
| 26,1                                                                      | 21,0 | 31,4 | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 21,8 | 17,5 | 26,1 | 20,2 | 16,1 | 24,2 | 18,7 | 15,0   | 22,5 | 17,5 | 14,0 | 21,0 | 16,3    | 13,1 | 19,6 | 22,0      | 18,9      |      |
| 27,3                                                                      | 21,9 | 32,8 | 24,9 | 20,0 | 29,9 | 22,8 | 18,3 | 27,3 | 21,1 | 16,9 | 25,3 | 19,6 | 15,7   | 23,5 | 18,3 | 14,6 | 21,9 | 17,1    | 13,7 | 20,5 | 23,0      | 19,7      |      |
| 28,5                                                                      | 22,9 | 34,3 | 26,0 | 20,8 | 31,2 | 23,8 | 19,1 | 28,5 | 22,0 | 17,6 | 26,4 | 20,4 | 16,3   | 24,5 | 19,1 | 15,2 | 22,9 | 17,9    | 14,3 | 21,4 | 24,0      | 20,6      |      |
| 29,7                                                                      | 23,8 | 35,7 | 27,1 | 21,7 | 32,5 | 24,8 | 19,9 | 29,8 | 22,9 | 18,3 | 27,5 | 21,3 | 17,0   | 25,5 | 19,9 | 15,9 | 23,8 | 18,4    | 14,9 | 22,3 | 25,0      | 21,4      |      |
| 30,9                                                                      | 24,8 | 37,1 | 28,1 | 22,5 | 33,8 | 25,8 | 20,6 | 31,0 | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 22,1 | 17,7   | 26,5 | 20,6 | 16,5 | 24,8 | 19,3    | 15,5 | 23,2 | 26,0      | 22,3      |      |
| 32,0                                                                      | 25,7 | 38,5 | 29,2 | 23,4 | 35,1 | 26,8 | 21,4 | 32,1 | 24,7 | 19,8 | 29,7 | 23,0 | 18,4   | 27,6 | 21,4 | 17,2 | 25,7 | 20,1    | 16,1 | 24,1 | 27,0      | 23,1      |      |
| 33,2                                                                      | 26,7 | 40,0 | 30,3 | 24,2 | 36,4 | 27,8 | 22,2 | 33,3 | 25,6 | 20,5 | 30,8 | 23,8 | 19,1   | 28,6 | 22,2 | 17,8 | 26,7 | 20,8    | 16,7 | 25,0 | 28,0      | 24,0      |      |
| 34,4                                                                      | 27,6 | —    | 31,4 | 25,1 | 37,7 | 28,8 | 23,0 | 34,5 | 26,6 | 21,3 | 31,9 | 24,7 | 19,7   | 29,6 | 23,0 | 18,4 | 27,6 | 21,6    | 17,3 | 25,9 | 29,0      | 24,9      |      |
| 35,6                                                                      | 28,6 | —    | 32,5 | 26,0 | 39,0 | 29,8 | 23,8 | 35,7 | 27,5 | 22,0 | 33,0 | 25,5 | 20,4   | 30,6 | 23,8 | 19,1 | 28,6 | 22,3    | 17,9 | 26,8 | 30,0      | 25,7      |      |
| 36,8                                                                      | 29,5 | —    | 33,6 | 26,8 | 40,3 | 30,8 | 24,6 | 36,9 | 28,4 | 22,7 | 34,1 | 26,4 | 21,1   | 31,6 | 24,6 | 19,7 | 29,5 | 23,1    | 18,5 | 27,7 | 31,0      | 26,6      |      |
| 37,9                                                                      | 30,5 | —    | 34,6 | 27,7 | 41,6 | 31,8 | 25,4 | 38,1 | 29,3 | 23,4 | 35,2 | 27,2 | 21,8   | 32,7 | 25,4 | 20,3 | 30,5 | 23,8    | 19,1 | 28,6 | 32,0      | 27,4      |      |
| 39,2                                                                      | 31,4 | —    | 35,7 | 28,6 | 42,9 | 32,7 | 26,2 | 39,3 | 30,2 | 24,2 | 36,3 | 28,1 | 22,5   | 33,7 | 26,2 | 21,0 | 31,4 | 24,6    | 19,6 | 29,5 | 33,0      | 28,3      |      |
| 40,4                                                                      | 32,4 | —    | 36,8 | 29,4 | 44,2 | 33,7 | 27,0 | 40,5 | 31,1 | 24,9 | 37,4 | 28,9 | 23,1   | 34,7 | 27,0 | 21,6 | 32,4 | 25,3    | 20,2 | 30,4 | 34,0      | 29,1      |      |
| —                                                                         | 33,3 | —    | 37,9 | 30,3 | —    | 34,7 | 27,8 | 41,7 | 32,1 | 25,6 | 38,5 | 29,8 | 23,8   | 35,7 | 27,8 | 22,2 | 33,3 | 26,0    | 20,8 | 31,3 | 35,0      | 30,0      |      |
| —                                                                         | 34,3 | —    | 39,0 | 31,2 | —    | 35,7 | 28,6 | 42,9 | 33,0 | 26,4 | 39,6 | 30,6 | 24,5   | 36,7 | 28,6 | 22,9 | 34,3 | 26,8    | 21,4 | 32,1 | 36,0      | 30,9      |      |
| —                                                                         | 35,2 | —    | 40,0 | 32,0 | —    | 36,7 | 29,4 | 44,1 | 33,9 | 27,1 | 40,7 | 31,5 | 25,2   | 37,8 | 29,4 | 23,5 | 35,2 | 27,5    | 22,0 | 33,0 | 37,0      | 31,7      |      |
| —                                                                         | 36,2 | —    | 41,1 | 32,9 | —    | 37,7 | 30,2 | 45,2 | 34,8 | 27,8 | 41,8 | 32,3 | 25,9   | 38,8 | 30,2 | 24,1 | 36,2 | 28,3    | 22,6 | 33,9 | 38,0      | 32,6      |      |
| —                                                                         | 37,2 | —    | 42,2 | 33,8 | —    | 38,7 | 31,0 | 46,4 | 35,7 | 28,6 | 42,9 | 33,2 | 26,5   | 39,8 | 31,0 | 24,8 | 37,2 | 29,0    | 23,2 | 34,8 | 39,0      | 33,4      |      |
| —                                                                         | 38,1 | —    | 43,3 | 34,6 | —    | 39,6 | 31,8 | 47,6 | 36,6 | 29,3 | 44,0 | 34,0 | 27,2   | 40,8 | 31,8 | 25,4 | 38,1 | 29,8    | 23,8 | 35,7 | 40,0      | 34,3      |      |
| —                                                                         | 39,1 | —    | 44,4 | 35,5 | —    | 40,7 | 32,5 | 48,8 | 37,6 | 30,0 | 45,1 | 34,9 | 27,9   | 41,8 | 32,5 | 26,0 | 39,1 | 30,5    | 24,4 | 36,6 | 41,0      | 35,1      |      |
| —                                                                         | 40,0 | —    | —    | 36,4 | —    | 41,7 | 33,3 | —    | 38,5 | 30,8 | 46,2 | 35,7 | 28,6   | 42,9 | 33,3 | 26,7 | 40,0 | 31,3    | 25,0 | 37,5 | 42,0      | 36,0      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 37,2 | —    | 42,7 | 34,1 | —    | 39,4 | 31,5 | 47,3 | 36,6 | 29,3   | 43,9 | 34,1 | 27,3 | 41,0 | 32,0    | 25,6 | 38,4 | 43,0      | 36,9      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 38,1 | —    | 43,7 | 34,9 | —    | 40,3 | 32,2 | 48,4 | 37,4 | 29,9   | 44,9 | 34,9 | 27,9 | 42,0 | 32,7    | 26,2 | 39,3 | 44,0      | 37,7      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 39,0 | —    | 44,7 | 35,7 | —    | 41,2 | 33,0 | 49,5 | 38,3 | 30,6   | 45,9 | 35,7 | 28,6 | 42,9 | 33,5    | 26,8 | 40,2 | 45,0      | 38,6      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 39,8 | —    | 45,6 | 36,5 | —    | 42,1 | 33,7 | 50,6 | 39,1 | 31,3   | 46,9 | 36,5 | 29,2 | 43,8 | 34,2    | 27,4 | 41,1 | 46,0      | 39,4      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 40,7 | —    | 46,6 | 37,3 | —    | 43,0 | 34,4 | 51,7 | 40,0 | 31,8   | 48,0 | 37,3 | 29,9 | 44,8 | 35,0    | 28,0 | 42,0 | 47,0      | 40,3      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 41,6 | —    | 47,6 | 38,1 | —    | 44,0 | 35,2 | —    | 40,8 | 32,7   | 49,0 | 38,1 | 30,5 | 45,7 | 35,7    | 28,6 | 42,9 | 48,0      | 41,1      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 42,4 | —    | 48,6 | 38,9 | —    | 44,9 | 35,9 | —    | 41,7 | 33,3   | 50,0 | 38,9 | 31,1 | 46,7 | 36,5    | 29,2 | 43,8 | 49,0      | 42,0      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 43,3 | —    | —    | 39,7 | —    | 45,8 | 36,6 | —    | 42,5 | 34,0   | 51,0 | 39,7 | 31,8 | 47,6 | 37,2    | 29,8 | 44,6 | 50,0      | 42,9      |      |
| —                                                                         | —    | —    | —    | 44,2 | —    | —    | 40,5 | —    | 46,7 | 37,4 | —    | 43,4 | 34,7</ |      |      |      |      |         |      |      |           |           |      |



bei den gegebenen Stabkräften  $P$ , die für die zulässigen Stahlbeanspruchungen von 1,4 und 1,2 t/cm<sup>2</sup> berechnet sind, die Schweißnahtlängen für die Nahtdicken von 0,3 bis 1,6 cm unmittelbar entnommen werden. Bei Zwischenkräften kann die nächsthöhere Kraft zugrunde gelegt werden.

In der Tafel 2 sind für die gebräuchlichsten ungleichschenkligen Winkeleisen die zum vollen Stabanschluß erforderlichen Dicken und Längen der Schweißnähte zusammengestellt, und zwar einmal nur mit Flankenkehlnähten und das andere Mal mit Flankenkehlnähten und Stirnkehlnaht. Die Dicke der Kehlnaht an der abgerundeten Winkelschenkel-seite ist ohne besondere Verstärkung, also gemäß Abb. 15a angenommen. Die Werte sind so berechnet, daß in allen Fällen die Schwerlinie des Schweißanschlusses mit der Schwerlinie des Winkelstabes zusammenfällt. Die Stirnkehlnahtlänge  $l_3$  ist ohne Endkrater angenommen, also ein Anschluß gemäß Abb. 24 mit an dem Stabende herumgeschweißter Ausführung zugrunde gelegt. Zu beachten ist, daß die in der Tafel 2 angegebenen Werte für  $F$  und  $\max S$  (2. bis 4. Reihe) nur für einen Winkel berechnet sind.

Die schräg gesetzten Werte geben an, daß die zulässige Nahtlänge von  $40a$  überschritten ist und diese Winkel daher für einen vollen Anschluß nicht geeignet sind. Ist der Winkel als Zugstab nicht voll ausgenutzt oder handelt es sich um Druckstäbe, dann können die in der Tafel angegebenen Nahtlängen entsprechend dem Verhältnis der vollen und wirklichen Stabkraft umgerechnet werden:

#### Anschluß mit Flankenkehlnähten.

Vorhanden ist ein Zugstab aus 2 L 65 · 100 · 11. Bei voller Ausnutzung des Stabes ergibt sich bei  $\sigma_{zul} = 1,4$  t/cm<sup>2</sup> eine Stabkraft  $\max S = 2 \cdot 23,94 = 47,88$  t. Vorhanden ist jedoch nur eine Zugkraft  $S_{vorh} = 41,5$  t; mit dieser Kraft werden die Nahtlängen wie folgt berechnet:

$$l_1 = l_{1Tafel} \frac{S_{vorh}}{\max S} = 28,2 \frac{41,5}{47,88} = 24,5 \text{ cm,}$$

$$l_2 = l_{2Tafel} \frac{S_{vorh}}{\max S} = 19,4 \frac{41,5}{47,88} = 16,8 \text{ cm.}$$

Die Nahtdicken bleiben wie in der Tafel angegeben:  $a_1 = 0,8$  cm und  $a_2 = 0,6$  cm.

#### Anschluß mit Flanken- und Stirnkehlnähten.

Vorhanden ist ein Druckstab aus 2 L 75 · 100 · 7. Bei Druckstäben ist die vorhandene Stabkraft in allen Fällen geringer als die  $\max S$ -Werte der Tafel, denn die Erhöhung der Stabkraft durch den Knickwert  $\omega$  kommt bei dem Anschluß nicht in Betracht.

$$\max S = 2 \cdot 16,66 = 33,32 \text{ t,}$$

$$S_{vorh} = 22,6 \text{ t.}$$

Mit der vorhandenen Kraft werden die Kehlnahtlängen und die Stirnnahtdicke wie folgt umgerechnet:

$$l_1 = l_{1Tafel} \frac{S_{vorh}}{\max S} = 28,0 \frac{22,6}{33,32} = 19,1 \text{ cm,}$$

$$l_2 = l_{2Tafel} \frac{S_{vorh}}{\max S} = 15,9 \frac{22,6}{33,32} = 10,8 \text{ cm,}$$

$$a_3 = a_{3Tafel} \frac{S_{vorh}}{\max S} = 0,5 \frac{22,6}{33,32} = 0,34 \cong 0,35 \text{ cm.}$$

Die vorhandenen Nahtlängen bleiben überall unter der zulässigen Grenze von  $40a$ . Gemäß der Tafel 2 ist der volle Stabanschluß infolge der sich über  $40a$  ergebenden Flanken-nahtlängen nicht zulässig.

## 2. Berechnung und Ausführung der Knotenpunkte.

### a) Allgemeines.

Bei dem Zusammenschluß mehrerer Stäbe ergeben sich die sog. „Knotenpunkte“. Nachdem im vorangehenden Teil die einzelnen Stabanschlüsse geklärt sind, werden nunmehr nachstehend die verschiedenartigen Knotenpunktausführungen betrachtet.

In Abb. 28 ist ein Obergurtknotenpunkt in verschiedenen Ausführungen dargestellt. Während die Punkte nach Abb. a bis c mit Hilfe eines Knotenbleches zusammengefügt sind, ist der Punkt nach Abb. d ohne Einschaltung eines Bleches hergestellt.

Bei der Bauart nach Abb. a sind nur Rohrquerschnitte verwendet. Die Stäbe werden zwecks Einschiebung in das Knotenblech in der Länge des Anschlusses geschlitzt. Die Rohr-Füllungsstäbe sind, damit das Knotenblech nicht zu große Abmessungen erhält, am Ende schräg zusammengedrückt. Zu diesem Zweck wird vor dem Zusammenpressen in das Rohr ein Flachstahl eingeführt, der etwa 1 mm dicker als das Blech ist. Die Rohre sind im Preise jedoch etwa 2 bis 3mal teurer als L-, L-, C- oder I-Eisen, so daß dadurch eine Binderherstellung mit Rohrquerschnitten trotz des leichten Gewichtes viel zu unwirtschaftlich wird.

Bei der Bauart nach Abb. b sind die Rohrquerschnitte durch je zwei kastenförmig zusammengelegte C-Eisen ersetzt. Diese Ausführung ist durch die Verwendung von DIN-Querschnitten und durch die einfache Herstellungsweise wirtschaftlicher.

Bei der Bauart nach Abb. c sind die Stäbe aus zwei kastenförmig zusammengesetzten gleichschenkligen Winkeleisen gebildet. Hier besteht der Nachteil, daß die Winkelkanten an den Anschlußstellen zur Erreichung einer guten Naht etwas gebrochen werden müssen.

Bei der Bauart nach Abb. d ist der Gurt aus einem T-förmigen Querschnitt gebildet; die aus zwei Winkeleisen bestehenden Schrägen werden unmittelbar auf den Steg des Gurtes geführt und dort angeschweißt; ein Knotenblech wird dadurch überflüssig. Reicht der Steg zum Anschluß der Stäbe nicht aus, so kann er durch ein stumpf gegengeschweißtes Blech, das

Tafel 2. Schweißanschluß von einem ungleichschenkligen Winkelisen.<sup>1)</sup>

| Querschnitt<br>L | Fläche<br>F<br>cm <sup>2</sup> | max S = F $\sigma_{zul}$ |                       | Kleinste<br>Blech-<br>dicke<br>t <sub>min</sub><br>cm | Erforderliche Schweißnähte für $\sigma_{zul} = 1,2$ und $1,4$ t/cm <sup>2</sup> |                      |                      |                      |                                                    |                      |                      |                      |                      |                      |
|------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                  |                                | bei $\sigma_{zul}$       |                       |                                                       | mit Flankenkehlnähten<br>(vgl. Abb. 23)                                         |                      |                      |                      | mit Flanken- und Stirnkehlnähten<br>(vgl. Abb. 24) |                      |                      |                      |                      |                      |
|                  |                                | 1,2 t/cm <sup>2</sup>    | 1,4 t/cm <sup>2</sup> |                                                       | a <sub>1</sub><br>cm                                                            | l <sub>1</sub><br>cm | a <sub>2</sub><br>cm | l <sub>2</sub><br>cm | a <sub>1</sub><br>cm                               | l <sub>1</sub><br>cm | a <sub>2</sub><br>cm | l <sub>2</sub><br>cm | a <sub>3</sub><br>cm | l <sub>3</sub><br>cm |
| 30 · 45 · 5      | 3,53                           | 4,24                     | 4,94                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 13,4                 | 0,30                 | 8,0                  | 0,35                                               | 10,3                 | 0,30                 | 5,4                  | 0,35                 | 4,5                  |
| 30 · 60 · 5      | 4,29                           | 5,15                     | 6,01                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 15,8                 | 0,20                 | 15,4                 | 0,35                                               | 12,7                 | 0,20                 | 10,3                 | 0,35                 | 6,0                  |
| 30 · 60 · 7      | 5,85                           | 7,02                     | 8,19                  | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 14,7                 | 0,35                 | 12,5                 | 0,50                                               | 11,6                 | 0,35                 | 8,3                  | 0,50                 | 6,0                  |
| 40 · 50 · 5      | 4,27                           | 5,12                     | 5,98                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 16,8                 | 0,30                 | 8,9                  | 0,35                                               | 14,1                 | 0,30                 | 6,3                  | 0,35                 | 5,0                  |
| 40 · 60 · 5      | 4,79                           | 5,75                     | 6,71                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 18,4                 | 0,20                 | 15,7                 | 0,35                                               | 15,4                 | 0,20                 | 10,4                 | 0,35                 | 6,0                  |
| 40 · 60 · 6      | 5,68                           | 6,82                     | 7,95                  | 0,6                                                   | 0,42                                                                            | 18,0                 | 0,27                 | 14,0                 | 0,42                                               | 15,2                 | 0,27                 | 9,5                  | 0,42                 | 6,0                  |
| 40 · 60 · 7      | 6,55                           | 7,86                     | 9,17                  | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 17,3                 | 0,35                 | 12,7                 | 0,50                                               | 14,3                 | 0,35                 | 8,5                  | 0,50                 | 6,0                  |
| 40 · 80 · 6      | 6,89                           | 8,27                     | 9,65                  | 0,6                                                   | 0,45                                                                            | 19,7                 | 0,30                 | 16,4                 | 0,45                                               | 17,3                 | 0,30                 | 11,1                 | 0,45                 | 8,0                  |
| 40 · 80 · 8      | 9,01                           | 10,81                    | 12,61                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 20,8                 | 0,45                 | 14,7                 | 0,55                                               | 16,7                 | 0,45                 | 9,8                  | 0,55                 | 8,0                  |
| 50 · 65 · 5      | 5,54                           | 6,65                     | 7,76                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 22,0                 | 0,20                 | 17,0                 | 0,35                                               | 18,7                 | 0,20                 | 11,3                 | 0,35                 | 6,5                  |
| 50 · 65 · 6      | 7,60                           | 9,12                     | 10,64                 | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 20,8                 | 0,35                 | 13,8                 | 0,50                                               | 17,5                 | 0,35                 | 9,2                  | 0,50                 | 6,5                  |
| 50 · 65 · 9      | 9,58                           | 11,50                    | 13,41                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 19,7                 | 0,50                 | 12,7                 | 0,65                                               | 16,5                 | 0,50                 | 8,5                  | 0,65                 | 6,5                  |
| 50 · 100 · 6     | 8,73                           | 10,48                    | 12,22                 | 0,6                                                   | 0,45                                                                            | 25,3                 | 0,25                 | 24,3                 | 0,45                                               | 23,3                 | 0,25                 | 16,4                 | 0,45                 | 10,0                 |
| 50 · 100 · 8     | 11,50                          | 13,80                    | 16,10                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 26,8                 | 0,40                 | 20,6                 | 0,55                                               | 21,5                 | 0,40                 | 14,3                 | 0,55                 | 10,0                 |
| 50 · 100 · 10    | 14,10                          | 16,92                    | 19,74                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 25,6                 | 0,55                 | 18,8                 | 0,70                                               | 20,5                 | 0,55                 | 12,5                 | 0,70                 | 10,0                 |
| 55 · 75 · 5      | 6,30                           | 7,56                     | 8,82                  | 0,5                                                   | 0,35                                                                            | 25,0                 | 0,20                 | 19,4                 | 0,35                                               | 21,1                 | 0,20                 | 12,9                 | 0,35                 | 7,5                  |
| 55 · 75 · 7      | 8,66                           | 10,93                    | 12,12                 | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 23,6                 | 0,35                 | 16,8                 | 0,50                                               | 19,8                 | 0,35                 | 10,5                 | 0,50                 | 7,5                  |
| 55 · 75 · 9      | 10,90                          | 13,08                    | 15,26                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 22,6                 | 0,50                 | 14,4                 | 0,65                                               | 17,8                 | 0,50                 | 9,5                  | 0,65                 | 7,5                  |
| 60 · 90 · 6      | 8,69                           | 10,43                    | 12,17                 | 0,6                                                   | 0,45                                                                            | 26,3                 | 0,30                 | 18,6                 | 0,45                                               | 22,2                 | 0,30                 | 12,6                 | 0,45                 | 9,0                  |
| 60 · 90 · 8      | 11,40                          | 13,68                    | 15,96                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 27,8                 | 0,45                 | 16,8                 | 0,55                                               | 23,3                 | 0,45                 | 11,2                 | 0,55                 | 9,0                  |
| 60 · 90 · 10     | 14,10                          | 16,92                    | 19,74                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 26,6                 | 0,60                 | 15,9                 | 0,70                                               | 22,1                 | 0,60                 | 10,7                 | 0,70                 | 9,0                  |
| 65 · 80 · 6      | 8,41                           | 10,09                    | 11,77                 | 0,6                                                   | 0,45                                                                            | 26,3                 | 0,25                 | 20,1                 | 0,45                                               | 22,7                 | 0,25                 | 13,7                 | 0,45                 | 8,0                  |
| 65 · 80 · 8      | 11,00                          | 13,20                    | 15,40                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 27,7                 | 0,40                 | 17,0                 | 0,55                                               | 23,7                 | 0,40                 | 11,5                 | 0,55                 | 8,0                  |
| 65 · 80 · 10     | 13,60                          | 16,32                    | 19,04                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 26,7                 | 0,55                 | 15,7                 | 0,70                                               | 22,5                 | 0,55                 | 10,6                 | 0,70                 | 8,0                  |
| 65 · 80 · 12     | 16,00                          | 19,20                    | 22,40                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 25,3                 | 0,70                 | 15,1                 | 0,85                                               | 21,3                 | 0,70                 | 10,2                 | 0,85                 | 8,0                  |
| 65 · 100 · 7     | 11,20                          | 13,44                    | 15,68                 | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 30,4                 | 0,30                 | 24,1                 | 0,50                                               | 25,3                 | 0,30                 | 15,8                 | 0,50                 | 10,0                 |
| 65 · 100 · 9     | 14,20                          | 17,04                    | 19,88                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 29,1                 | 0,45                 | 21,0                 | 0,65                                               | 24,2                 | 0,45                 | 13,7                 | 0,65                 | 10,0                 |
| 65 · 100 · 11    | 17,10                          | 20,52                    | 23,94                 | 1,1                                                   | 0,80                                                                            | 28,2                 | 0,60                 | 19,4                 | 0,80                                               | 23,2                 | 0,60                 | 12,7                 | 0,80                 | 10,0                 |
| 65 · 130 · 8     | 15,10                          | 18,12                    | 21,14                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 35,7                 | 0,35                 | 30,2                 | 0,55                                               | 29,2                 | 0,35                 | 20,1                 | 0,55                 | 13,0                 |
| 65 · 130 · 10    | 18,60                          | 22,32                    | 26,04                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 34,2                 | 0,50                 | 26,7                 | 0,70                                               | 27,6                 | 0,50                 | 17,5                 | 0,70                 | 13,0                 |
| 65 · 130 · 12    | 22,10                          | 26,52                    | 30,94                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 33,0                 | 0,65                 | 24,9                 | 0,85                                               | 26,5                 | 0,65                 | 16,3                 | 0,85                 | 13,0                 |
| 75 · 90 · 7      | 11,10                          | 13,32                    | 15,54                 | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 31,3                 | 0,30                 | 22,0                 | 0,50                                               | 26,7                 | 0,30                 | 14,5                 | 0,50                 | 9,0                  |
| 75 · 90 · 9      | 14,10                          | 16,92                    | 19,74                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 30,1                 | 0,45                 | 19,2                 | 0,65                                               | 25,6                 | 0,45                 | 12,7                 | 0,65                 | 9,0                  |
| 75 · 90 · 11     | 17,00                          | 20,40                    | 23,80                 | 1,1                                                   | 0,80                                                                            | 29,2                 | 0,60                 | 17,8                 | 0,80                                               | 24,7                 | 0,60                 | 11,8                 | 0,80                 | 9,0                  |
| 75 · 100 · 7     | 11,90                          | 14,28                    | 16,66                 | 0,7                                                   | 0,50                                                                            | 33,0                 | 0,30                 | 24,3                 | 0,50                                               | 28,0                 | 0,30                 | 15,9                 | 0,50                 | 10,0                 |
| 75 · 100 · 9     | 15,10                          | 18,12                    | 21,14                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 31,8                 | 0,45                 | 21,1                 | 0,65                                               | 26,8                 | 0,45                 | 13,9                 | 0,65                 | 10,0                 |
| 75 · 100 · 11    | 18,20                          | 21,84                    | 25,48                 | 1,1                                                   | 0,80                                                                            | 30,8                 | 0,60                 | 19,6                 | 0,80                                               | 25,8                 | 0,60                 | 12,9                 | 0,80                 | 10,0                 |
| 75 · 130 · 8     | 15,90                          | 19,08                    | 22,26                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 38,4                 | 0,35                 | 30,4                 | 0,55                                               | 31,9                 | 0,35                 | 20,3                 | 0,55                 | 13,0                 |
| 75 · 130 · 10    | 19,60                          | 23,52                    | 27,44                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 36,8                 | 0,50                 | 26,9                 | 0,70                                               | 30,6                 | 0,50                 | 17,4                 | 0,70                 | 13,0                 |
| 75 · 130 · 12    | 22,30                          | 26,76                    | 31,22                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 34,2                 | 0,65                 | 24,0                 | 0,85                                               | 27,5                 | 0,65                 | 15,6                 | 0,85                 | 13,0                 |
| 75 · 150 · 9     | 19,50                          | 23,40                    | 27,30                 | 0,9                                                   | 0,65                                                                            | 39,0                 | 0,40                 | 34,3                 | 0,65                                               | 31,4                 | 0,40                 | 22,1                 | 0,65                 | 15,0                 |
| 75 · 150 · 11    | 23,60                          | 28,32                    | 33,04                 | 1,1                                                   | 0,80                                                                            | 37,8                 | 0,55                 | 30,7                 | 0,80                                               | 30,4                 | 0,55                 | 19,8                 | 0,80                 | 15,0                 |
| 75 · 150 · 13    | 27,70                          | 33,24                    | 38,78                 | 1,3                                                   | 0,95                                                                            | 38,2                 | 0,70                 | 27,5                 | 0,95                                               | 29,7                 | 0,70                 | 18,6                 | 0,95                 | 15,0                 |
| 75 · 170 · 10    | 23,70                          | 28,44                    | 33,18                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 42,9                 | 0,45                 | 38,5                 | 0,70                                               | 34,5                 | 0,45                 | 25,3                 | 0,70                 | 17,0                 |
| 75 · 170 · 12    | 28,10                          | 33,72                    | 39,34                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 41,6                 | 0,60                 | 34,7                 | 0,85                                               | 33,1                 | 0,60                 | 22,7                 | 0,85                 | 17,0                 |
| 75 · 170 · 14    | 32,50                          | 39,00                    | 45,50                 | 1,4                                                   | 1,00                                                                            | 40,6                 | 0,75                 | 32,6                 | 1,00                                               | 32,1                 | 0,75                 | 21,3                 | 1,00                 | 17,0                 |
| 75 · 170 · 16    | 36,80                          | 44,16                    | 51,52                 | 1,6                                                   | 1,15                                                                            | 39,7                 | 0,90                 | 31,2                 | 1,15                                               | 31,1                 | 0,90                 | 20,3                 | 1,15                 | 17,0                 |
| 80 · 120 · 8     | 15,50                          | 18,60                    | 21,70                 | 0,8                                                   | 0,55                                                                            | 38,4                 | 0,35                 | 28,3                 | 0,55                                               | 32,4                 | 0,35                 | 18,9                 | 0,55                 | 12,0                 |
| 80 · 120 · 10    | 19,10                          | 22,92                    | 26,74                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 36,8                 | 0,50                 | 25,0                 | 0,70                                               | 30,8                 | 0,50                 | 16,6                 | 0,70                 | 12,0                 |
| 80 · 120 · 12    | 22,70                          | 27,24                    | 31,78                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 35,7                 | 0,65                 | 23,3                 | 0,85                                               | 29,6                 | 0,65                 | 15,5                 | 0,85                 | 12,0                 |
| 80 · 120 · 14    | 26,20                          | 31,44                    | 36,68                 | 1,4                                                   | 1,00                                                                            | 34,6                 | 0,80                 | 22,3                 | 1,00                                               | 28,6                 | 0,80                 | 14,8                 | 1,00                 | 12,0                 |
| 90 · 130 · 10    | 21,20                          | 25,44                    | 29,68                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 41,3                 | 0,40                 | 33,8                 | 0,70                                               | 34,7                 | 0,40                 | 22,5                 | 0,70                 | 13,0                 |
| 90 · 130 · 12    | 25,10                          | 30,12                    | 35,14                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 39,9                 | 0,55                 | 29,8                 | 0,85                                               | 33,3                 | 0,55                 | 19,7                 | 0,85                 | 13,0                 |
| 90 · 130 · 14    | 29,00                          | 34,80                    | 40,60                 | 1,4                                                   | 1,00                                                                            | 38,8                 | 0,70                 | 27,6                 | 1,00                                               | 32,2                 | 0,70                 | 18,3                 | 1,00                 | 13,0                 |
| 90 · 150 · 10    | 23,20                          | 27,84                    | 32,48                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 44,1                 | 0,40                 | 38,6                 | 0,70                                               | 36,8                 | 0,40                 | 25,5                 | 0,70                 | 15,0                 |
| 90 · 150 · 12    | 27,50                          | 33,00                    | 38,50                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 42,8                 | 0,55                 | 34,0                 | 0,85                                               | 35,3                 | 0,55                 | 22,3                 | 0,85                 | 15,0                 |
| 90 · 150 · 14    | 31,80                          | 38,16                    | 44,52                 | 1,4                                                   | 1,00                                                                            | 41,8                 | 0,70                 | 31,3                 | 1,00                                               | 34,2                 | 0,70                 | 20,6                 | 1,00                 | 15,0                 |
| 90 · 250 · 10    | 33,20                          | 39,84                    | 46,48                 | 1,0                                                   | 0,70                                                                            | 59,0                 | 0,40                 | 63,2                 | 0,70                                               | 46,2                 | 0,40                 | 41,2                 | 0,70                 | 25,0                 |
| 90 · 250 · 12    | 39,50                          | 47,40                    | 55,30                 | 1,2                                                   | 0,85                                                                            | 57,2                 | 0,55                 | 55,2                 | 0,85                                               | 43,3                 | 0,55                 | 38,1                 | 0,85                 | 25,0                 |
| 90 · 250 · 14    | 45,80                          | 54,96                    | 64,12                 | 1,4                                                   | 1,00                                                                            | 56,2                 | 0,70                 | 50,6                 | 1,00                                               | 43,6                 | 0,70                 | 32,8                 | 1,00                 | 25,0                 |
| 90 · 250 · 16    | 52,00                          | 62,40                    | 72,80                 | 1,6                                                   | 1,15                                                                            | 55,4                 | 0,85                 | 47,7                 | 1,15                                               | 42,6                 | 0,85                 | 31,0                 | 1,15                 | 25,0                 |

1) Zu beachten ist Teil k.





Tafel 3. Wirtschaftlicher Vergleich von verschiedenen Druckquerschnitten.  
(Stabkraft  $S = -28,0 \text{ t}$ ; Knicklänge  $s_k = 2,4 \text{ m}$ ).

| Querschnitt nach Abb. Nr. | Querschnitt                         | Fläche $F$<br>cm <sup>2</sup> | Gewicht $G$<br>kg | Kleinster Trägheitshalbmesser $i_{\min}$<br>cm | Schlankheitsgrad $\lambda = \frac{s_k}{i_{\min}}$ | Knickwert $\omega_{\max}$ | Beanspruchung $\frac{S\omega}{F}$<br>t/cm <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|
| I                         | 1 Rohr $6\frac{3}{4}'' \varnothing$ | 23,6                          | 18,4              | 5,91                                           | 41                                                | 1,10                      | 1,31                                                   |
| II                        | 2 $\square 10$                      | 27,0                          | 21,2              | 3,91                                           | 61                                                | 1,27                      | 1,32                                                   |
| III                       | 2 L $90 \cdot 90 \cdot 9$           | 31,0                          | 24,4              | 3,45                                           | 70                                                | 1,39                      | 1,26                                                   |
| IV                        | -170 · 10 u. 120 · 10               | 29,0                          | 22,8              | 3,76                                           | 67                                                | 1,35                      | 1,30                                                   |
| V                         | $\frac{1}{2}$ I 32                  | 38,9                          | 30,5              | 2,67                                           | 90                                                | 1,88                      | 1,35                                                   |
| VI                        | $\frac{1}{2}$ IP 22                 | 45,5                          | 35,7              | 2,55                                           | 94                                                | 2,07                      | 1,28                                                   |
| VII                       | 2 L $80 \cdot 120 \cdot 8$          | 31,0                          | 24,4              | 3,28                                           | 73                                                | 1,45                      | 1,31                                                   |

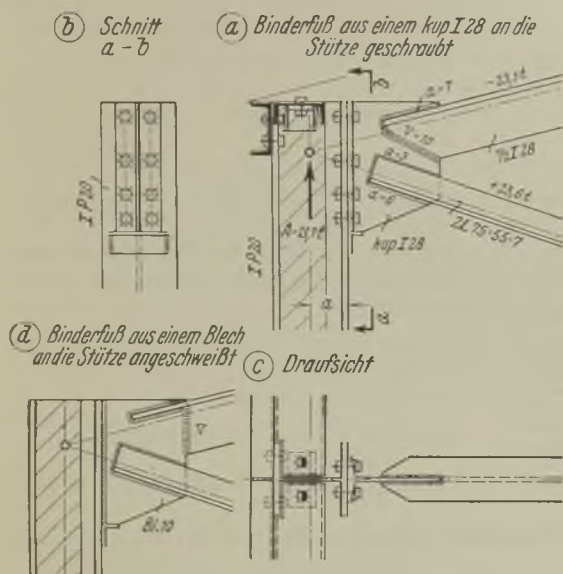


Abb. 30. Binderanschluß an eine Stütze.

Stütze erhält daher durch den lotrechten Binder-  
auflagerdruck kein Moment, wohl aber der Anschluß  
des Trägerstückes an der Stütze ( $M = A a$ ). Der kleine Auflagerwinkel  
unter dem Trägerstück dient nur zur  
bequemeren Aufstellung. Der Ober-  
gurt aus  $\frac{1}{2}$  I 28 ist ähnlich wie bei  
Holzausführungen in den Steg des  
Trägerstückes eingekämmt; zu diesem  
Zweck ist der Steg entsprechend aus-  
zuschneiden.

Eine andere Ausführung ist in der  
der Abb. 30d veranschaulicht, dort  
ist statt des Stegausschnittes der  
Binderobergurt entsprechend aus-  
geklinkt und der geschlitzte Gurt-  
flansch in das Knotenblech ein-  
geschoben. Das Binderfußblech wird

mittels Schweißung auf der Baustelle an die Stütze an-  
geschlossen. Die Berechnung des Schweißanschlusses  
erfolgt sinngemäß zu dem Beispiel nach Teil C, I, b  
im dritten Abschnitt.

Die in Abb. 30 gezeichneten Binderauflager können  
auch so hergerichtet werden, daß der Bindernetzpunkt  
in die Innenkante des Stützenstieles bzw. in die An-  
schlußebene des Fußknotens fällt; bei dieser Anor-  
dnung hat dann nicht der Anschluß, sondern die Stütze  
das Moment  $M = A a$  auszuhalten.

Schließlich ist noch in Abb. 31 ein doppelwandiger  
Fachwerkknoten zur Darstellung gebracht. Der Ober-  
gurt ist aus einem flachliegenden I P 36-Träger und  
die Schrägen aus je 2  $\square 32$  bzw. 30 gebildet. Bei dem  
Anschluß des Obergurtes ist mit Hilfe der Schlitz-  
nähte die Schwerlinie des Schweißanschlusses mit der  
Netzlinie bzw. mit der Schwerlinie des Stabes zur  
Deckung gebracht. Bei dem Anschluß der Schrägen  
mußten, da sonst die Flankenkehlnähte unzulässig  
lang wurden, ebenfalls Schlitznähte angeordnet wer-  
den.

Im folgenden Teil sind eine größere Anzahl von  
Knotenpunkten dargestellt und die Festigkeit der  
Anschlüsse nachgewiesen.

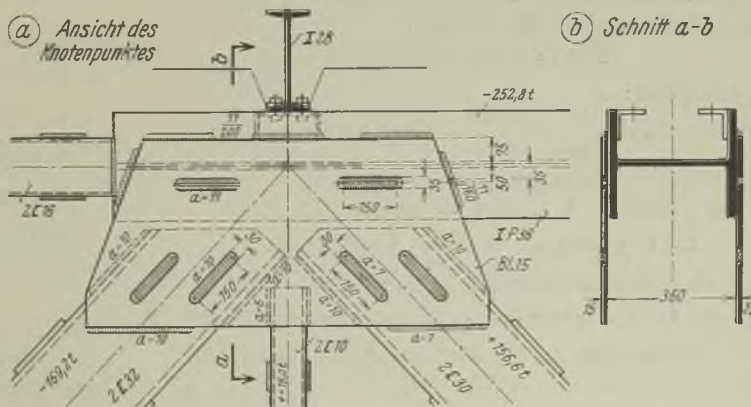


Abb. 31. Doppelwandiger Fachwerkknoten mit Anwendung von Kehl- und Schlitznähten.



b) Zahlenbeispiele für die Ausführung und Berechnung von 19 Knotenpunkten.

α) Berechnung eines Knotenpunktes, bei dem die Anschlußfläche des Gurtsteges durch ein stumpf gegengeschweißtes Blech verbreitert ist.

1) Allgemeines.

Die Festigkeit des Knotenpunktes nach Abb. 32 wird nachstehend nachgewiesen. Alle Werte, Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

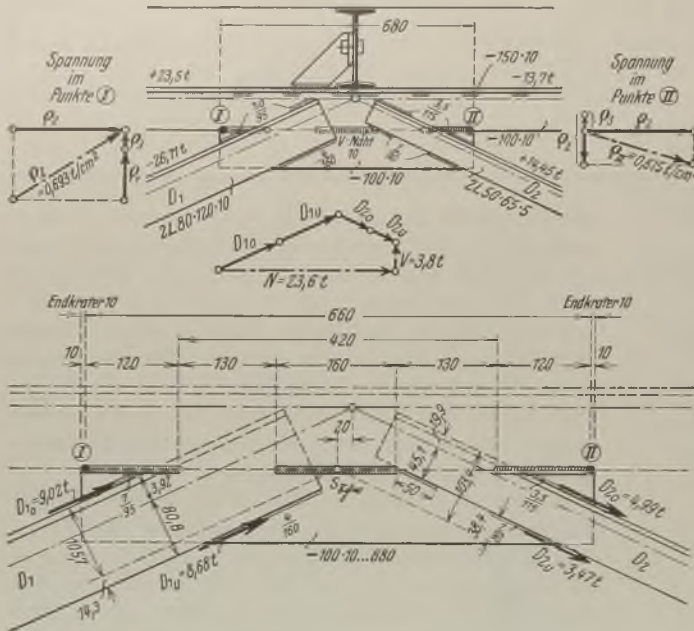


Abb. 32. Knotenpunkt mit Verbreiterung des Gurtsteges durch ein stumpf gegengeschweißtes Blech.

2) Anschluß der Schräge  $D_1$ .

Die Stabkraft  $S$  beträgt  $-26,71 \text{ t}$ ;

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm}.$$

Vorhandene Schweißfläche  $F_{Schw}$ :

$$4 \cdot 0,7 \cdot 9,5 + 2 \cdot 0,4 \cdot 16,0 = 26,6 + 12,8 = 39,4 \text{ cm}^2.$$

Die Schwerlinie des Schweißanschlusses deckt sich mit der Schwerlinie der Winkel:

$$26,6 \cdot 3,92 \cong 12,8 \cdot 8,08.$$

Spannung:

$$e = \frac{S}{F_{Schw}} = \frac{26,71}{39,4} = 0,678 \text{ t/cm}^2.$$

3) Anschluß der Schräge  $D_2$ .

Die Stabkraft  $S$  beträgt  $+14,45 \text{ t}$ ;

$$t_{\min} = 5 \text{ mm}; a_{zul} = 0,707 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}.$$

Vorhandene Schweißfläche  $F_{Schw}$ :

$$4 \cdot 0,35 \cdot 11,5 + 4 \cdot 0,2 \cdot 9,0 = 16,1 + 7,2 = 23,3 \text{ cm}^2.$$

Die Schwerlinie des Schweißanschlusses deckt sich mit der Schwerlinie der Winkel:

$$16,1 \cdot 1,99 \cong 7,2 \cdot 4,51.$$

Spannung:

$$e = \frac{S}{F_{Schw}} = \frac{14,45}{23,3} = 0,620 \text{ t/cm}^2.$$

4) Anschluß des Verbreiterungsbleches.

Die Schrägen sind zum Teil unmittelbar an dem Gurtsteg und zum Teil an dem Verstärkungsblech angeschlossen. Der Anschluß des Blechstreifens an die Gurtstegkante erfolgt daher nur mit den am Blech selbst angeschlossenene Kräften.

Teil-Anschlußkräfte der Schrägen.

$$D_{1u} = 2 \cdot 0,7 \cdot 9,5 \cdot 0,678 = 9,02 \text{ t},$$

$$D_{1u} = 2 \cdot 0,4 \cdot 16,0 \cdot 0,678 = 8,68 \text{ t};$$

$$D_{2u} = 2 \cdot 0,35 \cdot 11,5 \cdot 0,620 = 4,99 \text{ t},$$

$$D_{2u} = 2 \cdot 0,2 \cdot (9,0 + 5,0) \cdot 0,620 = 3,47 \text{ t}.$$

In der Abbildung sind die Teilkräfte der Schrägen in Richtung der Stumpfnah und rechtwinklig dazu zerlegt:

$$N = 23,6 \text{ t}; V = 3,8 \text{ t}.$$

Werte der vorhandenen Schweißfläche:

$$F_{Schw} = 1,0(2 \cdot 12,0 + 16,0) = 40,0 \text{ cm}^2,$$

$$J_{Schw} = (66,0^3 - 42,0^3 + 16,0^3) \frac{1}{12} = 18125 \text{ cm}^4,$$

$$W_{Schw} = \frac{J_{Schw}}{e_{\max}} = \frac{18125}{33,0} = 549 \text{ cm}^3.$$

Das von der Stumpfnah aufzunehmende Moment in bezug auf den Schwerpunkt der Schweißfläche:

$$M = 9,02 \cdot 10,57 - 8,68 \cdot 1,43 + 4,99 \cdot 10,34 + 3,47 \cdot 3,84 = 95,34 - 12,41 + 51,60 + 13,32 = 147,85 \text{ cmt}.$$

Spannung infolge des Momentes:

$$e_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{147,85}{549} = 0,269 \text{ t/cm}^2.$$

Spannung infolge der Normalkraft  $N$ :

$$e_2 = \frac{N}{F_{Schw}} = \frac{23,6}{40,0} = 0,590 \text{ t/cm}^2;$$

Spannung infolge der Querkraft  $V$ :

$$e_3 = \frac{N}{F_{Schw}} = \frac{3,8}{40,0} = 0,095 \text{ t/cm}^2;$$

Gesamtspannung

im Punkte I:

$$e_I = \sqrt{e_2^2 + (e_1 + e_3)^2} = \sqrt{0,590^2 + (0,269 + 0,095)^2} = 0,693 \text{ t/cm}^2;$$

im Punkte II:

$$e_{II} = \sqrt{e_2^2 + (e_1 - e_3)^2} = \sqrt{0,590^2 + (0,269 - 0,095)^2} = 0,615 \text{ t/cm}^2.$$

β) Berechnung sämtlicher Knotenpunkte des Binders nach Tafel 4.

In der Tafel 4 ist die Werkstattzeichnung eines Binders im verkleinerten Maßstab veranschaulicht.



Die Schweißnähte sind hier mit Hilfe von Sinnbildern gekennzeichnet. In einer Zusammenstellung ist der Festigkeitsnachweis sämtlicher Stabanschlüsse gegeben.

γ) Berechnung sämtlicher Knotenpunkte des Binders nach Tafel 5.

In der Tafel 5 ist ein doppelter französischer Binder in geschweißter Ausführung dargestellt; in einer Zusammenstellung sind sämtliche Stabanschlüsse nachgewiesen. Zu beachten ist, daß bei dem L-förmig zusammengesetzten Gurtquerschnitten an den Endknotenpunkten die flachliegenden Platten voll an die Querschnittsstege anzuschließen sind (vgl. Knotenpunkt ⓧ, 2 und IV). Bei den Stabanschlüssen mit kleinen Kräften sind aus praktischen Gründen die zulässigen Spannungen nicht ausgenutzt; in diesen Fällen ist auch nicht unbedingt notwendig, daß die Schwerlinie des Schweißanschlusses genau mit der des Stabes zusammenfällt.

Am Firstpunkt-knoten IV ist der Binderobergurt mit Hilfe einer Querplatte 160 · 20 gestoßen. Zur weiteren Klärung dieser Stoßart dienen die Angaben im Teil B.

Die Befestigung der Pfetten erfolgt durch zugeschnittene I 20-Abfallenden. Andere Befestigungsarten sind in der Abb. 44 dargestellt.

Zur Ergänzung der im Teil 1 d gegebenen Berechnungsformeln der Schweißnahtlängen für Winkelstabanschlüsse mit Flanken- und Stirnkehlnähten werden nachstehend noch weitere Formeln gegeben und zwar für den Fall, daß die Dicke der Stirnkehlnähte gleich der Dicke der am Winkelrücken liegenden Flanken-nähte gewählt wird. Die Stirnnahtlänge ist gleich der Schenkelbreite *b*.  $\sigma_{zul} = 2\sigma$  (vgl. Abb. 24):

Die Kehlnahtlänge am Winkelrücken:

$$l_1 = \frac{S e_2}{a_1 b \sigma_{zul}} - \frac{b}{2}$$

Die Kehlnahtlänge am Winkelrande:

$$l_2 = \frac{S e_2}{a_2 b \sigma_{zul}} - \frac{a_1 b}{2 a_2}$$

3. Die Verbindung der zusammengesetzten Stabquerschnitte.

a) Allgemeines.

Stäbe aus zusammengesetzten Querschnitten, die nicht durchlaufend miteinander verschweißt sind, müssen auch zwischen den Knotenpunkten in gewissen Abständen verbunden werden. Bei den Druckstäben wird dadurch das Ausknicken des Einzel- und somit das Ausknicken des Gesamtstabes verhindert. Bei den Zugstäben ist eine Verbindung nicht unbedingt erforderlich, praktisch wird sie jedoch angeordnet, damit ein Klappern und Verbiegen der Stäbe bei Versand und Aufstellung möglichst verhindert wird.

b) Verbindung der Zugstäbe.

Bei aus zwei Flach- bzw. Breitstrahlen zusammengesetzten L-förmigen Zugquerschnitten müssen die beiden Teile miteinander verbunden werden. Im all gemeinen genügt für Ausführungen, die dem Wetter nicht ausgesetzt sind, eine Heftschweißung. In den Vorschriften für Hochbauten sind über Strich- bzw. Heftschweißungen keine Angaben gemacht. Für Brückenbauten ist vorgeschrieben, daß bei Zugstäben der größte lichte Abstand  $l_0$  der Schweißstriche das 10fache der Stahldicke des dünnsten Teils nicht überschreiten darf. Bei Hochbauten sollte man indes die bei Brückenbauten angegebenen Abstände verdoppeln, so daß  $l_0$  mit  $20 t_{min}$  anzunehmen ist. Durch die Anordnung einer versetzten Strichschweißung gemäß Abb. 33 a wird noch weiter an Schweißmaterial

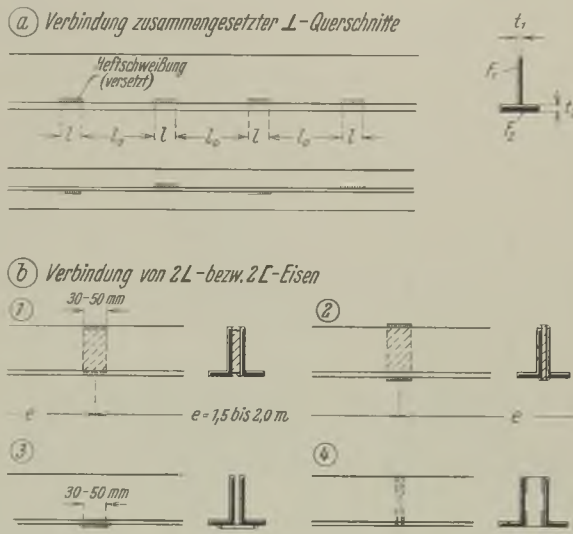


Abb. 33. Verbindung von zusammengesetzten Zugstäben.

und Arbeit gespart. Zu beachten ist jedoch, daß an den Stabenden die wagerecht liegende Platte voll an die Stegplatte anzuschließen ist, und zwar muß der volle Anschluß noch im Bereich des Knotenpunktes vollzogen sein. Sinngemäß gilt dasselbe für Zwischenknotenpunkte bei größeren Stabkraftunterschieden.

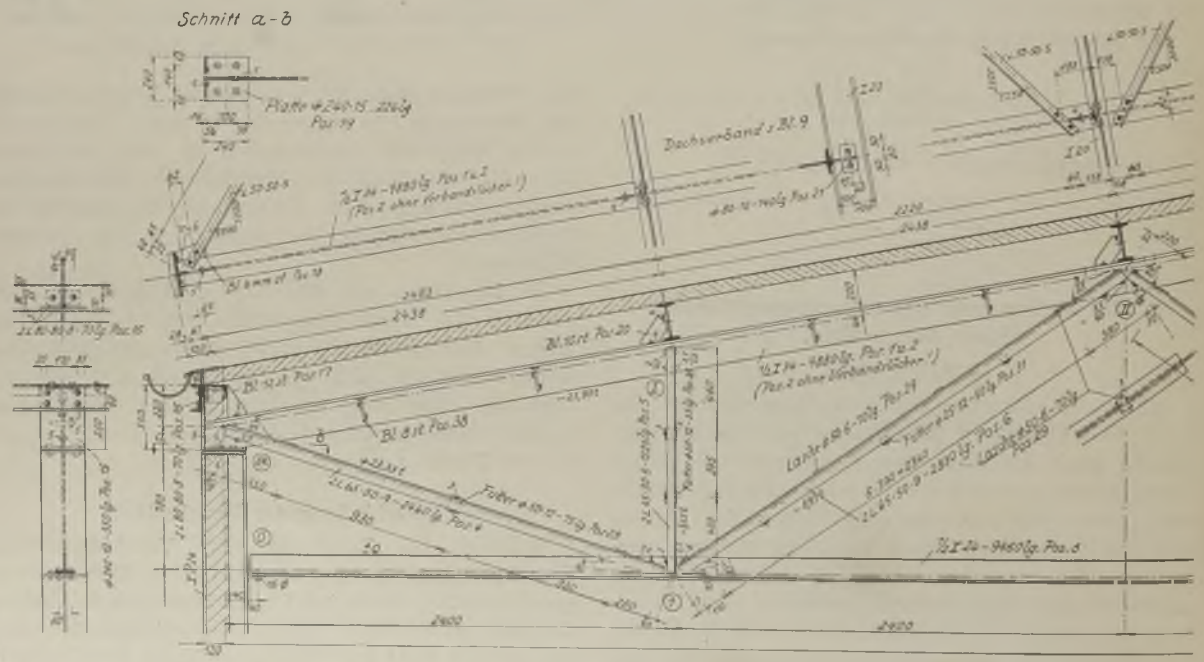
Bei Zugstäben aus 2 L- oder 2 C-Eisen kann der Abstand der Verbindungsstücke 1,0 bis 2,0 m betragen. Die Ausführung der Verbindungen geht ohne weiteres aus der Abb. 33 b hervor. Zweckmäßig ist auch die Anordnung von Bindeblechen unmittelbar an den Knotenpunkten (vgl. die Binderausführungen in den Tafeln 4 und 5).

c) Verbindung der Druckstäbe.

Während bei Zugstäben eine Verbindung der Einzelquerschnitte nur aus praktischen Gründen angeordnet wird, ist sie bei Druckstäben aus statischen Gründen erforderlich. Nach den Bestimmungen vom 25. Februar 1925 darf bei mehrteiligen Druckstäben der Schlankheitsgrad der einzelnen Teile oder Stäbe

Tafel 4. Verkleinerte Werkstattzeichnung eines Binders

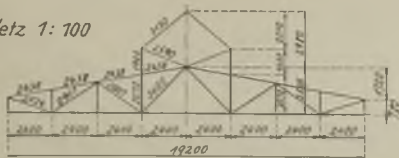
| Festigkeitsnachweis der Stabanschlüsse |                       |            |       |                 |                       |                      |                      |                       |                      |                      |                       |                       |                               |
|----------------------------------------|-----------------------|------------|-------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Kontenpunkt                            | Stabbezeichnung       | Stabkräfte |       | Stabquerschnitt | F <sub>Schw</sub> erf | Schweißnähte         |                      |                       |                      |                      |                       | Vorhandene Spannung σ |                               |
|                                        |                       | + t        | - t   |                 |                       | Dicke a <sub>1</sub> | Länge l <sub>1</sub> | Fläche F <sub>1</sub> | Dicke a <sub>2</sub> | Länge l <sub>2</sub> | Fläche F <sub>2</sub> |                       | Gesamtfläche F <sub>Sch</sub> |
|                                        |                       |            |       |                 | cm <sup>2</sup>       | cm                   | cm                   | cm <sup>2</sup>       | cm                   | cm                   | cm <sup>2</sup>       | cm <sup>2</sup>       | t/cm <sup>2</sup>             |
| A                                      | ⊗-I<br>A              | 23,33      | 12,66 | ГГ 50·65·9      | 38,40<br>18,10        | 0,6<br>0,5           | 4 × 9,5<br>2 × 20,0  | 22,8<br>20,0          | 0,35<br>—            | 2 × 16,0<br>—        | 11,2<br>—             | 34,0<br>20,0          | 0,69<br>0,63                  |
|                                        |                       | —          | 3,25  | ГГ 30·45·5      | 4,65                  | 0,35                 | 4 × 4,0              | 5,6                   | 0,2                  | 4 × 4,0              | 3,2                   | 8,8                   | 0,37                          |
| II                                     | II-I<br>II-3          | —          | 6,93  | ГГ 50·65·9      | 9,90                  | 0,3                  | 4 × 6,5              | 7,8                   | 0,25                 | 4 × 4,0              | 4,0                   | 11,8                  | 0,59                          |
|                                        |                       | —          | 1,33  | ГГ 40·50·5      | 1,90                  | 0,25                 | 4 × 4,0              | 4,0                   | 0,2                  | 2 × 5,0              | 2,0                   | 6,0                   | 0,22                          |
| III                                    | III-3<br>III-IV       | —          | 5,04  | ГГ 50·65·5      | 7,20                  | 0,35                 | 4 × 4,5              | 6,3                   | 0,2                  | 4 × 4,0              | 3,2                   | 9,5                   | 0,56                          |
|                                        |                       | —          | 4,60  | ГГ 50·65·5      | 6,56                  | 0,35                 | 2 × 12,0             | 8,5                   | 0,2                  | 2 × 12,0             | 4,8                   | 13,3                  | 0,35                          |
| IV                                     | IV-3<br>IV-II<br>IV-V | 7,67       | —     | ГГ 30·45·5      | 10,96                 | 0,3                  | 2 × 13,0             | 7,8                   | 0,2                  | 2 × 9,5              | 3,8                   | 11,6                  | 0,66                          |
|                                        |                       | —          | 28,75 | 1/2 I 34        | 41,10                 | 0,5                  | 2 × 25,0             | 25,0                  | 0,5                  | Σ=18,0               | 18,0                  | 43,0                  | 0,67                          |
|                                        |                       | 1,78       | 0,30  | ГГ 40·50·5      | 2,56                  | 0,35                 | 2 × 9,0              | 6,3                   | 0,2                  | 2 × 8,0              | 3,2                   | 9,5                   | 0,19                          |
| V                                      | V-IV<br>V-VI          | 1,78       | 0,30  | ГГ 40·50·5      | 2,56                  | 0,35                 | 2 × 9,0              | 6,3                   | 0,2                  | 2 × 8,0              | 3,2                   | 9,5                   | 0,19                          |
|                                        |                       | —          | 2,41  | ГГ 50·65·7      | 3,06                  | 0,4                  | 2 × 9,0              | 7,2                   | 0,2                  | 2 × 9,0              | 3,6                   | 10,8                  | 0,22                          |
| VI                                     | VI V                  | —          | 2,41  | ГГ 50·65·7      | 3,06                  | 0,4                  | 2 × 9,0              | 7,2                   | 0,2                  | 2 × 8,0              | 3,2                   | 10,4                  | 0,23                          |
|                                        |                       | —          | —     | —               | —                     | —                    | —                    | —                     | —                    | —                    | —                     | —                     | —                             |
| I                                      | I-⊗<br>I-I<br>I-II    | 23,33      | —     | ГГ 50·65·9      | 33,40                 | 0,75                 | 2 × 15,0             | 22,5                  | 0,4                  | 4 × 7,0              | 11,2                  | 33,7                  | 0,69                          |
|                                        |                       | —          | 3,25  | ГГ 30·45·5      | 4,65                  | 0,35                 | 2 × 9,0              | 6,3                   | 0,2                  | 2 × 9,0              | 3,6                   | 9,9                   | 0,33                          |
|                                        |                       | —          | 6,93  | ГГ 30·65·9      | 9,90                  | 0,6                  | 2 × 6,0              | 7,2                   | 0,25                 | 4 × 4,0              | 4,0                   | 11,2                  | 0,62                          |
| 3                                      | 3-II<br>3-III<br>3-IV | —          | 1,33  | ГГ 40·50·5      | 1,90                  | 0,35                 | 2 × 6,0              | 4,2                   | 0,2                  | 4 × 4,0              | 3,2                   | 7,6                   | 0,18                          |
|                                        |                       | —          | 5,04  | ГГ 50·65·5      | 7,20                  | 0,3                  | 2 × 9,0              | 5,4                   | 0,2                  | 2 × 9,0              | 3,6                   | 9,0                   | 0,56                          |
|                                        |                       | 7,67       | —     | ГГ 30·45·5      | 10,96                 | 0,4                  | 2 × 10,5             | 8,4                   | 0,2                  | 2 × 9,0              | 3,6                   | 12,0                  | 0,63                          |
| Stoß                                   | 3-3                   | 22,3       | —     | 1/2 I 24        | 31,86                 | 0,7                  | 1 × 29,0             | 20,3                  | 0,5                  | 2 × 14,0             | 14,0                  | 34,3                  | 0,65                          |





mit dazugehörigem Nachweis der Stabanschlüsse.

Netz 1: 100



# 8 Binder

M 1: 10

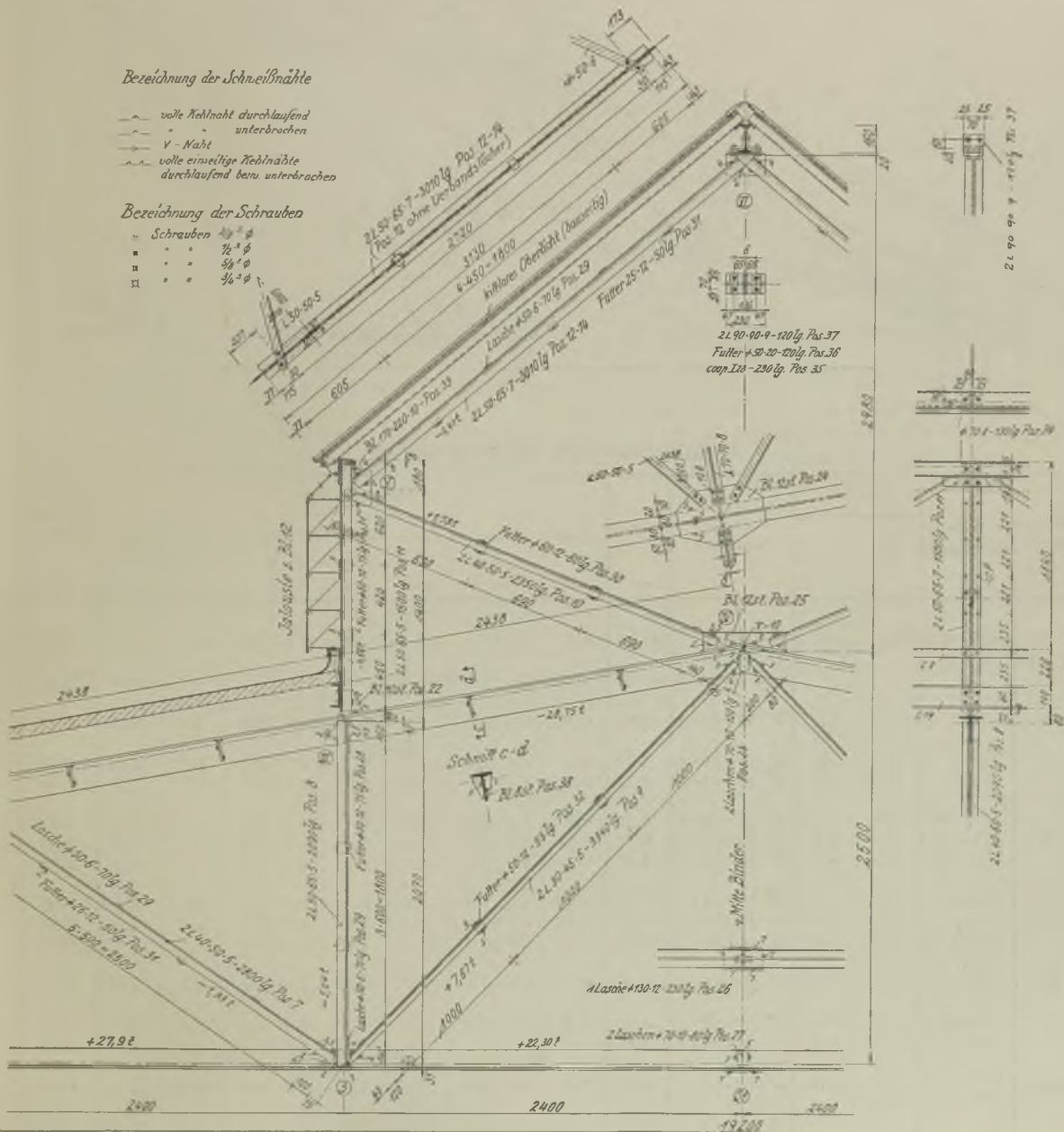
4 Stück mit Verbandschluß  
4 " ohne " "

### Bezeichnung der Schweißnähte

- volle Kehlnaht durchlaufend
- " " unterbrochen
- V-Naht
- volle einseitige Kehlnaht durchlaufend bzw. unterbrochen

### Bezeichnung der Schrauben

- Schrauben
- • 1/2" φ
- • 3/8" φ
- • 3/4" φ







nicht größer als der des ganzen Stabes und nicht größer als 30 sein. Wird der Schlankheitsgrad der einzelnen Stäbe ausnahmsweise größer als 30 gewählt, so ist die Tragfähigkeit des Stabes rechnerisch nachzuweisen (z. B. nach dem Verfahren von Engesser, Krohn, Müller-Breslau; vgl. Band I). Als freie Knicklänge kann bei Heftschweißungen der lichte Abstand  $l_0$  der Schweißstriche und bei Bindeblechen der Abstand  $l_1$  der inneren Bindeblechkanten gewählt werden (vgl. Abb. 34).

Für den T-förmig zusammengesetzten Obergurtstab des Binders nach Tafel 4 ergibt sich z. B. der lichte Abstand  $l_0$  der Schweißstriche wie folgt:

$$i_y \text{ der wagerecht liegenden Platte } 160 \cdot 10$$

$$= \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{1,0^3 \cdot 16,0}{12}} = 0,289 \text{ cm};$$

$$i_y \text{ der lotrecht stehenden Platte } 120 \cdot 8$$

$$= \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{0,8^3 \cdot 12,0}{12}} = 0,231 \text{ cm}.$$

$$l_0 = 30 i_{\min} = 30 \cdot 0,231 = \approx 7 \text{ cm}.$$

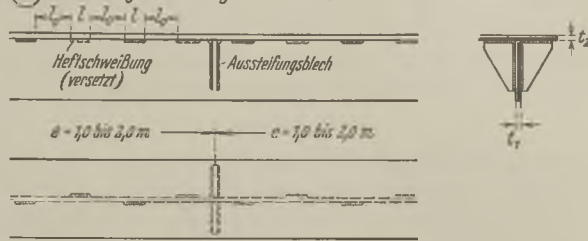
Zweckmäßig ist außerdem noch die Aussteifung der Platten untereinander durch Querrippen gemäß Abb. 34a. Für die Verschweißung der Platten im Knotenblechbereich sind die im vorangehenden Teil b gegebenen Angaben zu beachten.

In Abb. 34b sind die Bindungen für zwei weitgespreizte L- bzw. C-Eisen dargestellt. Bezeichnet  $i_1$

den kleinsten Trägheitshalbmesser des Einzelstabes, dann wird die freie Knicklänge des Einzelstabes

$$l_1 = 30 i_1.$$

(a) Verbindung zusammengesetzter T-Querschnitte



(b) Verbindung von 2 L- bzw. 2 E-Eisen

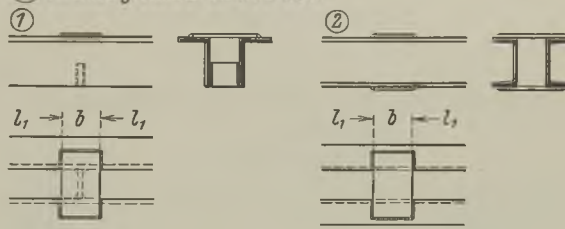


Abb. 34. Verbindung von zusammengesetzten Druckstäben.

Die Ermittlung von  $l_1$  nach dem Verfahren von Engesser ist im Teil A, 4 des fünften Abschnittes gegeben, wo auch gleichzeitig die Bindebleche selbst, mit ihren Schweißanschlüssen untersucht sind.

## B. Vollwand-Binder.

### 1. Allgemeines.

Bei neuzeitlichen Hallenausführungen und Stahlskelettbauten finden die Vollwandbinder vielfach Anwendung. Abgesehen von der Ausbildung der steifen Ecken (Rahmenknoten), die später eingehend behandelt werden, können die Ausführungseinzelheiten aus folgenden Abschnitten entnommen werden:

#### a) Auflager

nach dem zweiten Abschnitt, Teil A, 2,  
 nach dem dritten Abschnitt, Teil A, 1,  
 nach dem vierten Abschnitt, Teil A, 1 und B, 1.

#### b) Biege- und Gelenkstoße

nach dem dritten Abschnitt, Teil 7 und 9.

#### c) Schweißträgerausführungen

nach dem dritten Abschnitt, Teil B.

### 2. Berechnung und Ausführung der Rahmen-ecken.

#### a) Allgemeines.

Die Abb. 35 dient zur Kennzeichnung des Kräfteverlaufs bei einfachen Rahmen-ecken mit geknickten Flanschstoßlaschen:

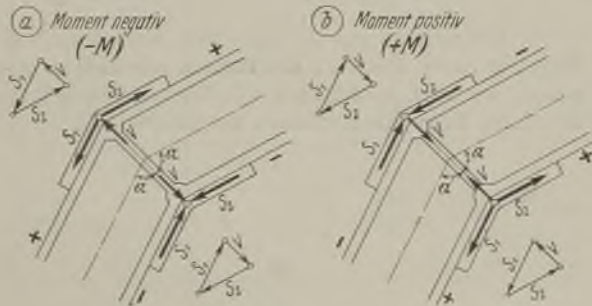


Abb. 35. Darstellung des Kräfteflusses bei geknickten Rahmen-ecken.

Ist das Eckmoment negativ (Abb. 35a), so erhält die obere Flanschlasche eine Zug- und die untere Flanschlasche eine Druckkraft. Die Knickpunkte der Laschen sind gehalten, da die an den Knickstellen aus den Laschenseitenkräften  $S_1$  und  $S_2$  auftretende Kraft  $V$  bei beiden Laschen auf den Trägerflansch drückt. Die zwischen den oberen und unteren Knickpunkt angeordnete Aussteifung erhält somit eine Druckkraft. Bezeichnet  $\alpha$  den halben Eckwinkel, dann ist die Kraft

$$V = 2 S \cos \alpha.$$

Anders ist es bei einem positiven Eckmoment (Abb. 35b); hier wird die obere Flanschlasche gedrückt und die untere Lasche gezogen. Dementsprechend erhält die zwischen den Knickpunkten liegende Aussteifung eine Zugkraft  $V$ . Damit nun die geknickten Laschen ordnungsgemäß zur Wirkung kommen, müßten sie eigentlich mit dem  $V$ -Stab in Verbindung gebracht werden, und zwar mit der Anschlußkraft  $V$ . Die Schweißnaht an den Knickstellen reicht jedoch im allgemeinen hierfür nicht aus, auch wenn

man eine Laschenlänge von 3 bis 8 cm als biegefest und wirksam rechnet. Auch Schlitznähte oder Rundlöcher (Abb. 36) werden in den meisten Fällen nicht

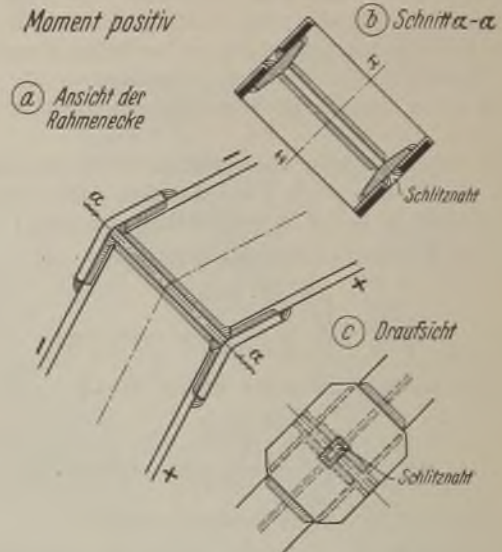


Abb. 36. Rahmen-ecke.

ausreichen, die auf Abreißen wirkende Kraft  $V$  in den Trägerflansch oder in den Aussteifungsstab  $V$  zu übertragen. Zu beachten ist dabei die Laschenschwächung infolge der Schlitz- bzw. Rundnähte. In diesem Fall müssen dann, wie später erklärt, die geknickten Laschen ausgesteift werden. Für Rahmen-ecken mit einem Eckwinkel ( $2 \alpha$ , Abb. 35) von weniger als etwa  $140^\circ$  werden zweckmäßig andere, später behandelte, Ausführungsarten gewählt.

Nach diesen Vorbereitungen über das Kräftespiel bei Rahmen-ecken können nunmehr einige Ausführungen näher betrachtet werden.

Bei einem negativen Eckmoment und einem Eckwinkel über etwa  $140^\circ$  ist die Ausführung nach Abb. 37

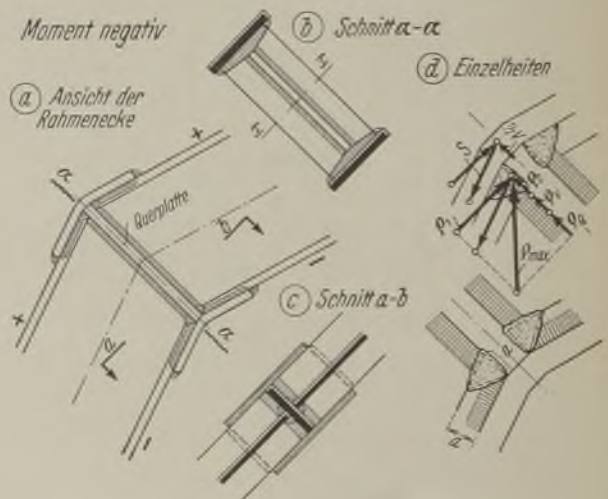


Abb. 37. Rahmen-ecke mit Stoßquerplatte und Flanschstoßlaschen, nur zu Aufnahme eines positiven Momentes geeignet.



möglich. Die Träger laufen gegen eine Stoßquerplatte; die Trägerflansche werden mit Stumpfnähten und die Stege mit Kehlnähten an die Querplatte geschweißt. Das noch fehlende Stoßmaterial wird durch die Flanschlaschen ergänzt. Bei den Stumpfnähten ist zu beachten, daß außer den normalen Spannungen aus Normalkraft und Moment auch noch Spannungen aus der Querkraft und der sich aus den Laschenknicen ergebenden  $V$ -Kraft hinzukommen (Abb. 37 d). Bei dem Steganschluß dagegen hat die Wirkung der  $V$ -Kraft keinen Einfluß, da ja die an der oberen und unteren Lasche entstehenden Kräfte gleich sind und durch die Querplatte zum Ausgleich gebracht werden. Die Dicke der Querplatte muß entsprechend den vorhandenen Schweißnahtdicken bzw. der auftretenden  $V$ -Kraft gewählt werden. Die Flanschstoßlaschen sind mit der Kraft  $S$  an die Trägerflansche anzuschließen.

In Abb. 38 ist eine Rahmenecke veranschaulicht, bei der nur eine Stoßquerplatte vorgesehen ist. Der Anschluß der gegen die Platte laufenden Träger geschieht an den Flanschen, sowie am Steg mit Kehlnähten. Da hier die  $V$ -Kraft ohne weiteres als Druck- und als Zugkraft aufzunehmen ist, kann diese Stoßanordnung sowohl bei negativen als

den Träger nicht voll gestoßen werden. Die Ausführung ist daher nur bei einer Stahleckbeanspruchung von etwa  $1,0 \text{ t/cm}^2$  anwendbar. Hierbei spielt die vorhandene Querkraft noch eine Rolle, die ja im Gegensatz zur Trägerberechnung bei dem Schweißanschluß berücksichtigt werden muß. Eine kleine Verbesserung des vorhandenen Stoßquerschnittes, der im vorliegenden Fall nur aus Schweißstoff besteht, ergibt sich durch die aus dem Schrägschnitt der Träger erzielten

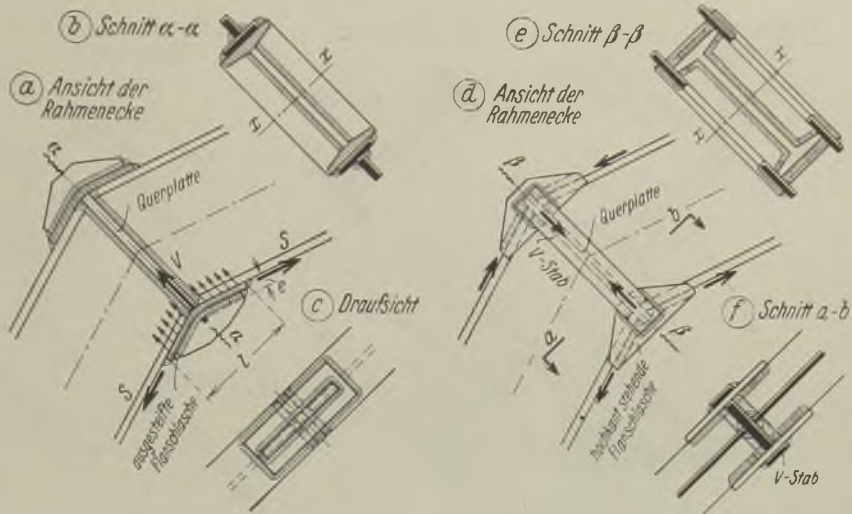


Abb. 39. Zwei Rahmenecken zur Aufnahme von positiven und negativen Eckmomenten geeignet.

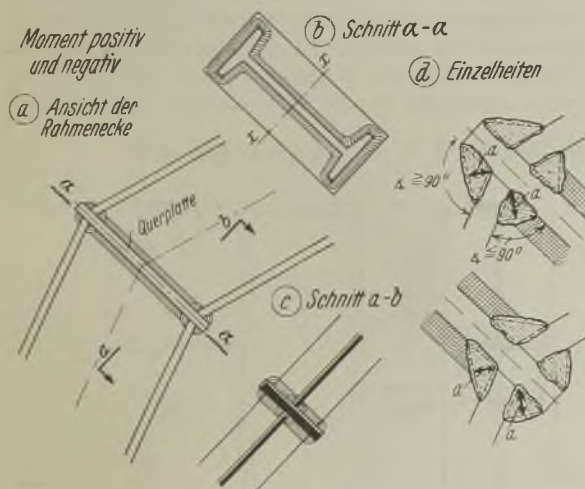


Abb. 38. Rahmenecke mit Stoßquerplatte und ringsherum geschweißten Kehlnähten, für positive und negative Momente geeignet.

auch bei positiven Eckmomenten gewählt werden. Durch die Beschränkung der Schweißnahtdicken ( $a_{zul} = 0,707 l_{min}$ ) und die geringe zulässige Spannung der Kehlnähte ( $\sigma_{zul} = 0,5 \sigma_{zul}$ ) können die anschließen-

größeren Höhe. Verbreitert man die Trägerflansche an der Stoßstelle durch kleine stumpf gegengeschweißte Blechecken (vgl. Abb. 73), dann können auch bei dieser Bauart die Träger voll gestoßen werden.

Zu beachten ist, daß die Festigkeit von Kehlnähten bei Nahtwinkeln über und unter  $90^\circ$  geringer ist als die bei Winkeln von  $90^\circ$  erzielte Festigkeit (vgl. Abb. d). Die Stoßanordnung ist daher möglichst nur bei Eckwinkeln über etwa  $140^\circ$  zu gebrauchen.

Die Abb. 39 zeigt zwei Ausführungen von Rahmenecken, die zur Aufnahme von negativen wie auch positiven Eckmomenten geeignet sind. In Abb. a sind die Flanschlaschen durch angestrichelte Rippen biegesteif gemacht, so daß die  $V$ -Kraft etwa gleichmäßig über die gesamte Anschlußlänge wirkend angenommen werden kann. Das von den angestrichelten Flanschlaschen aufzunehmende Moment beträgt angenähert

$$M = \frac{Vl}{8} - Sc$$

und die Normalkraft

$$N = S \sin \alpha$$

Bei der Bauart nach Abb. 39 d sind hochkant stehende Flanschstoßlaschen angeordnet; hier ist die Aufnahme der  $V$ -Kraft statisch einwandfrei durch die Anordnung von besonderen Zug- bzw. Druckstäben möglich. Bei dieser Rahmenecke kann die Stoßquerplatte an beiden Flanschseiten überstehen, so daß man überall mit Kehlnähten auskommt.

Andere Ausführungsmöglichkeiten zeigen die Rahmenecken nach Abb. 40, bei denen der Zugflansch der I-Träger ungestoßen durchläuft. Während die Ecke nach Abb. a nur für ein negatives Eckmoment geeignet ist, kann die Ecke nach Abb. d sowohl für ein negatives wie auch für ein positives Moment angewendet werden.

mentes und bei Vorhandensein eines Eckwinkels von etwa  $90^\circ$  sehr wirtschaftlich. Der lotrechte Träger ist glatt geschnitten; bei dem wagerechten Träger ist ein Stück des unteren Flansches und des Steges ausgeklinkt, so daß der obere Trägerflansch unmittelbar an den Flansch und den Steg des Stieles angeschweißt werden kann. Die Anschlußkräfte sind leicht zu be-

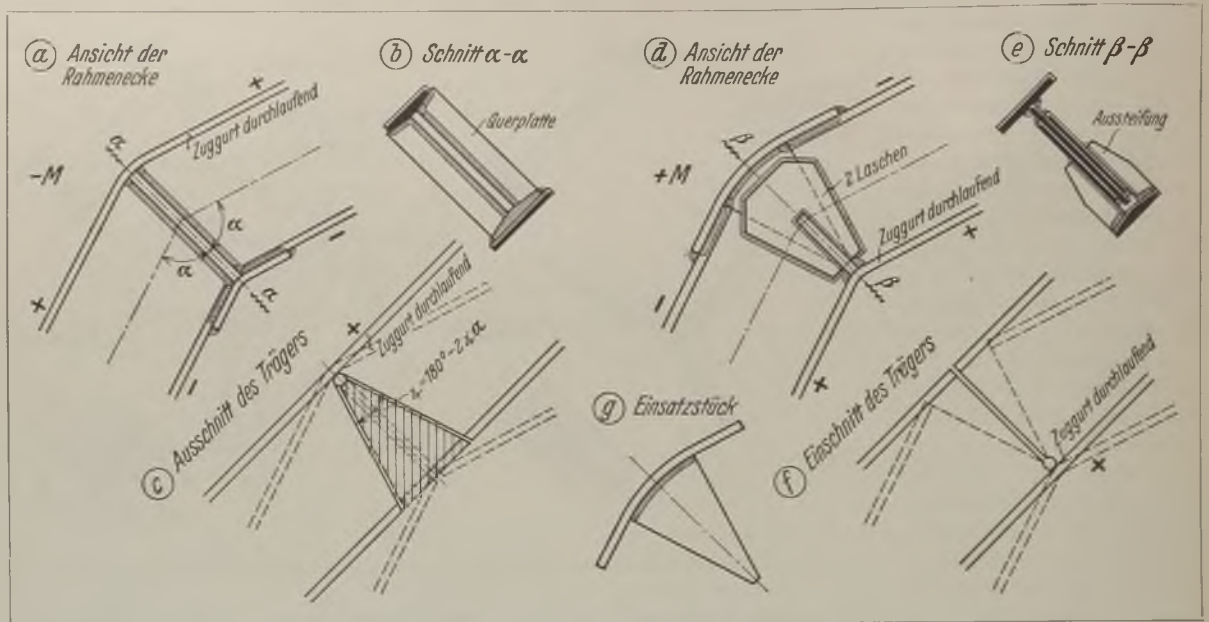


Abb. 40. Zwei Rahmenecken mit durchlaufendem Zugflansch; Ecke „a“ nur für negative, Ecke „d“ für negative und positive Momente geeignet.

Die Ausführung nach Abb. 40a wird dadurch ermöglicht, daß bei dem glatten Träger gemäß Abb. 40b das schraffiert gezeichnete I-Stück entfernt wird. Damit bei dem Heraustrennen des Trägerstückes der durchgehende Flansch nicht beschädigt wird, ist an der Einschnittecke unmittelbar unter dem oberen Flansch ein Loch zu bohren. Nach dem Heraustrennen des Trägerstückes wird die Knickstelle des oberen Flansches durch eine Stichflamme rotwarm gemacht und dann der Träger zusammengedrückt. Es bleibt nunmehr nur noch übrig, den Steg und den unteren Flansch gemäß der Abb. 40a zu decken.

Bei der Ausführung nach Abb. 40d wird der Druckflansch und der Steg gemäß Abb. f eingeschnitten und entsprechend auseinander gebogen. Dann wird ein Einsatzstück (Abb. g), das aus einem Stegstück und einer gebogenen Flanschlasche besteht, in den auseinandergedrückten Träger eingeschweißt.

Bei Eckwinkeln unter  $130$  bis  $140^\circ$  sind im allgemeinen die bisher gezeigten Ausführungen nicht mehr zweckmäßig. Es werden dann besser größere Eckaussteifungen oder abgerundete Einsatzecken angeordnet. Diese Bauarten sind in dem nachfolgenden Zahlenbeispiel vorgeführt.

In Abb. 41 ist noch eine einfache Rahmenecke dargestellt; diese ist bei Wirkung eines negativen Mo-

stimmen: Das im Schnitte  $\alpha-\alpha$  auftretende Moment wird durch ein Kräftepaar  $S$  ersetzt gedacht, das im Abstände  $c$  von der Mitte des oberen bis Mitte des unteren Riegeflansches zur Wirkung kommt. Die Kraft  $S_0$  wird regelrecht durch Schweißnähte angeschlossen

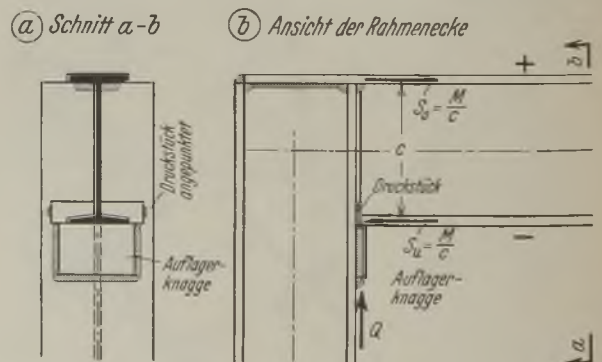


Abb. 41. Rahmenecke mit Druckplatte; nur zur Aufnahme eines negativen Momentes geeignet.

und die untere Kraft  $S_u$  wird unmittelbar durch eine Druckplatte auf den Flansch des Stieles übertragen. Bei größeren Kräften muß der Flansch und der Steg des Trägers ausgesteift werden. Hierüber sind genaue Angaben im vierten Abschnitt gegeben.







ja am Stoß noch die beiden Eckbleche durchgehen.

2) Vorhandener Querschnitt.

Vorhanden ist der in Abb. d gezeichnete Querschnitt aus 2 Stumpf- und 2 Kehl Nähten, sowie 2 Eckblechen. Die Schweißnähte sind in die Ebene der Querplatte umgeklappt gedacht (Abb. d).

$$F_{\text{Schw} + \text{Stahl}} = F = 314 \text{ cm}^2;$$

$$J_z = 149500 \text{ cm}^4;$$

$$W_o = \frac{149500}{32,8} = 4558 \text{ cm}^3;$$

$$W_u = \frac{149500}{32,2} = 4643 \text{ cm}^3.$$

3) Vorhandene Beanspruchung.

$$\rho_o = -\frac{N}{F} - \frac{M}{W_o} = -\frac{12,0}{314} - \frac{2950}{4558} \\ = -0,038 - 0,647 \cong -0,69 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_u = -\frac{N}{F} + \frac{M}{W_u} = -\frac{12,0}{314} + \frac{2950}{4643}, \\ = -0,038 + 0,635 \cong +0,60 \text{ t/cm}^2,$$

$$\rho_s = -\frac{N}{F} + \frac{M}{J} y = -\frac{12,0}{314} + \frac{2950}{149500} 14,2 \\ = -0,038 + 0,28 \cong +0,24 \text{ t/cm}^2.$$

Aus Abb. h ist ersichtlich, daß die errechneten Spannungen  $\rho$  der Schweißnähte bereits die endgültigen größten Spannungen sind; so ist z. B. für die oberste Schweißfaser

die Spannung winkelrecht zum Schnitte  $\alpha - \alpha$

$$\rho_1 = \rho_o \sin \alpha = 0,69 \cdot 0,843 = 0,582 \text{ t/cm}^2,$$

die Spannung in Richtung des Schnittes  $\alpha - \alpha$

$$\rho_2 = \rho_o \cos \alpha = 0,69 \cdot 0,537 = 0,371 \text{ t/cm}^2,$$

und daraus wieder die Gesamtspannung

$$\rho_o = \sqrt{0,582^2 + 0,371^2} = 0,69 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Untersuchung des Querschnittes  $\beta - \beta$ .

1) Berechnungswerte.

Moment  $M = 2890 \text{ cmt}$ ; Normalkraft  $N = 12 \text{ t}$ .

2) Vorhandener Querschnitt.

Vorhanden ist der in Abb. f gezeichnete Querschnitt aus dem oberen Flansch und dem Steg des IP-Trägers, der zwei Blechecken und einer Stumpfnäht.

$$F_{\text{Schw} + \text{Stahl}} = F = 287 \text{ cm}^2;$$

$$J = 111100 \text{ cm}^4;$$

$$W_o = \frac{111100}{28,6} = 3885 \text{ cm}^3;$$

$$W_u = \frac{111100}{29,4} = 3779 \text{ cm}^3.$$

3) Vorhandene Beanspruchung.

$$\rho_o = -\frac{N}{F} - \frac{M}{W_o} = -\frac{12,0}{287} - \frac{2890}{3885} \\ = -0,042 - 0,744 \cong -0,79 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_u = -\frac{N}{F} + \frac{M}{W_u} = -\frac{12,0}{287} + \frac{2890}{3779} \\ = -0,042 + 0,765 \cong +0,72 \text{ t/cm}^2,$$

$$\rho_s = -\frac{N}{F} + \frac{M}{J} y = -\frac{12,0}{287} + \frac{2890}{111100} 11,4 \\ = -0,042 + 0,297 \cong +0,26 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Anschluß der Eckbleche.

Die Verstärkungsrippen sind in der Ecke mit  $+0,26$  und in der unteren Faser mit  $+0,72 \text{ t/cm}^2$  beansprucht. Die größte Anschlußkraft  $S$  auf einen Eckblechstreifen von  $1 \text{ cm}$  Höhe ist dann

$$S = 1,0 \cdot t \cdot \sigma_{\text{max}} = 1,0 \cdot 2,5 \cdot 0,72 = 1,8 \text{ t}.$$

Die Schweißnahtanschlußlänge für  $1 \text{ cm}$  Eckblechhöhe ist (vgl. Abb. i):

$$\frac{1,0}{\cos \alpha} = \frac{1,0}{0,537} = 1,66 \text{ cm}.$$

Wie vorangehend erklärt, braucht die Kraft  $S$  nicht erst in die Richtungen normal und lotrecht zur Anschlußebene zerlegt werden.

Vorhanden sind für ein Eckblech 2 Kehl Nähte; die erforderliche Nahtdicke

$$a = \frac{S}{2 \cdot 1,66 \rho_{\text{zul}}} = \frac{1,8}{2 \cdot 1,66 \cdot 0,7} = 0,77 \text{ cm}.$$

Da die Berechnung nur unter gewissen Annahmen erfolgt (eine genaue Untersuchung ist nicht durchführbar), so wird aus Sicherheitsgründen  $a$  mit  $1,2 \text{ cm}$  angenommen ( $a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 25 = 17,7 \text{ mm}$ ). Außerdem werden zur guten Verfestigung des Anschlusses die Schweißnähte an den äußeren Blechkanten herumgeführt, da an dieser Stelle die Gefahr des Einrißens sehr groß ist (vgl. Abb. g und i).

ε) Untersuchung der Querplatte.

Die Platte wirkt als Pfosten; oben greift die Zugkraft  $V_o$  an, die wie folgt berechnet wird (vgl. Abb. d und e):

$$V_o = 2 \left( 2,6 \cdot 27,0 \cdot \frac{0,69 + 0,64}{2} \right. \\ \left. + 2 \cdot 1,0 \cdot 32,1 \cdot \frac{0,64}{2} \right) \cos \alpha = 72,0 \text{ t}.$$

Der Pfosten muß nun gewissermaßen mit der unteren Rahmenecke verankert werden. Die Gegenzugkräfte werden zum Teil von dem unteren Trägerschweißanschluß und zum Teil von den Eckblechen aufgenommen.

Die Kraft  $V_{u1}$ , die der untere Schweißanschluß aufnimmt, wird wie folgt bestimmt (vgl. Abb. e):

$$V_{u1} = 2 \left( 2,6 \cdot 27 \cdot \frac{0,24 + 0,19}{2} \right. \\ \left. + 2,0 \cdot 1,0 \cdot 9,7 \cdot \frac{0,19}{2} \right) \cos \alpha = 17,4 \text{ t}.$$

Die Anschlußnähte der Eckbleche übernehmen dann den Unterschied von  $V_o$  und  $V_{u1}$ :

$$V_{u2} = V_o - V_{u1} = 74,0 - 17,4 = 56,6 \text{ t}.$$

Die Kraft  $V_2$  wandert in verstreuter Richtung durch den Trägersteg nach den Anschlußnähten der Eckbleche; dort werden die nunmehr verteilt wirkenden Kräfte umgelenkt und mit den in den Eckblechen vorhandenen  $S$ -Kräften zum Ausgleich gebracht.

Ein gutes Bild über den Kräftefluß im Rahmenknoten erhält man aus der Abb. *a* (oben), die den Ersatz des Vollwandbinders durch ein Fachwerk darstellt. Die verschiedenen Strichstärken bringen den Unterschied der Stabkräfte zum Ausdruck.

Bei einer Rahmenecke ohne Eckbleche ist der Kräfteverlauf gemäß Abb. *a* (unten) klarer; deutlich ist hier die Bedeutung der Querplatte als Hauptpfosten zu erkennen.

Kräfte bzw. Spannungen ein entgegengesetztes Vorzeichen erhalten. Durch Anordnung einer Stoßlasche am oberen Trägerflansch kann bei Wirkung eines negativen Momentes eine gute Verbesserung der Rahmenecke erzielt werden. Der Schwerpunkt des Stoßquerschnittes rückt nach oben und gleicht dadurch die Spannungen in der oberen und unteren Stumpfnaht besser aus.

In Abb. 43 ist eine andere Bauweise zur Darstellung gebracht. Der Rahmenknoten ist unter denselben Bedingungen des vorher durchgenommenen Zahlenbeispiels hergestellt. Die Träger sind rechtwinklig geschnitten und dazwischen eine abgerundete Blechecke mit Flanschaschen eingesetzt. Diese Ausführung

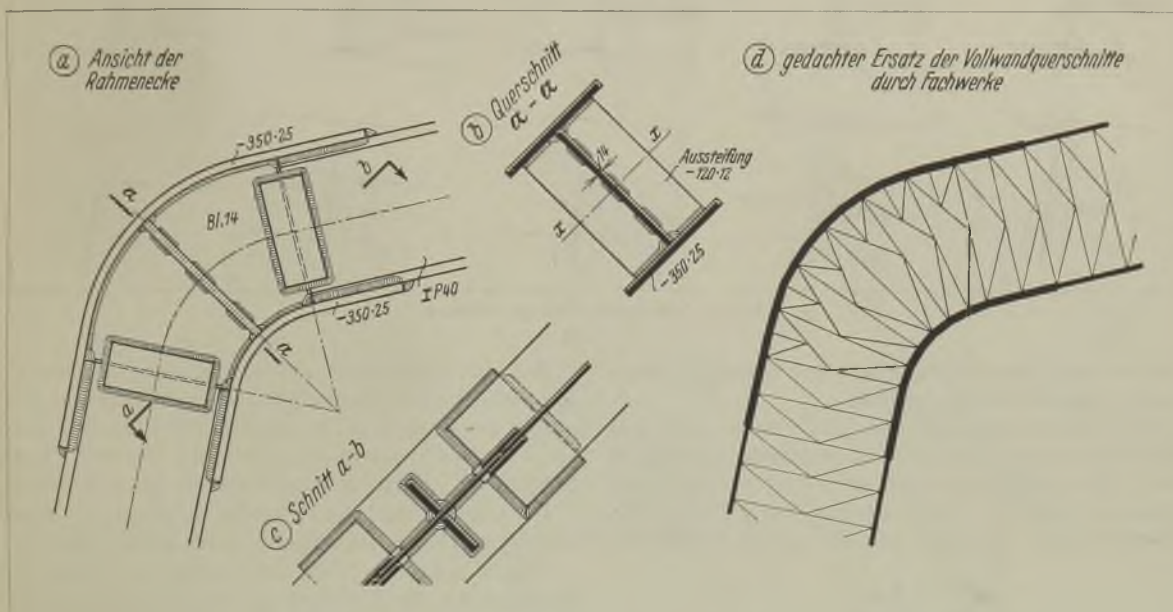


Abb. 43. Rahmenecke mit abgerundetem Einsatzstück.

Im Beispiel erhält die Querplatte eine Zugkraft von  $74,0$  t. Vorhanden ist eine Platte von  $2,5 \cdot 32,0$  cm mit  $F = 80,0$  cm<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{74,0}{80,0} = 0,93 \text{ t/cm}^2.$$

### ζ) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Die Berechnung des Stoßes bei Wirkung eines negativen Momentes erfolgt sinngemäß der im Vorangehenden gezeigten Berechnung bei dem Vorhandensein eines positiven Momentes, indem einfach die

ist statisch und konstruktiv bedeutend klarer als die Bauart nach Abb. 42. Gemäß der Abb. 43 *d* treten hier größere  $V$ -Kräfte nicht auf, da durch die Ab- rundung der Ecke größere Laschenknicke vermieden sind. Die auftretenden kleinen Kräfte können bequem durch die zwischen Steg und Flanschaschen angebrachten Schweißnähte aufgenommen werden. Bei dieser empfehlenswerten Ausführung können die anschließenden Träger voll ausgenutzt werden. Die Berechnung der Stöße erfolgt nach dem Teil A, 7 im dritten Abschnitt.



## C. Pfetten.

### 1. Pfettenbefestigung.

#### a) Pfettenverbindung mit dem Binder.

In der Abb. 44 sind verschiedene Verbindungsmöglichkeiten der Pfetten mit den Bindern gezeigt. Bei allen Ausführungen sind die Verbindungen mit dem Binderobergurt verschweißt, während der Pfettenanschluß selbst durch Schrauben erfolgt. Die Pfetten sind, mit Ausnahme bei Abb. *d*, ungestoßen über den Binder geführt. Bei über dem Binder gestoßenen

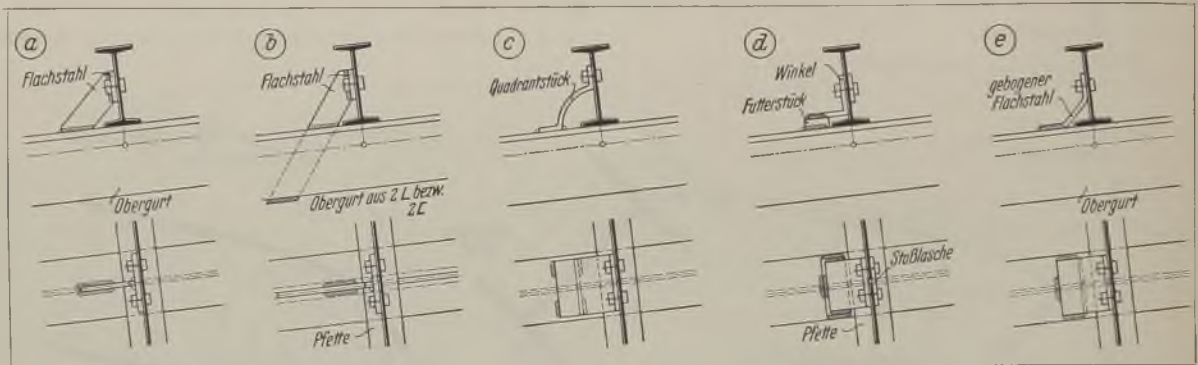


Abb. 44. Verschiedene Pfettenbefestigungen.

Pfetten wird zweckmäßig noch eine besondere Stoßlasche gemäß Abb. *d* angeordnet.

Die Verbindung nach Abb. 44 *a* besteht aus zwei Flachstahlstücken, die L-förmig aneinander geschweißt sind. Die Ausführung nach Abb. *b* ist nur dann anwendbar, wenn der Binderobergurt aus 2 L- oder 2 C-Eisen besteht. Bei Abb. *c* ist als Verbindungsmittel

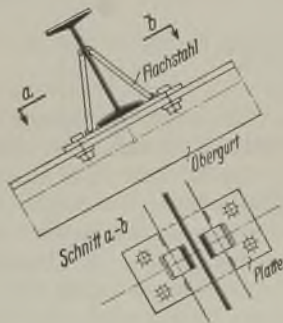


Abb. 45. Pfettenfuß bei steilen Dächern.

ein Quadranteisen- und bei Abb. *e* ein abgebogenes Flachstahlstück gewählt. Die Ausführung nach Abb. *d* ist der normalen geschraubten Pfettenbefestigung nachgebildet.

Abb. 45 zeigt noch eine Pfettenauflagerung, die bei größeren Dachneigungswinkeln und größeren Pfettenquerschnitten empfehlenswert ist. Der Pfettenfuß wird in der Werkstatt an die Pfette angeschweißt; auf der Baustelle wird dann die Verbindung mit dem Binder durch Schrauben hergestellt.

#### b) Pfettenbefestigung an einen Gratbinder.

Die Verbindung der am Anschlußende mit einem Schrägschnitt versehenen Pfetten gestaltet sich mit Hilfe der Lichtbogenschweißung sehr einfach.

Darf an der Baustelle geschweißt werden, dann genügt es, die Pfettenenden ohne weiteres an den Gratträgersteg oder an ein Blech, das auf dem Gratbinder gestellt und durch Kehlnähte angeschlossen ist, anzuschweißen.

Soll die Verbindung an der Baustelle geschraubt werden, dann sind gemäß Abb. 46 an die entsprechend schräg geschnittenen Stirnflächen der Pfetten Flachstahle anzuschweißen, die wiederum mit dem Gratbinder bzw. mit dem Knotenblech verschraubt werden.

In Abb. 46 sind die Pfettenanschlüsse an einen Gratbinder bzw. Gratsparren zeichnerisch ermittelt.

Abb. *a* zeigt das Netz des Dachstuhls; durch die jeweilige Dachbauausführung ist die Neigung des Hauptdaches, des Walmdaches und aus beiden Neigungen auch die des Grates bekannt.

Nachdem die Neigungen des Daches in bezug auf Oberkante Dachhaut bestimmt sind, sowie die Stärke der Dachhaut und die Querschnitte der Pfetten festliegen, zeichnet man zunächst den Normalschnitt der Hauptdach- und den der Walmdachpfette (Abb. *b* und *c*). Dabei wird von einer waagerechten Achse ausgegangen, die in der Abbildung mit „waagerechte Ausgangsachse“ bezeichnet ist. Von dieser Achse zeichnet man durch den Ausgangspunkt *A* die Dachhautoberkante in der gegebenen Dachneigung, die Dachhautstärke und den Pfettenquerschnitt ein.

Dann wird der Grundriß des Pfettenanschlusses aufgetragen (Abb. *d*). Von den Netzpunkten der Abb. *b* und *c* fällt man senkrecht zu der waagerechten Ausgangsachse Lote. An dem Schnittpunkt der beiden Lote (Punkt *A*) wird die Grundrißlage des Gratbinders, die aus Abb. *a* bekannt ist, angetragen und die Gratbinder- bzw. Gratbinderobergurtbreite, sowie die Knotenblechstärke und die Dicken der Anschlußflachstahle eingezeichnet. Zwecks besseren Passens



der Anschlüsse kann man auch zwischen Knotenblech und Anschlußlasche etwa 2 bis 3 mm Zwischenraum annehmen, den man gegebenenfalls später durch Futterringe wieder ausgleicht. (Zu beachten ist, daß sich bei der Aufstellung die Konstruktionsteile meistens immer etwas ausbauen). Die Grundrißansicht

weiteres aus der Abb. *f* ersichtlich. Der Schrägschnitt der Walmdachpfette (Abb. *g*) ist wegen Platzmangels nicht unmittelbar, sondern im Winkel von  $90^\circ$  herumgeholt worden.

Zur Bestimmung des Knotenbleches, der Anschlußlaschen und der Lage der Schweiß- und Schrauben-

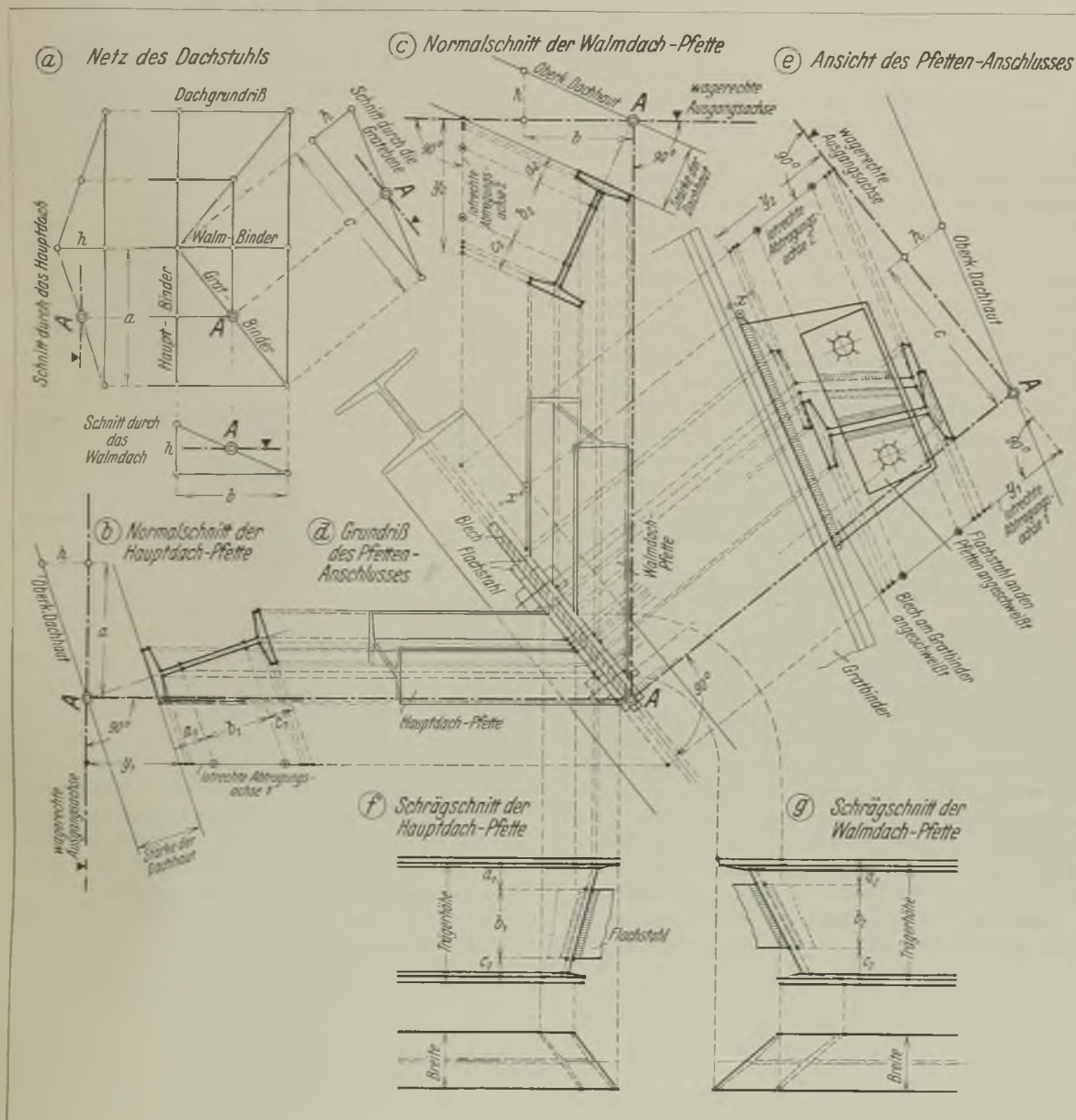


Abb. 46. Zeichnerische Ermittlung der Pfettenbefestigung an einem Gratbinder.

der Pfetten findet man, wie in der Abbildung durch gestrichelte Linien angegeben, durch Herabloten der Abb. *b* und *c*.

Jetzt ergeben sich die wirklichen Schrägschnitte der Pfetten, indem man die in der Abb. *d* dargestellten Pfetten einfach bis zur ganzen Trägerhöhe bzw. Trägerbreite herumklappt. Der Vorgang ist ohne

anschlüsse ist es notwendig, die Ansicht des Pfettenanschlusses zu zeichnen (Abb. *e*); es ist die wirkliche Ansicht des Gratbinder-Knotenpunktes. Gleichlaufend zur Grundrißrichtung des Grates wird wieder zuerst die waagerechte Ausgangsachse eingezeichnet; danach lotet man aus der Abb. *d* den Netzpunkt *A* auf die Achse und trägt von dort die Neigung des

Grates, die aus Abb. *a* bekannt ist, auf. Dann zeichnet man in den Normalschnitten (Abb. *b* und *c*) an einer beliebigen Stelle eine Abtragungsachse, und zwar lotrecht zur waagerechten Ausgangsachse. Auf die „lotrechte Abtragungsachse“ zieht man gleichlaufend zur Dachneigung die Konstruktionspunkte der Pfetten und erhält so die Höhen  $\gamma$ . Diese lotrechten Abtragungsachsen werden nach dem Grundriß (Abb. *d*) und von dort nach der Ansicht (Abb. *e*) übertragen. Im Grundriß legt man die Abtragungsachsen auf den Endschrägschnitt der Pfetten, so daß in der Ansicht die wirklichen Endpunkte der Pfetten erscheinen. Zieht man nun in der Ansicht, von den Pfettenkonstruktionspunkten der lotrechten Abtragungsachsen gleichlaufend zur Gratneigung, Linien, dann sind die Höhenabmessungen der Pfettenendpunkte festgelegt. Die Breitenabmessungen der Pfettenendpunkte erhält man, indem die Endpunkte der Pfetten aus dem Grundriß (Abb. *d*) bis zu den Höhenlinien der betreffenden Punkte in Abb. *e* heraufgelotet werden. Durch die Schnittpunkte liegen die Pfettenendschnitte in bezug auf die Gratträgeransicht fest.

Nunmehr werden in die Gratansicht (Abb. *e*) das Knotenblech und die Anschlußlaschen eingezeichnet und endgültig mit ihren wirklichen Abmessungen festgelegt. Die Lage des Flachstahlanschlusses an die Pfetten erhält man durch Übertragung der Flachstahlhöhen von den lotrechten Abtragungsachsen in Abb. *e* nach der Abb. *d* und von dort nach Abb. *b* bzw. *c*; es ist dies der umgekehrte Arbeitsgang wie bisher.

Bei der Festlegung der Höhenlage des Gratbinders ist darauf zu achten, daß die Pfetten an der Außenkante des Gratträgers glatt vorbeigehen. Im Grundriß Abb. *d* ist der gefährliche Punkt mit „ $x$ “ bezeichnet. Zieht man nun in Abb. *e* von dem betreffenden Pfetteneck- und Endpunkt eine Linie gleichlaufend zur waagerechten Ausgangsachse (denn die Pfettenkante verläuft ja durchweg waagrecht), und bringt den Punkt „ $x$ “ aus dem Grundriß durch ein Lot mit der Linie zum Schnitt, so muß dieser Schnittpunkt noch über den Gratbinder zu liegen kommen.

Somit sind die Schrägschnitte der Pfetten, das Anschlußknotenblech und die Anschlußlaschen mit der

richtigen Lage der Schweiß- und Schraubenanschlüsse zeichnerisch ermittelt. Der Arbeitsgang wird auch unmittelbar aus der Abb. 46 verständlich, er kann für jeden anderen beliebigen Fall sinngemäß angewendet werden.

## 2. Gelenke für Gerberpfetten.

Abb. 47 zeigt zwei Pfettengelenkstütze, und zwar für eine Laschen- und eine Winkelverbindung. Bei der Flachstahlverbindung können nur L-förmige Schweißkehlnähte angeordnet werden, da die Deckung doppelseitig erfolgt. Bei der einseitigen Winkeleisenverbindung ist dagegen eine rechteckig herumgezogene Schweißverbindung möglich, die natürlich statisch günstiger als die L-förmige ist.

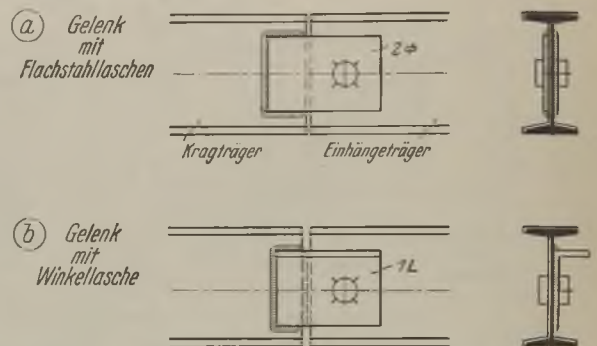


Abb. 47. Zwei Pfettengelenke: Abb. *a* mit Flachstahllaschen; Abb. *b* mit Winkelstahllasche.

Das Gelenk mit einer Winkeleisenlasche ist am praktischsten: Der Winkel kann in der Werkstatt an die Kragpfette angeschweißt werden, so daß die einzuhängende Pfette bei der Aufstellung einfach aufgelegt und angeschraubt werden kann. Bei den Gelenken mit zwei Flachstahllaschen ist die Aufstellung etwas schwieriger, da die einzuhängende Pfette zwischen die beiden Laschen eingefädelt werden muß.

Das eine Auflager des Einhängeträgers kann durch Anordnung eines Langloches im Trägersteg beweglich gemacht werden. Das andere Auflager bleibt jedoch ohne Langloch und ist daher nur drehbar.

Die Berechnung von Gelenkstützen erfolgt nach Teil A, 9 im dritten Abschnitt.



# Der Trägerbau.

## A. Schweißverbindungen bei Verwendung von Walzträgern.

### 1. Berechnung und Ausführung der Trägerlagerung auf Wänden.

#### a) Allgemeines.

Zur Bestimmung der Trägelauflagerung muß der Trägerquerschnitt, die Auflagerkraft, sowie die Abmessungen und die zulässige Druckbeanspruchung des unterlagernden Mauerwerkes bekannt sein. Die Auflagerkraft soll sich gewöhnlich gleichförmig über die gesamte Lagerfläche verteilen. Dieser Annahme entsprechend müssen die Auflagerausführungen einwandfrei durchgebildet werden.

Allgemeine Bezeichnungen (vgl. Abb. 49).

- $A$  die Auflagerkraft,
- $L$  die Platten- bzw. Auflagerlänge,
- $B$  die Platten- bzw. Auflagerbreite,
- $F$  die Auflagergrundfläche =  $LB$ ,
- $k$  die zulässige Druckbeanspruchung des unterlagernden Mauerwerkes,
- $\gamma$  die Länge des frei abstehenden Plattenteiles,
- $\delta$  die Dicke desselben,
- $M$  das größte Biegemoment eines frei abstehenden Plattenstreifens von 1,0 cm Breite =  $\frac{k\gamma^2}{2}$ ,
- $W$  das Widerstandsmoment des frei abstehenden Plattenstreifens von 1,0 cm Breite =  $\frac{\delta^3 1,0}{6}$ .

Allgemeine Grundformeln:

Die Mauerwerkspannung

$$k \leq \frac{A}{LB}$$

Da entweder die Plattenlänge  $L$  oder die Breite  $B$  bekannt ist oder angenommen wird, so folgt

$$B = \frac{A}{Lk} \quad \text{und} \quad L = \frac{A}{Bk}$$

Die vorhandene Biegebeanspruchung der frei überstehenden Plattenteile ist

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{k\gamma^2}{2}}{\frac{\delta^3 1,0}{6}} = \frac{k\gamma^2 6}{\delta^3 2} = \frac{3k\gamma^2}{\delta^3}$$

und hieraus die größten zulässigen Abstände:

$$\text{bei } \sigma_{zul} = 1200 \text{ kg/cm}^2: \quad \gamma = \delta \sqrt{\frac{400}{k}}$$

$$\text{bei } \sigma_{zul} = 1400 \text{ kg/cm}^2: \quad \gamma = \delta \sqrt{\frac{467}{k}}$$

Liegt der Abstand  $\gamma$  fest, so erhält man die kleinste zulässige Stärke wie folgt:

$$\text{bei } \sigma_{zul} = 1200 \text{ kg/cm}^2: \quad \delta = \gamma \sqrt{\frac{k}{400}}$$

$$\text{bei } \sigma_{zul} = 1400 \text{ kg/cm}^2: \quad \delta = \gamma \sqrt{\frac{k}{467}}$$

In der Tafel 6 sind für verschiedene Fundamentpressungen  $k$  die zulässigen Abstände  $\gamma$  bzw. die erforderlichen Plattendicken  $\delta$  zusammengestellt.

#### b) Unmittelbares Trägelauflager.

Bei entsprechend geringen Auflagerkräften können die Träger ohne Auflagerplatte in das Mauerwerk verlegt werden. Die Auflagerlänge  $L$  soll jedoch nicht größer als  $L = 15,0 + 0,5h$  (in cm)

sein, hierin bedeutet  $h$  die Trägerhöhe.

Wird jedoch mit dieser größtmöglichen Auflagerlänge die erforderliche Auflagerfläche zu klein, dann muß die Auflagerbreite  $B$ , wie nachfolgend gezeigt, durch Anordnung einer oder mehrerer Auflagerplatten vergrößert werden.

#### c) Auflager mit ebenen Platten (Flächenlager).

##### $\alpha$ ) Einfaches Flächenlager.

Bei Anordnung einer einfachen Unterlagsplatte ist eine Schweißverbindung zwischen Träger und Platte nicht erforderlich, da, wenn der Abstand  $\gamma_1$  ausrei-



Abb. 48. Flächenlager; der Träger ist mit der Platte zwecks Erhöhung des Widerstandsmomentes im Schnitte  $\alpha_2 - \alpha_2$  durch Schweißstriche verbunden.

chend ist (vgl. Abb. 48), meistens auch der Abstand  $\gamma_2$  ohne eine Verbindung des Trägers mit der Platte in den zulässigen Grenzen bleibt. Nur in einigen Fällen bei Vorhandensein von IP-Trägern (vgl. Band II, 2. Teil, Tafel 14) reicht das Widerstandsmoment im Schnitte  $\alpha_2 - \alpha_2$  bei Anordnung einer losen Platte nicht aus. Zwecks Erhöhung des Widerstands-



Tafel 6. Die zulässigen Abstände  $y$  (Abb. 48).  
Stahlbeanspruchung  $\sigma = 1,4 \text{ t/cm}^2$

| Plattendicke<br>$\delta$<br>mm | Die zulässigen Abstände $y$ in mm bei einer Pressung $k$ des unterliegenden Mauerwerkes in $\text{kg/cm}^2$ |     |     |     |     |     |     |     | Plattendicke<br>$\delta$<br>mm | Die zulässigen Abstände $y$ in mm bei einer Pressung $k$ des unterliegenden Mauerwerkes in $\text{kg/cm}^2$ |     |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                | 7                                                                                                           | 10  | 14  | 18  | 20  | 25  | 35  | 40  |                                | 7                                                                                                           | 10  | 14  | 18  | 20  | 25  | 35  | 40  |
| 10                             | 82                                                                                                          | 68  | 57  | 50  | 48  | 43  | 37  | 34  | 30                             | 245                                                                                                         | 205 | 173 | 153 | 145 | 130 | 110 | 102 |
| 11                             | 90                                                                                                          | 75  | 64  | 56  | 53  | 48  | 40  | 38  | 31                             | 253                                                                                                         | 211 | 179 | 158 | 150 | 134 | 113 | 106 |
| 12                             | 98                                                                                                          | 82  | 69  | 61  | 58  | 52  | 44  | 41  | 32                             | 262                                                                                                         | 218 | 184 | 163 | 155 | 138 | 117 | 109 |
| 13                             | 106                                                                                                         | 89  | 75  | 66  | 63  | 56  | 48  | 44  | 33                             | 270                                                                                                         | 225 | 191 | 168 | 159 | 143 | 121 | 113 |
| 14                             | 114                                                                                                         | 96  | 81  | 71  | 68  | 60  | 51  | 48  | 34                             | 278                                                                                                         | 232 | 197 | 173 | 164 | 147 | 124 | 116 |
| 15                             | 123                                                                                                         | 102 | 87  | 76  | 73  | 65  | 55  | 51  | 35                             | 286                                                                                                         | 239 | 202 | 178 | 169 | 151 | 128 | 120 |
| 16                             | 131                                                                                                         | 109 | 92  | 82  | 77  | 69  | 59  | 55  | 36                             | 294                                                                                                         | 245 | 208 | 183 | 174 | 155 | 132 | 123 |
| 17                             | 139                                                                                                         | 116 | 98  | 87  | 82  | 73  | 62  | 58  | 37                             | 302                                                                                                         | 252 | 214 | 188 | 179 | 160 | 135 | 126 |
| 18                             | 147                                                                                                         | 123 | 103 | 92  | 87  | 78  | 66  | 62  | 38                             | 311                                                                                                         | 259 | 219 | 194 | 183 | 164 | 139 | 130 |
| 19                             | 155                                                                                                         | 130 | 110 | 97  | 92  | 82  | 70  | 65  | 39                             | 319                                                                                                         | 266 | 225 | 199 | 188 | 168 | 143 | 133 |
| 20                             | 163                                                                                                         | 137 | 116 | 102 | 96  | 86  | 73  | 68  | 40                             | 327                                                                                                         | 273 | 231 | 204 | 193 | 173 | 147 | 137 |
| 21                             | 172                                                                                                         | 143 | 121 | 107 | 101 | 91  | 77  | 72  | 41                             | 335                                                                                                         | 280 | 237 | 209 | 198 | 177 | 150 | 140 |
| 22                             | 180                                                                                                         | 150 | 127 | 112 | 106 | 95  | 81  | 75  | 42                             | 344                                                                                                         | 287 | 243 | 214 | 203 | 181 | 154 | 143 |
| 23                             | 188                                                                                                         | 157 | 133 | 118 | 111 | 99  | 84  | 79  | 43                             | 352                                                                                                         | 294 | 248 | 219 | 208 | 186 | 157 | 147 |
| 24                             | 196                                                                                                         | 164 | 139 | 122 | 116 | 104 | 88  | 82  | 44                             | 359                                                                                                         | 300 | 254 | 224 | 212 | 190 | 161 | 150 |
| 25                             | 204                                                                                                         | 170 | 144 | 127 | 121 | 108 | 91  | 85  | 45                             | 368                                                                                                         | 307 | 260 | 229 | 217 | 194 | 165 | 154 |
| 26                             | 212                                                                                                         | 177 | 150 | 132 | 125 | 112 | 95  | 89  | 46                             | 376                                                                                                         | 314 | 266 | 234 | 222 | 198 | 168 | 157 |
| 27                             | 221                                                                                                         | 184 | 156 | 138 | 130 | 117 | 99  | 92  | 47                             | 384                                                                                                         | 321 | 271 | 239 | 227 | 203 | 172 | 160 |
| 28                             | 229                                                                                                         | 191 | 161 | 143 | 135 | 121 | 102 | 96  | 48                             | 392                                                                                                         | 328 | 277 | 245 | 232 | 207 | 176 | 164 |
| 29                             | 237                                                                                                         | 198 | 167 | 148 | 140 | 125 | 106 | 99  | 49                             | 400                                                                                                         | 334 | 283 | 250 | 237 | 212 | 179 | 167 |
| 30                             | 245                                                                                                         | 205 | 173 | 153 | 145 | 130 | 110 | 102 | 50                             | 408                                                                                                         | 341 | 289 | 255 | 242 | 216 | 183 | 171 |

momentes  $W_{\alpha_1}$  muß dann gemäß Abb. 48 der Träger mit der Platte durch Schweißstriche verbunden werden, so daß im Querschnitt  $\alpha-\alpha$  die Gesamtdicke zur Wirkung kommt. Die Berechnung der Schweißnähte ist im folgenden Teil gegeben.

$\beta$ ) Mehrere übereinanderliegende Platten.

Ergibt sich rechnerisch eine derartige Plattendicke, daß mehrere Platten übereinander gelegt werden müssen, so sind diese auch entsprechend der Berechnungsannahmen gemäß Abb. 49 zu verbinden. Bei unverbundenen Platten würde z. B. das Widerstandsmoment des Plattenquerschnittes nur etwa halb so groß sein als bei verbundenen Platten.

Die erforderliche Schweißverbindung wird wie folgt berechnet:

Die anzuschließende Scherkraft in  $\text{kg}$  für 1,0 lfdm cm

$$r = \frac{SQ}{1,0 J'}$$

hierin bezeichnet (vgl. Abb. 49 d):

$J$  das Trägheitsmoment des größten Plattenquerschnittes, bezogen auf die Plattenschwerachse

$$J - J = \frac{\delta^3 I,0}{12} \text{ in cm}^4,$$

$S$  das statische Moment des anzuschließenden Plattenteiles, bezogen auf die Schwerachse  $\kappa-\kappa$

der Gesamtplatte  $= \delta_1 I,0 y$  in  $\text{cm}^3$ ,  
 $Q$  die größte im Schnitt  $\alpha_2-\alpha_2$  auftretende Querkraft  $= k y_2$  in  $\text{kg}$ .

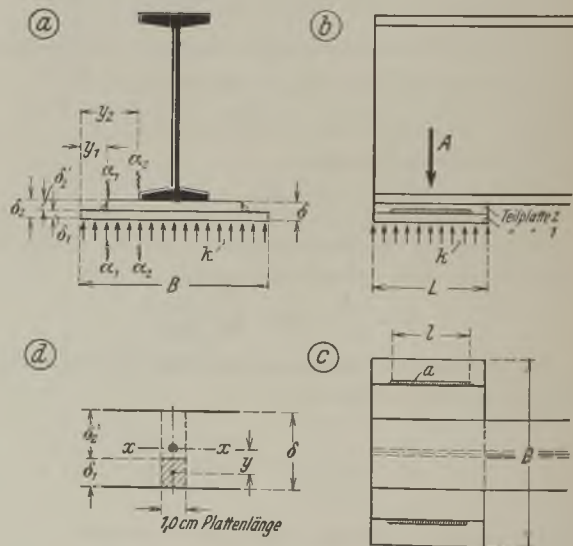


Abb. 49. Flächenlager aus zwei einheitlich verbundenen Teilplatten.

Ist z. B. die Gesamtplattendicke  $\delta = 3,5 \text{ cm}$ , die Einzelplattendicke  $\delta_1 = 1,5$  und  $\delta_2 = 2,0 \text{ cm}$ , der

freie Plattenüberstand  $y_2 = 16,0$  cm und die vorhandene Pressung  $k = 18$  kg/cm<sup>2</sup>, dann ergeben sich die Werte in bezug auf 1 cm Plattenlänge:

$$J = \frac{3,5^3 \cdot 1,0}{12} = 3,57 \text{ cm}^4,$$

$$S = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5 \text{ cm}^3,$$

$$Q = 18 \cdot 16 = 288 \text{ kg},$$

$$\tau_1 = \frac{1,5 \cdot 288}{1,0 \cdot 3,57} = 121 \text{ kg/cm}.$$

Die von der Teilplatte 1 auf die Teilplatte 2 zu übertragende Scherkraft beträgt daher auf die gesamte Plattenlänge  $L = 30,0$  cm:

$$\tau = \tau_1 L = 121 \cdot 30 = 3630 \text{ kg} = 3,63 \text{ t}.$$

Vorhanden ist eine Schweißkehlnaht mit einer Dicke  $a = 0,3$  cm und einer Länge  $l = 18,0$  cm, damit wird die Scherspannung in der Schweißnaht:

$$\varrho = \frac{\varrho}{al} = \frac{3,63}{0,3 \cdot 18,0} = 0,67 \text{ t/cm}^2;$$

$$\varrho_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

Dasselbe Ergebnis ergibt sich natürlich, wenn man die Teilplatte 2 als anschließenden Teil annimmt; hierfür ist wieder  $J = 3,57$  cm<sup>4</sup>,  $Q = 288$  kg und das Flächenmoment der Teilplatte 2 in bezug auf die Nulllinie  $x-x$ :

$$S = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ cm}^3,$$

also ebenso groß wie bei der vorangehenden Untersuchung. Damit ergibt sich auch hier die Schubkraft  $\tau_1$  wieder zu 121 kg/cm.

Um eine gleichmäßige Druckverteilung auf das unterlagernde Mauerwerk zu erzielen, werden die Teilplatten gemäß Abb. 50 sowohl in der Breite als

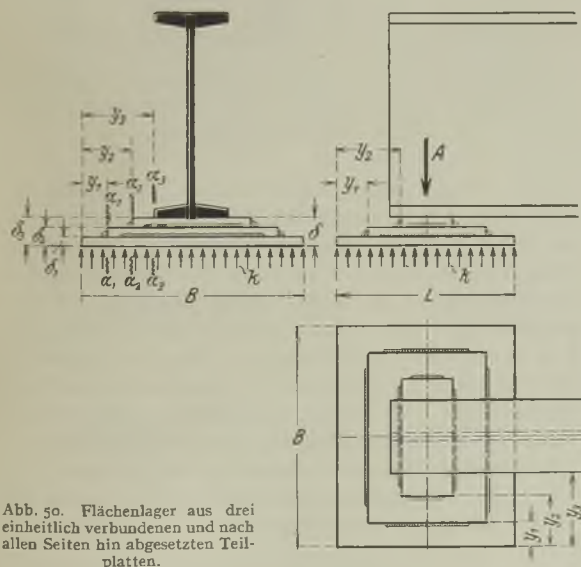


Abb. 50. Flächenlager aus drei einseitig verbundenen und nach allen Seiten hin abgesetzten Teilplatten.

auch in der Länge abgesetzt. Bei dieser Ausführung ist die Plattenlänge  $L$  nicht mehr von der Trägerhöhe abhängig, sondern ganz allein von der richtigen Aus-

bildung der Platte. Die Berechnung der Schweißnähte erfolgt sinngemäß der vorhergehenden Angaben.

d) Seitlich ausgesteifte Auflagerplatten.

α) Allgemeines.

Wird bei einem größeren Auflagerdruck und bei einer beschränkten Mauerstärke bzw. Plattenlänge  $L$

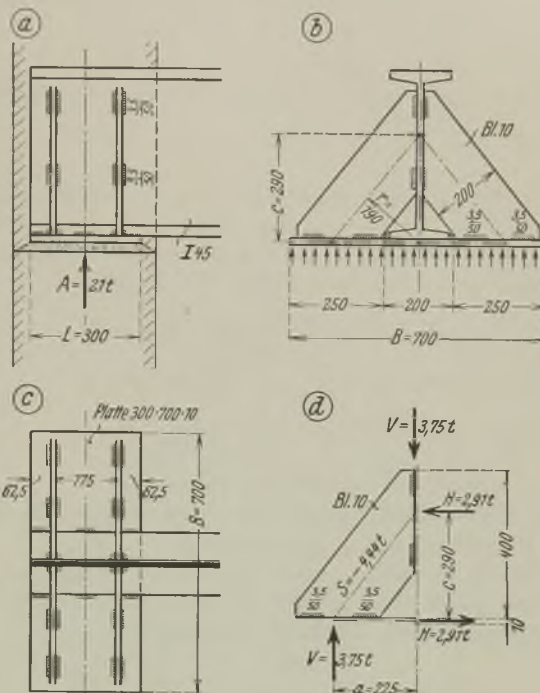


Abb. 51. Seitlich ausgesteifte Auflagerplatte.

der freie Plattenüberstand unverhältnismäßig groß, dann können zur Verringerung der Plattendicke zweckmäßig seitliche Plattenaussteifungen gemäß Abb. 51 vorgesehen werden. Die Aussteifungsbleche, die am Trägersteg und der Fußplatte angeschweißt sind, verhindern dann das Aufbiegen der überstehenden Plattenenden.

β) Zahlenbeispiel.

1) Allgemeines.

Ein Träger I 45 soll auf eine 38 cm starke Wand verlegt werden.  $A = 21$  t und  $k = 10$  kg/cm<sup>2</sup>.

Die zulässige Plattenlänge

$$L = 15,0 + 0,5 h = 15,0 + 0,5 \cdot 45 = 37,5 \text{ cm}.$$

Um jedoch eine schädliche Kantenbelastung des Mauerwerkes zu verhüten, wird die Plattenlänge nur mit 30 cm angenommen.

Die Plattenbreite

$$B = \frac{A}{L k} = \frac{21000}{30,0 \cdot 10} = 70 \text{ cm}.$$

Die Ausführung ist in Abb. 51 dargestellt; zur Aussteifung der Platte werden an jeder Trägerseite zwei Blechrippen von 10 mm Stärke angeordnet



## 2) Die Kraftwirkungen.

Ein Teil des Auflagerdruckes wird, ohne erst in die Aussteifungen zu gelangen, unmittelbar durch den unteren Trägerflansch auf die Platte und von dort auf das Mauerwerk abgegeben:

$$A_1 = \frac{21,0}{70,0} 20,0 = 6,0 \text{ t.}$$

Der übrigbleibende Teil der Auflagerkraft wird von den vier Aussteifungsblechen übernommen:

$$A_2 = 21,0 - 6,0 = 15,0 \text{ t.}$$

Eine Aussteifung hat demnach die lotrechte Kraft

$$V = \frac{A_2}{4} = \frac{15,0}{4} = 3,75 \text{ t}$$

von dem Trägersteg auf die Platte zu übertragen. Sieht man die Aussteifungen und die Platte als ein Doppelfachwerkkonsol an, dann werden die gedachten waagerechten Stabkräfte (vgl. Abb. b und d):

$$H = \frac{V a}{c} = \frac{3,75 \cdot 22,5}{29,0} = 2,91 \text{ t}$$

und die gedachten schrägen Stabkräfte:

$$S = -\frac{V a}{v} = -\frac{3,75 \cdot 22,5}{19,0} = -4,44 \text{ t.}$$

## 3) Anschluß einer Aussteifung an die Unterlagplatte.

$t_{\min} = 10 \text{ mm}$ ;  $a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm}$ ;  $a_{\text{vorh}} = 3,5 \text{ mm}$ .

Vorhanden sind 4 Kehlnähte mit  $l = 50 \text{ mm}$ .

Die Schweißnähte werden durch die lotrecht wirkende Kraft  $V$  und durch die waagrecht wirkende Kraft  $H$  in zwei Richtungen beansprucht:

$$\varrho_v = \frac{V}{4 a l} = \frac{3,75}{4 \cdot 0,35 \cdot 5,0} = 0,536 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_H = \frac{H}{4 a l} = \frac{2,91}{4 \cdot 0,35 \cdot 5,0} = 0,416 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\varrho_{\max} = \sqrt{\varrho_v^2 + \varrho_H^2} = \sqrt{0,536^2 + 0,416^2} = 0,68 \text{ t/cm}^2.$$

## 4) Anschluß einer Aussteifung an den Trägersteg.

Vorhanden sind 4 Kehlnähte mit  $a = 3,5$  und  $l = 50 \text{ mm}$ . Da hier die gleichen Kräfte und Nähte vorhanden sind wie bei dem Anschluß an die Unterlagplatte, so wird auch hier die Gesamtspannung  $\varrho_{\max} = 0,68 \text{ t/cm}^2$ .

## 5) Untersuchung einer Aussteifung.

Die Normalkraft  $S$  beträgt nach Teil 2) =  $-4,44 \text{ t}$ .

Vorhanden 1  $\square$  200  $\cdot$  10 mit  $F = 20,0 \text{ cm}^2$ ;

$$J_y = \frac{1,0^3 \cdot 20}{12} = 1,67 \text{ cm}^4;$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{1,67}{20,0}} = 0,29 \text{ cm};$$

die mittlere Knicklänge  $s_k = 38 \text{ cm}$ ;

der Schlankheitsgrad  $\lambda = \frac{s_k}{i_y} = \frac{38}{0,29} = 131$ ;

die Knickzahl  $\omega = 4,06$ .

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{S \omega}{F} = \frac{4,44 \cdot 4,06}{20,0} = 0,90 \text{ t/cm}^2.$$

Bei Berücksichtigung der äußersten Kantenlänge des Aussteifungsbleches als Knicklänge  $s_k$  wird

$$\lambda = \frac{50}{0,29} = 173, \quad \omega = 7,08$$

und

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{4,44 \cdot 7,08}{20,0} = 1,57 \text{ t/cm}^2.$$

## 6) Untersuchung der Unterlagsplatte.

Die Platte ist als Kragträger auf 2 Stützen anzusehen. Die Stützweite ist gleich dem Mittenabstand der Aussteifungsbleche, derselbe beträgt  $175 \text{ mm}$ ; die Kragarmlänge ist dann  $(300 - 175)^{1/2} = 62,5 \text{ mm}$ .

Stützmoment für 1 cm Plattenbreite ( $k = 10 \text{ kg/cm}^2$ ):

$$M_1 = -\frac{10,0 \cdot 6,25^2}{2} = 195 \text{ cmkg.}$$

Feldmoment für 1 cm Plattenbreite:

$$M_2 = \frac{10,0}{8} (17,5^2 - 4 \cdot 6,25^2) = 188 \text{ cmkg.}$$

Vorhandenes Widerstandsmoment:

$$W = \frac{1,0^2 \cdot 1,0}{6} = 0,167 \text{ cm}^3.$$

Vorhandene Plattenbeanspruchung:

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{M}{W} = \frac{195}{0,167} = 1,17 \text{ t/cm}^2.$$

## 7) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Die Plattenaussteifungen können auch ebenso gut, wie Abb. 52 zeigt, nur in Plattenmitte angebracht

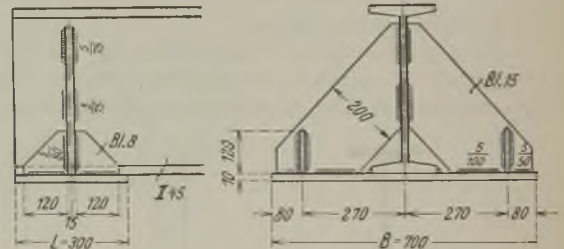


Abb. 52. Ausgesteifte Auflagerplatte.

werden. Zur weiteren Aussteifung der Auflagerplatte sind dann noch zwischen den Hauptaussteifungen und der Auflagerplatte kleinere Eckbleche einzusetzen. Ohne diese Sicherung würde sonst im Beispiel bei dem dann vorhandenen freien Plattenüberstand  $y$  von  $150 \text{ mm}$  und bei  $k = 10 \text{ kg/cm}^2$  eine Plattendicke  $\delta = 24 \text{ mm}$  erforderlich werden. Mit den vorgesehenen vier kleinen Eckblechen ist jedoch die vorhandene Plattendicke von  $10 \text{ mm}$  ausreichend. Die Berechnung der großen und kleinen Aussteifungsbleche erfolgt sinngemäß zu der vorhergehenden Untersuchung. Über die anzunehmende Kraftverteilung gibt der fünfte Abschnitt Aufschluß.

## e) Trägerrostplatten.

Die Anordnung von Trägerrostplatten ist sehr zu empfehlen, da diese die Unterlagplatten aus Gußeisen oder Stahlgut gut ersetzen. Außerdem besteht ein



wirtschaftlicher Vorteil, indem Trägerabfallstücke zur Verwendung kommen können.

Die Ausführung nach Abb. 53 veranschaulicht eine einfache Lösung, die Auflagerbreite  $B$  in sicherster Weise zu vergrößern. Durch die Einschaltung der Zentrierplatte „ $b$ “ wird die von dem Träger „ $a$ “ ausgeübte Auflagerkraft  $A$  mittig auf den Unterlageträger „ $c$ “ übertragen. Die Zentrierplatte ist durch

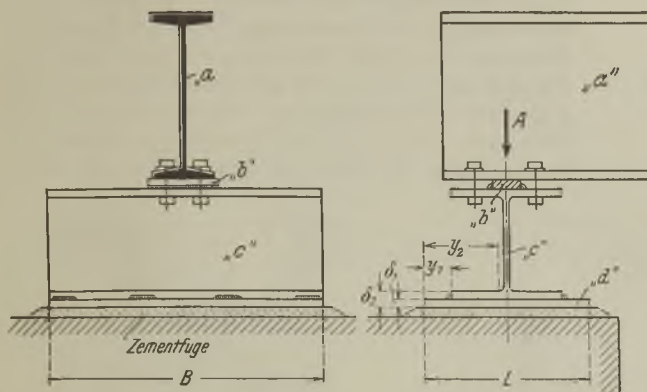


Abb. 53. Einfache Trägerrostplatte.

Kehlnähte mit dem Unterlageträger verbunden. Eine Vergrößerung der Auflagerfläche erfolgt durch die Flußplatte „ $d$ “, die durch Schweißstriche an dem Unterlageträger „ $c$ “ befestigt ist.

Das im Unterlageträger auftretende Moment beträgt

$$M = \frac{A B}{2 \cdot 4} = \frac{A B}{8}$$

Außer der Biegesteifigkeit ist für den Träger die Schubfestigkeit und gegebenenfalls auch noch die Hauptspannung zu bestimmen (vgl. Teil B, 4 im vierten Abschnitt).

Eine andere Ausführung zeigt die Abb. 54, hier sind an Stelle eines Unterlageträgers deren zwei vor-

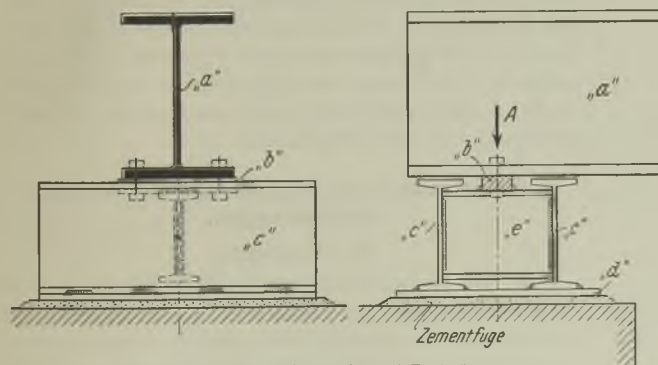


Abb. 54. Trägerrostplatte mit zwei Rostträgern.

handen. Der Auflagerdruck wird mit Hilfe der Zentrierplatte „ $b$ “ und des Bockes „ $e$ “ mittig und gleichmäßig auf die beiden Unterlageträger „ $c$ “ gebracht. Über die Mitwirkung der Auflagerplatte ist der fünfte Abschnitt zu lesen.

## 2. Berechnung und Ausführung der Trägerstützwinkel.

### a) Allgemeines.

Die Lagerung des Trägers auf einen Winkel gemäß Abb. 55 ist nur bei geringen Auflagerkräften möglich. Infolge der Durchbiegung des belasteten Trägers ist die Auflagerkraft in der ungünstigsten Lage, und zwar auf Vorderkante Winkel wirkend anzunehmen (vgl. die Betrachtungen zu dem nachfolgenden Zahlenbeispiel). Die Befestigung des Winkelstückes erfolgt durch zwei Flankenkehlnähte, die außer der Auflagerkraft  $A$  auch noch das Moment  $M = A e$  aufzunehmen haben.

### b) Zahlenbeispiel.

#### α) Allgemeines.

Der Trägerstützwinkel nach Abb. 55 soll nachstehend untersucht werden. Die Auflagerkraft  $A$ , die in der ungünstigsten Lage an der Stützwinkelvorderkante angreifend gedacht ist, beträgt  $0,6 \text{ t}$ ;  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

#### β) Berechnung der Schweißnähte.

Vorhanden sind zwei Flankennähte.

$$t_{\min} = 9 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 9 = 6,36 \text{ mm};$$

$$a_{\text{verh}} = 4 \text{ mm.}$$

$$l = 75 - 2a = 75 - 2 \cdot 4 = 67 \text{ mm.}$$

In Abb. 55c sind die Dicken der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

$$F_{\text{Schw}} = 2al = 2 \cdot 0,4 \cdot 6,7 = 5,36 \text{ cm}^2,$$

$$W_{\text{Schw}} = 2 \frac{al^2}{6} = 2 \frac{0,4 \cdot 6,7^2}{6} = 5,99 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:

$$M = Ae = 0,6 \cdot 5,0 = 3,0 \text{ cmt}, \quad A = 0,6 \text{ t.}$$

Spannungen aus dem Moment und der Auflagerkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{3,0}{5,99} = 0,501 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{A}{F_{\text{Schw}}} = \frac{0,6}{5,36} = 0,112 \text{ t/cm}^2;$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,501^2 + 0,112^2} = 0,51 \text{ t/cm}^2;$$

$$\sigma_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

### γ) Untersuchung des Stützwinkels.

1) Beanspruchung längs zur Winkelachse.

Der Stützwinkel ist als Träger auf zwei Stützen anzusehen, der in den Schweißnahtmitten gelagert ist. Nach Abb. 55e wird das Biegemoment

$$M = \frac{0,6 \cdot 18,4}{2} - \frac{0,6 \cdot 10,6}{2} = 1,97 \text{ cmt.}$$

Das vorhandene Widerstandsmoment des Winkels  $W = 11,6 \text{ cm}^3$ , so daß

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1,97}{11,6} = 0,17 \text{ t/cm}^2.$$

2) Beanspruchung quer zur Winkelachse.

Der Kraftangriff und die Momentenfläche geht aus der Abb. 55d hervor.

$$M_1 = 0,6 \cdot 3,3 = 1,98 \text{ cmt};$$

$$M_2 = 0,6 \cdot 4,55 = 2,73 \text{ cmt}.$$

$$\begin{aligned} M_\alpha &= A \cdot 4,55 + \rho_2 \cdot 2a \cdot 1,3 \cdot 0,45 - \frac{\rho_1 + \rho_1'}{2} \cdot 2a \cdot 1,3 \cdot 0,7 \\ &= 0,6 \cdot 4,55 + 0,112 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 1,3 \cdot 0,45 \\ &\quad - \frac{0,501 + 0,307}{2} \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 1,3 \cdot 0,7 = 2,49 \text{ cmt}. \end{aligned}$$

Winkel noch ein größeres Widerstandsmoment infolge des waagerechten Winkelschenkels vorhanden ist und der untere Winkelteil durch die waagerechten Kräfte an den Stützenflansch gepreßt wird, so daß tatsächlich nur unbedeutende Biegespannungen im Winkel eisen infolge einer waagerechten Kraftwirkung auftreten können. Diese Überlegungen zwingen zu der Folgerung, daß der untere Teil der Schweißnähte infolge des Momentes  $Ae$  überhaupt nur geringe Spannungen erhält und dementsprechend der Verlauf der Spannungen  $\rho_1$  nicht geradlinig erfolgen kann. Die Spannungslinie wird etwa mit der Momentenlinie des lotrechten Winkelschenkels übereinstimmen (vgl. Abb. 55d). Um nun eine Überbeanspruchung und ein Einreißen der Nähte an den gefährlichen oberen

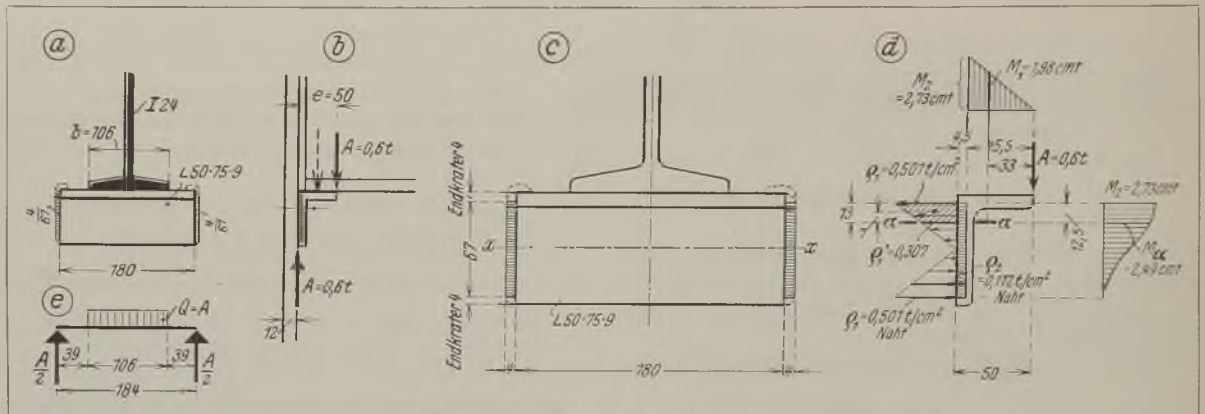


Abb. 55. Trägersauflager auf einen Stützwinkel.

Die größte Beanspruchung erleidet der lotrechte Winkelschenkel im Schnitte  $\alpha-\alpha$  (Beginn der Schenkelabrundung):

$$M = 2,49 \text{ cmt},$$

$P = A - \rho_2 \cdot 2a \cdot 1,3 = 0,6 - 0,112 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 1,3 = 0,48 \text{ t}$ , das vorhandene Widerstandsmoment:

$$W = \frac{18,0 \cdot 0,9^2}{6} = 2,43 \text{ cm}^3,$$

die vorhandene Querschnittsfläche:

$$F = 18,0 \cdot 0,9 = 16,2 \text{ cm}^2;$$

die größte Beanspruchung:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{P}{F} = \frac{2,49}{2,43} + \frac{0,48}{16,2} = 1,06 \text{ t/cm}^2.$$

8) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Durch die außermittige Kraftübertragung wird der Stützwinkel nicht nur in lotrechter Richtung auf Biegung beansprucht, sondern auch in waagerechter Richtung; mit anderen Worten: Der Winkel wird auf Verdrehung beansprucht (vgl. hierzu die eingehenden Überlegungen im folgenden Teil 3). Die waagerechten Kraftwirkungen können aber hier vernachlässigt werden, da im oberen Winkelteil außer der günstig wirkenden Reibung zwischen Träger und

Enden zu verhüten, empfiehlt es sich, die Nahtdicken reichlich zu wählen oder aber die Schweißung um die oberen Winkelecken etwas herumzuziehen, sowie es in der Abb. 55 punktiert angegeben ist.

Da eine genaue Untersuchung derartiger Anschlüsse nicht durchführbar ist, sind die Berechnungsannahmen etwas ungünstig gewählt. In Wirklichkeit wird der Kraftangriff  $A$  mehr nach der Stütze zu erfolgen. Wird z. B. der Träger mit dem Stützwinkel fest verschraubt, dann kann die Angriffsstelle der Auflagerkraft  $A$  etwa auf Mitte des waagerechten Winkelschenkels angenommen werden.

### 3. Berechnung und Ausführung der Träger-Stützknaggen.

#### a) Allgemeines.

Abb. 56 veranschaulicht ein Trägersauflager auf eine Stützknagge. Im Gegensatz zu dem Stützwinkel vermag die Stützknagge die größten Auflagerkräfte aufzunehmen. Der Träger lagert unmittelbar auf der oberen Knaggenkante; der an der Knagge angeschweißte Winkel dient nur zum Halten des Trägers; er ist daher mit etwa 5 mm Zwischenraum angeordnet. Wenn der Träger einen anderen seitlichen Halt besitzt, kann von der Anordnung eines Winkels abgesehen werden.



Da die Auflagerknaggen sehr häufig zur Anwendung kommen, sind nachstehend zwei ausführliche Zahlenbeispiele durchgeführt worden.

b) Erstes Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Die Knaggenauflagerung nach Abb. 56 soll nachstehend eingehend untersucht werden. Die Knagge ist 20 mm dick. Da jedoch zwischen Stütze und Träger ein Zwischenraum von 5 mm vorgesehen ist,

die Abrundung zwischen Steg und Flansch beginnt (Schnitt α-α in Abb. 56c).

Das größte Moment für einen Trägerflansch ist

$$M = \frac{A}{2} \frac{r}{b} \frac{y^2}{2}$$

hierin bezeichnet

b die Trägerflanschbreite = 13,1 cm,

y das Maß von Außenkante Trägerflansch bis zum Beginn der Trägerrundung (Schnitt α-α) = 5,05 cm;

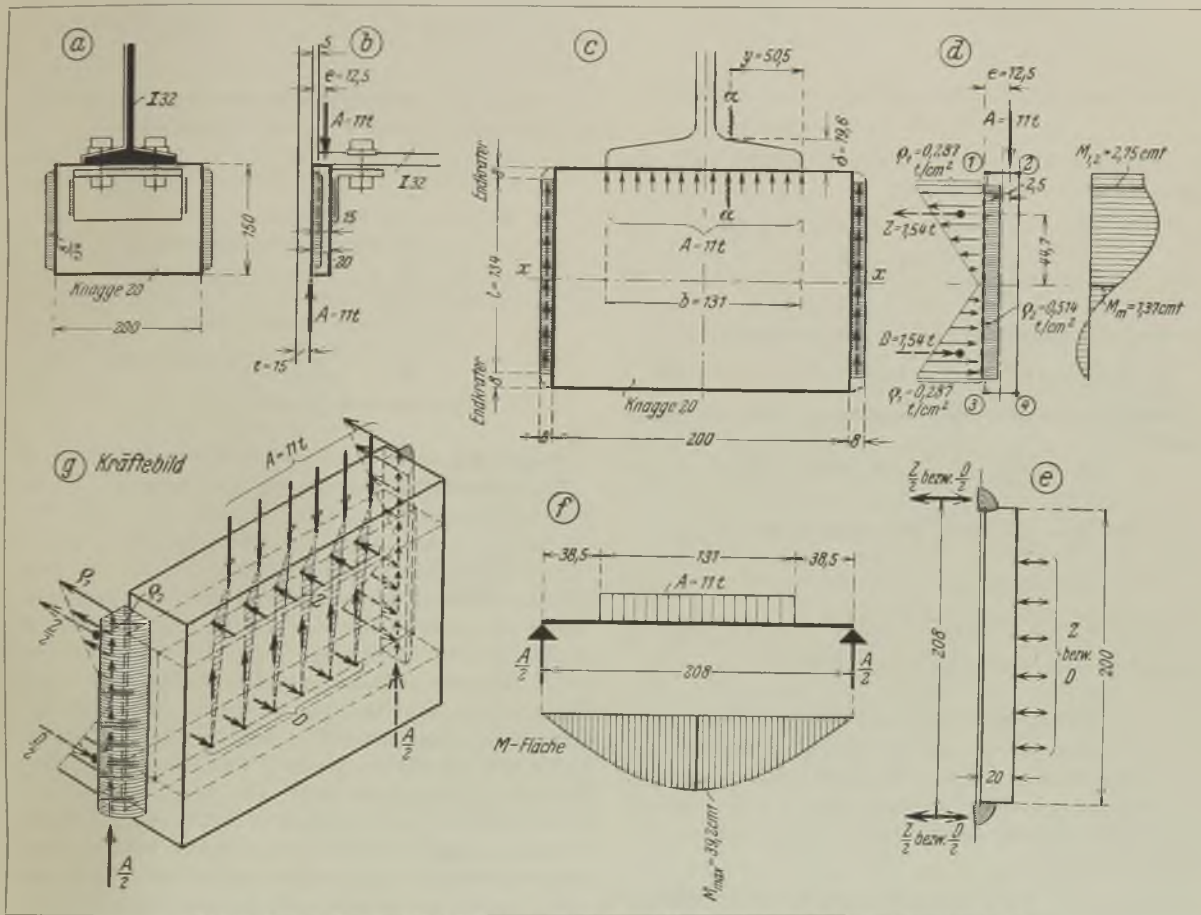


Abb. 56. Trägerrauflager auf eine Stützknagge, die mit zwei Flankennähten an die Stütze angeschweißt ist.

wird die Trägerrauflagerlänge nur 15 mm. Der Auflagerdruck beträgt 11 t.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

β) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Trägerflansch und der oberen Knaggenkante.

Die Pressung zwischen Trägerflansch und Plattenkante

$$\sigma = \frac{A}{b \cdot l} = \frac{11,0}{13,1 \cdot 1,5} = 0,56 \text{ t/cm}^2$$

Durch die unmittelbare Kraftübertragung wird der Riegeflansch auf Biegung beansprucht. Der gefährliche Querschnitt befindet sich an der Stelle, an der

mithin wird

$$M = \frac{11,0}{2} \frac{1}{13,1} \frac{5,05}{2} = 10,72 \text{ cm}^2$$

Nimmt man an, daß das Biegemoment im Schnitt α-α auf eine Flanschlänge von

$$3y = 3 \cdot 5,05 = 15,15 \text{ cm},$$

gleichmäßig verteilt wirkt (vgl. Teil B, 3 im vierten Abschnitt), dann ist das vorhandene Widerstandsmoment

$$W = \frac{15,15 \cdot 1,96^2}{6} = 9,7 \text{ cm}^3$$



und die vorhandene Beanspruchung

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{10,72}{9,7} = 1,11 \text{ t/cm}^2,$$

Der Trägerflansch ist somit ausreichend steif, besondere Auflageraussteifungen sind nicht erforderlich (vgl. die „Betrachtungen zu dem Beispiel“).

γ) Berechnung der Schweißnähte zum Anschluß der Knagge an die Stütze.

Vorhanden sind 2 Flankenkehlnähte.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 11,6 \text{ mm}; \\ a_{\text{vorh}} = 8 \text{ mm}.$$

Die Nahtlänge  $l$  = Knaggenhöhe  $- 2 \cdot$  Endkrater  
 $= 150 - 2 \cdot 8 = 134 \text{ mm}$ .

In Abb. c sind die Dicken der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

$$F_{\text{Schw}} = 2al = 2 \cdot 0,8 \cdot 13,4 = 21,4 \text{ cm}^2, \\ W_{\text{Schw}} = 2 \frac{al^2}{6} = 2 \frac{0,8 \cdot 13,4^2}{6} = 47,9 \text{ cm}^3.$$

Von den Schweißnähten ist aufzunehmen:

$$M = Ae = 11,0 \cdot 1,25 = 13,75 \text{ cmt}, \quad A = 11,0 \text{ t},$$

Spannungen aus dem Moment und der Auflagerkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{13,75}{47,9} = 0,287 \text{ t/cm}^2, \\ \sigma_2 = \frac{A}{F_{\text{Schw}}} = \frac{11,0}{21,4} = 0,514 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,287^2 + 0,514^2} = 0,59 \text{ t/cm}^2; \\ \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Untersuchung der Stützknagge.

Die Knagge wird nach verschiedenen Richtungen hin beansprucht. Zunächst soll jede Beanspruchungsart einzeln behandelt werden. Erst am Schluß soll festgestellt werden, welche Beanspruchungen zur Addition kommen.

1) Beanspruchung infolge der vorerst mittig angenommenen Belastung durch die Auflagerkraft  $A$ .

Die Knagge wird als Träger mit einer auf die Schweißnahtmitten bezogenen Stützweite angesehen. Gemäß Abb. f wird das Biegemoment

$$M = \frac{11,0 \cdot 20,8}{2} - \frac{11,0 \cdot 13,1}{4} = 39,2 \text{ cmt}.$$

Das vorhandene Widerstandsmoment (ohne Berücksichtigung des angeschweißten Haltewinkels):

$$W = \frac{2,0 \cdot 15,0^2}{6} = 75,0 \text{ cm}^3;$$

die vorhandenen Beanspruchungen

in den oberen gedrückten Eckfasern 1 u. 2 (Abb. d):

$$\sigma_{a_1} = \sigma_{a_2} = - \frac{M}{W} = - \frac{39,2}{75,0} = -0,523 \text{ t/cm}^2,$$

in den unteren gezogenen Eckfasern 3 u. 4 (Abb. d):

$$\sigma_{a_3} = \sigma_{a_4} = + \frac{M}{W} = + \frac{39,2}{75,0} = +0,523 \text{ t/cm}^2.$$

2) Beanspruchung infolge der außermittigen Lage des Auflagerdruckes  $A$  und der Kehlnahtanschlußebene.

Der Kräfteangriff und die Momentenlinie geht aus der Abb. d hervor.

$$Z = D = \sigma_1 a \frac{l}{2} \frac{1}{2} \\ = 0,287 \cdot 2 \cdot 0,8 \frac{13,4}{2} \frac{1}{2} = 1,54 \text{ t};$$

$$M_{1,2} = 11,0 \cdot 0,25 = 2,75 \text{ cmt},$$

$$M_m = 11,0 \cdot 0,25 + \frac{11,0}{2} 1,0 = 1,54 \cdot 4,47 = 137 \text{ cmt} \\ M_{3,4} = 0.$$

Das vorhandene Widerstandsmoment (ohne Berücksichtigung des angeschweißten Haltewinkels):

$$W = \frac{20,8 \cdot 2,0^2}{6} = 13,9 \text{ cm}^3.$$

Die vorhandenen Beanspruchungen

in der oberen gezogenen Eckfaser 1:

$$\sigma_{b_1} = + \frac{M}{W} = + \frac{2,75}{13,9} = +0,198 \text{ t/cm}^2,$$

in der oberen gedrückten Eckfaser 2:

$$\sigma_{b_2} = - \frac{M}{W} = - \frac{2,75}{13,9} = -0,198 \text{ t/cm}^2,$$

in den unteren Eckfasern 3 u. 4:

$$\sigma_{b_3} = \sigma_{b_4} = 0.$$

3) Beanspruchung infolge der waagerechten Einspannkraft  $Z$  bzw.  $D$

Die außermittig angreifende Auflagerkraft  $A$  und das dadurch hervorgerufene Moment  $M = Ae$  wird durch die an den lotrechten Knaggenkanten befindlichen Kehlnähte in die Stütze gebracht. Es sind dort also lotrecht und waagrecht gerichtete Auflagerkräfte vorhanden (Abb. d, e und g). Nimmt man zunächst an, daß die Knagge hohl liegt und außerdem keine Reibung zwischen den Berührungsf lächen des Trägers und der Knaggenoberkante vorhanden ist, dann ist es augenscheinlich, daß die obere Knaggenhälfte von der Stütze abweicht und die untere Hälfte nach der Stütze zu ausbiegt. Die Abb. g veranschaulicht ungefähr das vorhandene Kräftespiel. Hierbei ist angenommen, daß die waagerechten Kräfte in den Schwerpunkten der waagrecht gerichteten Dreiecksbelastungen der oberen und unteren Schweißnähte angreifen. In den äußersten Fasern sind die Beanspruchungen am größten. Man darf aber nun keinesfalls bei der größten Belastungshöhe, also an der oberen oder unteren Knaggenlängskante einen abgeschritten gedachten Streifen auf Biegung untersuchen; das wäre zu ungünstig, da ja die Knagge aus einem Stück besteht und die Kraftrichtungen oben und unten entgegengesetzt laufen. Angenähert kann eine Knaggenhälfte mit der gesamten links oder rechts gerichteten waagerechten Kraft als gleichmäßig verteilte Last auf Biegung berechnet werden:

$$M = \frac{1,54 \cdot 20,8}{8} = 4,0 \text{ cmt};$$

$$W = \frac{15,0 \cdot 2,0^2}{6} = 5,0 \text{ cm}^3.$$

Die vorhandenen Beanspruchungen

in den gedrückten Eckfasern 1 u. 4:

$$\sigma_{c1} = \sigma_{c4} = -\frac{M}{W} = -\frac{4,0}{5,0} = -0,8 \text{ t/cm}^2,$$

in den gezogenen Eckfasern 2 u. 3:

$$\sigma_{t2} = \sigma_{t3} = +\frac{M}{W} = +\frac{4,0}{5,0} = +0,8 \text{ t/cm}^2.$$

In Wirklichkeit werden jedoch die Beanspruchungen bei weitem nicht in dem errechneten Maße auftreten, da ja die obere Knaggenkante seitlich durch die Auflagerreibung und die untere Knaggenkante seitlich durch das Anpressen an den Stützenflansch einen gewissen Halt findet. Aus diesen Erwägungen geht aber auch klar hervor, daß bei einer an der Stütze anliegenden Knagge die untere Hälfte der Kehlnähte nur ganz geringe waagrecht gerichtete Spannungen  $\sigma_1$  erhält, da diese Druckspannungen unmittelbar von der Knagge auf den Stützenflansch gebracht werden.

#### 4) Schubbeanspruchung.

Die größte Schubbeanspruchung ergibt sich in der waagerechten Schwerachse  $x-x$  der Knagge, und zwar an den Enden, da dort die Querkraft am größten ist.

Im Rechteckquerschnitt ist

$$\tau_{\max} = 1,5 \frac{Q}{F} = 1,5 \frac{5,5}{30,0} = 0,28 \text{ t/cm}^2.$$

#### 5) Größte Beanspruchung.

Eckfaser 1.

$$\sigma_{a1} = -0,523 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_{b1} = +0,198 \quad (\text{lotrecht gerichtet}),$$

$$\sigma_{c1} = -0,800 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_1 = -0,523 - 0,800 = -1,323 \text{ t/cm}^2.$$

Eckfaser 2.

$$\sigma_{a2} = -0,523 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_{b2} = -0,198 \quad (\text{lotrecht gerichtet}),$$

$$\sigma_{c2} = +0,800 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_2 = -0,523 + 0,800 = +0,277 \text{ t/cm}^2.$$

Eckfaser 3.

$$\sigma_{a3} = +0,523 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_{b3} = 0 \quad (\text{lotrecht gerichtet}),$$

$$\sigma_{c3} = +0,800 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_3 = +0,523 + 0,800 = +1,323 \text{ t/cm}^2.$$

Eckfaser 4.

$$\sigma_{a4} = +0,523 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_{b4} = 0 \quad (\text{lotrecht gerichtet}),$$

$$\sigma_{c4} = -0,800 \quad (\text{längs gerichtet}),$$

$$\sigma_4 = +0,523 - 0,800 = -0,277 \text{ t/cm}^2.$$

Die vorhandenen Beanspruchungen bleiben also überall trotz der denkbar ungünstigsten Annahmen unter der zulässigen Grenze.

#### ε) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Überschreitet die Biegespannung im Schnitte  $\alpha-\alpha$  des unteren Trägerflansches die zulässige Beanspruchung, dann werden zweckmäßig Aussteifungsbleche gemäß Abb. 57 angeordnet, die nach Teil A, 1, d an

den Steg und den inneren Flanschenden des Trägers anzuschweißen sind.

Die Beanspruchungen in der Knagge werden am günstigsten, wenn die Knaggenbreite bzw. die Knaggenstützweite so gering als möglich gehalten wird.

Die Lösung des vorstehenden Zahlenbeispiels soll nur einen Versuch bedeuten, um bei verschiedenen ge-

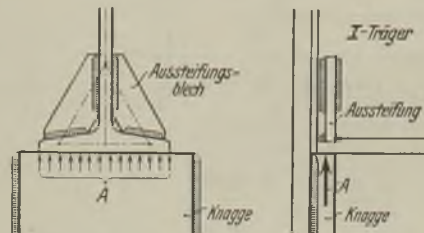


Abb. 57. Trägersäule mit aussteiftem Flansch.

richteten außermittigen Kraftangriffen ein ungefähres Bild über das verwickelte Kräftespiel zu erlangen. In Wirklichkeit wird der Kräfteverlauf, wie auch die bereits im Teil 2 und die im Vorangehenden angestellten Überlegungen und die daraus gezogenen Schlüsse ergeben, ein etwas anderer sein. Zu beachten ist auch noch, daß die Knagge nicht frei gelagert, sondern durch die starre Schweißverbindung mit der Stütze mehr oder weniger eingespannt ist; dadurch erhalten die Kehlnähte noch eine dritte Spannungsart, die längs zur Knagge gerichtet ist.

In der Praxis sind bei gewöhnlichen Ausführungen so weitgehende Untersuchungen nicht erforderlich; es genügt im allgemeinen der im folgenden Zahlenbeispiel gewählte Festigkeitsnachweis.

Es ist ein Weg gezeigt worden, wie man derartige Aufgaben überhaupt anpackt. Wenn sich auch die gewählten Berechnungsannahmen mehr auf der sicheren Seite bewegen, so ist doch immerhin eine solche Berechnungsweise besser als gar keine.

#### c) Zweites Zahlenbeispiel.

##### α) Allgemeines.

Das vorangehende Zahlenbeispiel mit einer Knaggenhöhe von 150 mm soll nun nochmals mit einer 80 mm hohen Knagge durchgeführt werden. Die Ausführung zeigt die Abb. 58. Außer den beiden Flankenkehlnähten wird bei der geringen Anschlußhöhe auch noch eine Stirnkehlnaht erforderlich.

β) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Trägerflansch und der oberen Knaggenkante.

Hierfür ist die Untersuchung genau wie im vorangehenden Zahlenbeispiel.

γ) Berechnung der Schweißnähte zum Anschluß der Knagge an die Stütze.

Vorhanden sind 2 Flankennähte und 1 Stirnnaht.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 11,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 8 \text{ mm}.$$



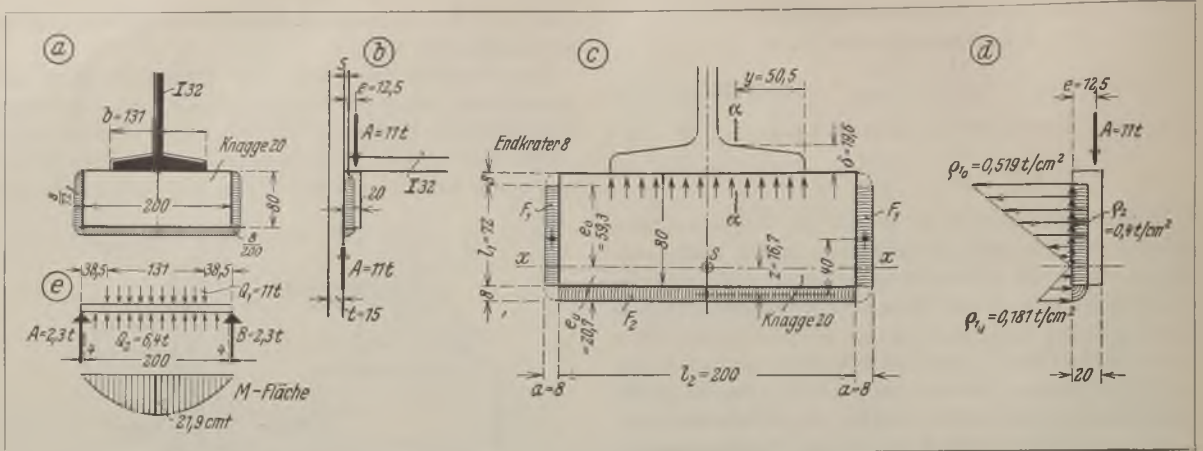


Abb. 58. Trägersauflager auf eine Stütznagge, die mit zwei Flanken- und einer Stirnnaht an die Stütze angeschweißt ist.

Da die Kehlnähte an den unteren Knaggenecken herumgeführt werden (Abb. 58a), brauchen dort Endkraterabzüge nicht berücksichtigt werden; somit wird die Länge der Flankennaht  $l_1 = 72$  mm und die der Stirnnaht  $l_2 = 200$  mm.

In Abb. c sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$2F_1 = 2al_1 = 2 \cdot 0,8 \cdot 7,2 = 11,5 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = al_2 = 0,8 \cdot 20,0 = 16,0 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 27,5 \text{ cm}^2.$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_2$ :

$$z = \frac{\sum Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{11,5 \cdot 4,0}{27,5} = 1,67 \text{ cm,}$$

$$J_{\text{Schw}} = 2 \frac{0,8 \cdot 7,2^3}{12} + 11,5 (4,00 - 1,67)^2 + 16,0 \cdot 1,67^2 = 157 \text{ cm}^4;$$

$$W_{\text{eSchw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_o} = \frac{157}{5,93} = 26,5 \text{ cm}^3,$$

$$W_{\text{uSchw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_u} = \frac{157}{2,07} = 75,8 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen das Biegemoment  $M = Ae = 11,0 \cdot 1,25 = 13,75$  cmt und die Auflagerkraft  $A = 11,0$  t.

Spannungen aus dem Moment:

$$\sigma_{1o} = \frac{M}{W_{\text{oSchw}}} = \frac{13,75}{26,5} = 0,519 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{1u} = \frac{M}{W_{\text{uSchw}}} = \frac{13,75}{75,8} = 0,181 \text{ t/cm}^2.$$

Spannungen aus der Auflagerkraft:

$$\sigma_2 = \frac{A}{F_{\text{Schw}}} = \frac{11,0}{27,5} = 0,400 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,519^2 + 0,400^2} = 0,66 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

### δ) Untersuchung der Stütznagge.

Die Nagge wird nur auf lotrechte Biegung infolge der Auflagerkraft  $A$  untersucht; die im vorangehenden Zahlenbeispiel berechneten anderen Beanspruchungsarten können außer acht gelassen werden.

Durch die unmittelbare Trägersauflagerung wirkt die Auflagerkraft auf die Knaggenkante in einer Länge von 131 mm gleichmäßig verteilt. Gestützt ist die Nagge durch die Flankennaht und die Stirnnaht. Da die Auflagerkraft auf sämtliche Anschlußnähte in senkrechter Richtung gleichmäßig verteilt angenommen wird, so ergibt sich für die Nagge das in Abb. e dargestellte Belastungsbild.

$$Q_1 \text{ (lotrecht nach unten wirkend)} = A = 11,0 \text{ t,}$$

$$Q_2 \text{ (lotrecht nach oben wirkend)} = \frac{AF_2}{F_{\text{Schw}}} = \frac{11,0 \cdot 16,0}{27,5} = 6,4 \text{ t,}$$

$$A = B \text{ (lotrecht nach oben wirkend)}$$

$$= \frac{AF_1}{F_{\text{Schw}}} = \frac{11,0 \cdot 5,75}{27,5} = 2,3 \text{ t.}$$

Das größte Biegemoment:

$$M = 2,3 \frac{20,8}{2} + \frac{6,4}{2} \frac{20,0}{4} - \frac{11,0}{2} \frac{13,1}{4} = 21,9 \text{ cmt;}$$

das vorhandene Widerstandsmoment:

$$W = \frac{2,0 \cdot 8,0^2}{6} = 21,3 \text{ cm}^3,$$

und die vorhandene Beanspruchung:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{21,9}{21,3} = 1,03 \text{ t/cm}^2.$$

### ε) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Die Ausführung nach Abb. 58 ist der Ausführung nach Abb. 56 vorzuziehen: Geringere Anschlußhöhe, Verbindung mit der Stütze an allen freien Seiten, sowie größere Wirtschaftlichkeit.

Gewichtvergleich:

| Knagge nach Abb. 56 |           | Knagge nach Abb. 58 |           |
|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
| Stahl               | = 4,71 kg | Stahl               | = 2,51 kg |
| Schweißstoff        | = 0,10 ,, | Schweißstoff        | = 0,13 ,, |
|                     | 4,81 kg   |                     | 2,64 kg   |



Mithin ist die Knaggenausführung nach Abb. 56 82 % schwerer als die nach Abb. 58.

#### 4. Berechnung und Ausführung der einfachen Trägeranschlüsse.

Einfache Anschlüsse von Trägern an Unterzüge oder Stützen, die nur eine lotrecht gerichtete Auflagerkraft übertragen sollen, sind mit einer unmittelbaren Schweißung möglichst nicht auszuführen. Durch die Zusammenschmelzung von Träger und Unterzug bzw. Stütze entsteht in allen Fällen ein einheitliches Gefüge, so daß durch die starre Verbindung nicht nur lotrecht, sondern auch waagrecht gerichtete Kräfte zur Übertragung kommen.

weitere Zerstörung der Nähte eingeleitet wird. Die Gefahr wird noch durch die sog. „Kerbwirkung“ (vgl. Teil 6) bedeutend erhöht. Bei dem Anschluß nach Abb. 59b ist wohl der Schweißanschluß kräftig genug ausgebildet, hier erhält aber die Stütze, die ja nur für einen lotrecht gerichteten Auflagerdruck berechnet ist, infolge des durch den starken Schweißanschluß bewirkten Einspannmomentes erhebliche Zusatzbeanspruchungen. Der Träger selbst wird durch den starren Anschluß günstig beeinflusst.

Aus vorstehenden Erwägungen kommt man zu dem zwingenden Schluß, daß bei Anordnung von Schweißanschlüssen die Träger und Unterzüge als ein zusammengehöriges Rahmengerüste berechnet werden muß.

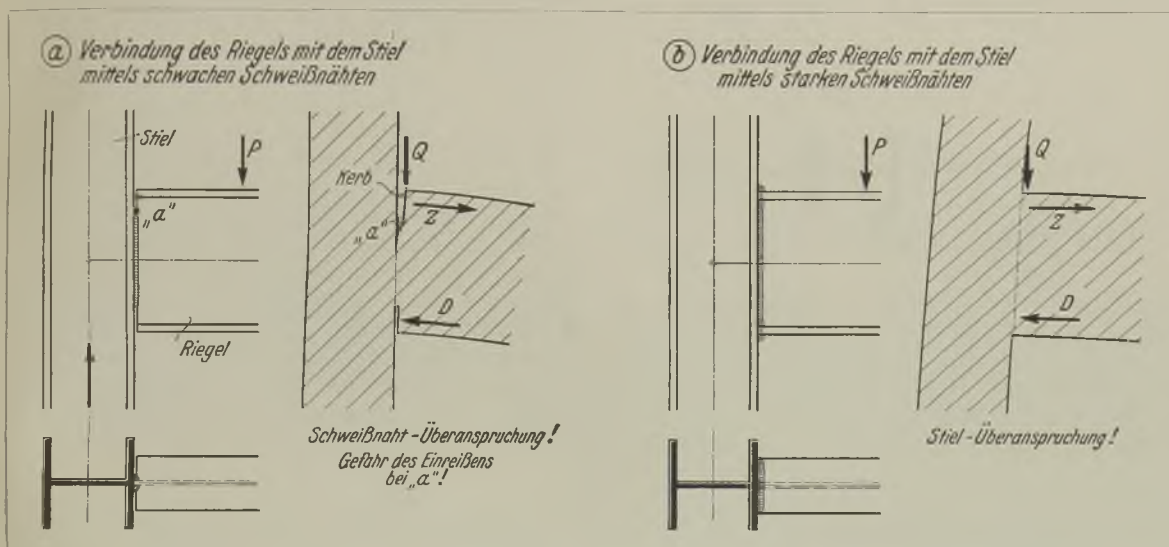


Abb. 59. Einfache Trägeranschlüsse mit einer unmittelbaren Schweißverbindung sind zu vermeiden.

Mit anderen Worten: Der Träger ist nicht frei gelagert, sondern eingespannt.

Bei Stegwinkelanschlüssen mit Verschraubung ist wohl auch eine Einspannung vorhanden (vgl. den Teil „Über das Kräftepiel und die Biegesteifigkeit einfacher Trägeranschlüsse“ im Band II, 2. Teil), die jedoch durch die Nachgiebigkeit und durch das Gleiten der Schrauben erträglich bleibt und im allgemeinen vernachlässigt wird.

Wird der Schweißanschluß nur für die Aufnahme einer Auflagerkraft berechnet, ist er also verhältnismäßig schwach (Abb. 59a), dann erhalten die Kehlnähte gefährliche waagrecht gerichtete Zusatzspannungen; wird dagegen der Schweißanschluß sehr reichlich bemessen (Abb. 59b), dann erhält wiederum die Stütze zusätzliche Biegebeanspruchungen. Hier ist wirklich das geflügelte Wort „Wie man's macht, ist's verkehrt“ am Platze.

Betrachtet man den Anschluß nach Abb. 59a, dann erkennt man sofort, daß bei den Schweißnähten im Punkte „ $\alpha$ “ infolge der waagrecht Spannungen die Gefahr des Einreißens besteht und dadurch die

Dadurch trägt man den wirklichen Verhältnissen besser Rechnung: Geringere Träger- und stärkere Stützenquerschnitte in Verbindung mit den sich aus den wirklichen Stützmomenten ergebenden Schweißanschlüssen. Regelrecht eingespannte Trägeranschlüsse in Schweißausführung sind im vierten Abschnitt behandelt.

Da jedoch gemäß der im Band II, 1. Teil zusammengestellten wirtschaftlichen Vergleiche verschiedener Stahlskelettbauten die regelrechten Stockwerkrahmen nicht immer wirtschaftlich sind, so sollen nachstehend auch Trägeranschlüsse mit freier Auflagerwirkung zur Darstellung kommen, sowie sie zur Ausführung von einfachen Tragwerken ohne Rahmenecken und von Stockwerkrahmen mit zum Teil gelenkig angeschlossenen Riegeln gebraucht werden.

Bei dem einfachen Trägeranschluß nach Abb. 60 ist an dem Trägerende ein Flachstahlstück vorgeschweißt, das dann mit der Stütze bzw. mit dem Unterzug verschraubt wird. Das Flachstahlstück ersetzt die bei der gewöhnlichen Schraubenausführung üblichen zwei Anschlußwinkel. Zwischen der Stirnplatte und dem





Unterzugflansch gelegt und dort angeheftet. Zwecks Feststellung des Trägers ist hier an den Stirnenden des Trägers ein kleines Flachstahlstück angeschweißt, das dann bei der Aufstellung mit dem Unterzugsteg verschraubt wird. Bei allen Ausführungen der Abb. 61 können die Schweißarbeiten in der Werkstatt vorgenommen werden, so daß auf der Baustelle, wie es ja auch möglichst anzustreben ist, nur das Verlegen und das Einziehen einiger Schrauben notwendig wird.

5. Berechnung und Ausführung der Trägerlagerung auf Stützen.

a) Allgemeines.

Bei Trägerlagerungen auf Stützen unterscheidet man mittige, außermittige und biege feste bzw. steife

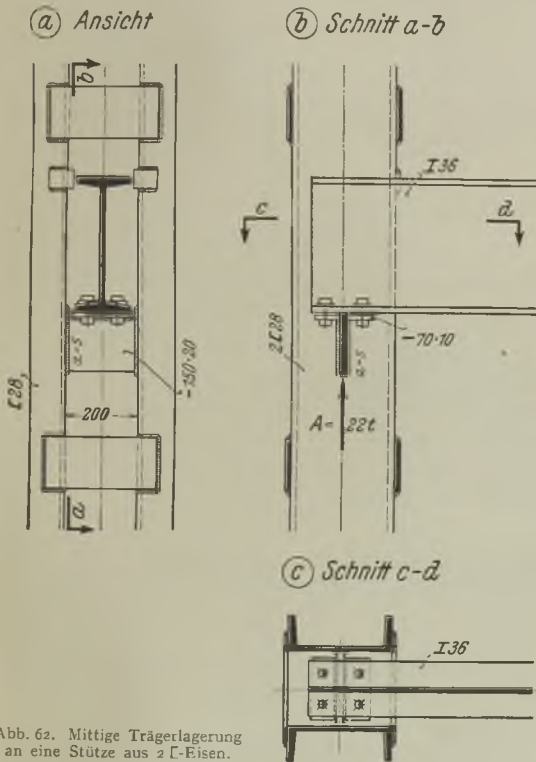


Abb. 62. Mittige Trägerlagerung an eine Stütze aus 2 C-Eisen.

Anschlüsse. In diesem Teil werden die mittigen Trägelauflager behandelt; die einfachen Anschlüsse sind im Teil 4 dieses Abschnittes und die biege festen Anschlüsse im vierten Abschnitt besprochen.

Bei Stützenköpfen und bei durchgehenden Stützen aus 2 C- bzw. 2 I-Eisen läßt sich die mittige Lagerung meistens mit einfachen Mitteln bewerkstelligen.

Bei der Ausführung nach Abb. 62 ist in Stützenmitte zwischen den beiden Stielstegen eine Auflagerknagge angeschweißt. Zur Schraubenbefestigung des Trägers sind zwei Flachstahlstücke mittels Kehlnähten an die Knagge befestigt. Damit aber der Träger die Auflagerkraft unmittelbar auf die Knagge abgibt, sind die Flachstahlstücke mit ihrer Oberkante etwa 5 mm unterhalb der Knaggenoberkante an-

geordnet. Die Berechnung der Knagge und des Schweißanschlusses erfolgt sinngemäß nach dem Teil 3; der Unterschied ist nur der, daß hier die Auflagerkraft nicht außermittig, sondern mittig wirkend angenommen werden kann.

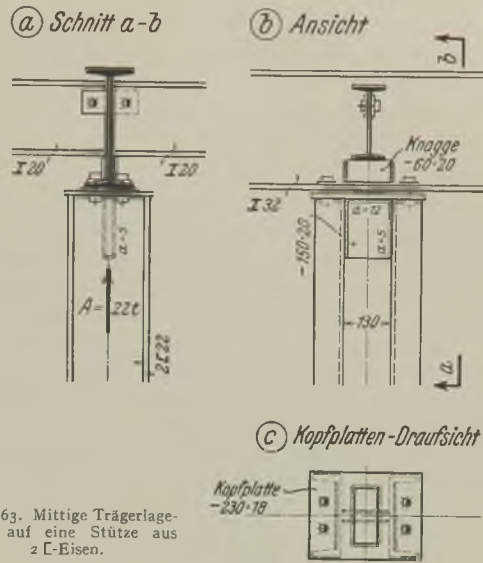


Abb. 63. Mittige Trägerlagerung auf eine Stütze aus 2 I-Eisen.

Eine Trägerlagerung bei nicht durchlaufenden Stützen und Lage des Trägers quer zu den Stielstegen veranschaulicht die Abb. 63. Auf der Stützenkopflatte ist eine etwa 5 mm dicke Zentrierplatte angepunktet. Die Übertragung der Auflagerkraft in die Stützenstege erfolgt wieder mit Hilfe einer Knagge.

Während bei den vorangehenden Ausführungen die Stützen aus 2 C- bzw. 2 I-Eisen bestanden, sollen nunmehr Trägerlagerungen auf einstiellige IP-Stützen behandelt werden.

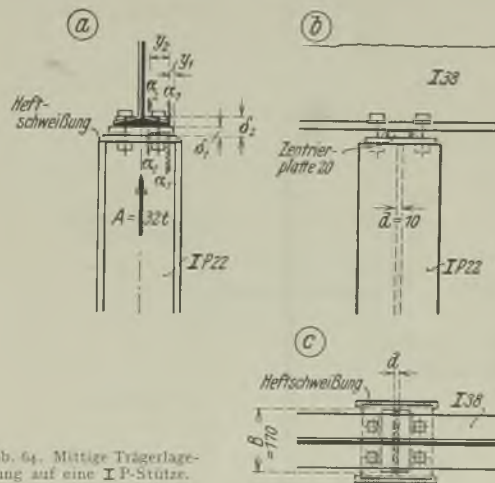


Abb. 64. Mittige Trägerlagerung auf eine IP-Stütze.

Abb. 64 zeigt die Auflagerung eines quer zum Stielsteg liegenden Trägers. Bei dieser Ausführung muß der Stielsteg in der Länge der Zentrierplatte die Auf-



lagerkraft unmittelbar übernehmen können:

$$A \leq dB \sigma_{zul}$$

hierin bedeutet

$d$  die Stegdicke des Stieles,

$B$  die Länge der Zentrierplatte,

$\sigma_{zul}$  die zulässige Pressung = 2,33 t/cm<sup>2</sup> bei einer zulässigen Beanspruchung der Träger und Stützen mit 1,4 t/cm<sup>2</sup>.

Im vorliegenden Falle muß demnach

$$A \leq 1,0 \cdot 17,0 \cdot 2,334 = 39,7 \text{ t.}$$

Der vorhandene Auflagerdruck ist nur 32,0 t, so daß die Ausführung in Ordnung geht. Zu beachten ist jedoch hierbei, daß der Trägerflansch im Schnitte  $\alpha_2 - \alpha_2$  auf Biegung nicht überansprucht wird (vgl. Teil A, 3, b im dritten Abschnitt) und außerdem der freie Abstand  $\gamma_1$  der Zentrierplatte unter der zulässigen Grenze bleibt (vgl. Teil 1, Tafel 6).

Bei einem verhältnismäßig geringen Stützenquerschnitt und breitem Trägerflansch ist auch die Möglichkeit vorhanden, die unmittelbare Übertragung der Kraft nicht nur auf den Stielsteg, sondern auch zum

tragung gleichmäßig auf Pressung beansprucht:

$$\sigma_{vorh} = \frac{A}{dm + 2tL}$$

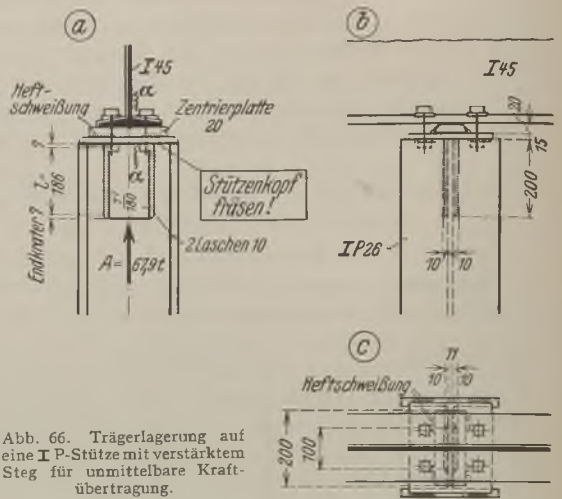


Abb. 66. Trägerlagerung auf eine IP-Stütze mit verstärktem Steg für unmittelbare Kraftübertragung.

Moment im Schnitte  $\alpha - \alpha$

$$M_\alpha = (tL e_1 + d f e_2) \sigma_{vorh}$$

Angenommen wird, daß bei durchlaufendem Träger das Biegemoment  $M_\alpha$  auf eine Flanschlänge von

$$l = L + 2 \cdot 3e$$

gleichmäßig verteilt wirkt;  $e$  bedeutet hierin den Schwerpunktsabstand des Kraftangriffes bis zum Schnitte  $\alpha - \alpha$  (vgl. Teil A, 3, b im dritten Abschnitt). Das vorhandene Widerstandsmoment des Trägerflansches ist dann

$$W = \frac{\delta^2 l}{6}$$

und die vorhandene Biegebeanspruchung

$$\sigma = \frac{M_\alpha}{W}$$

Hält der Trägerflansch das Biegemoment nicht aus, dann müssen Flanschaussteifungen vorgesehen werden (vgl. Abb. 57).

Bei größeren Auflagerkräften wird zweckmäßig der Stielsteg gemäß Abb. 66 durch angeschweißte Laschen verstärkt. Damit der Stielsteg und die Verstärkungs-laschen auch wirklich an der Übertragungsfläche vollkommen eben sind, muß der Stielkopf gefräst werden. Würden z. B. die Verstärkungs-laschen etwas über den Stielsteg ragen, dann ginge die gesamte Kraft in die Laschen hinein, was natürlich zur Überanstrengung der Laschen und der Schweißnähte führt. Umgekehrt, liegen die Laschen etwas von der Stielstegoberkante zurück, dann kommen die Laschen nicht zur Wirkung und die gesamte Kraft hat der Stielsteg auszuhalten. Im nachfolgenden Teil b) ist für die Ausführung nach Abb. 66 der Festigkeitsnachweis erbracht.

Bei der in Abb. 67 veranschaulichten Ausführung liegt der Trägerunterzug längs zum Stützensteg; hier sind zur Vergrößerung der Übertragungsfläche krag-

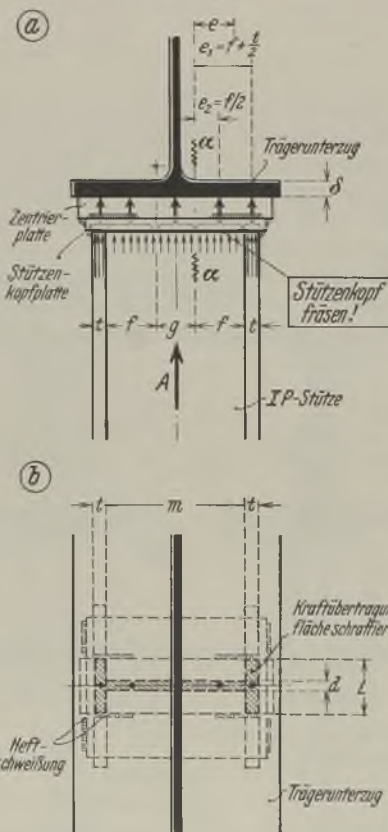


Abb. 65. Trägerlagerung auf eine IP-Stütze für unmittelbare Kraftübertragung.

Teil auf den Stielflansch vorzusehen. Dieser Fall ist in Abb. 65 dargestellt; der schraffiert gezeichnete Querschnitt wird durch die unmittelbare Kraftüber-

armartige Querbleche angeordnet. Die Kragbleche müssen natürlich entsprechend der aufzunehmenden Teilkraft ausgebildet und angeschlossen werden. Natürlich kann auch im vorliegenden Fall die Verstärkung sinngemäß der Abb. 66 mit flach am Stiel-

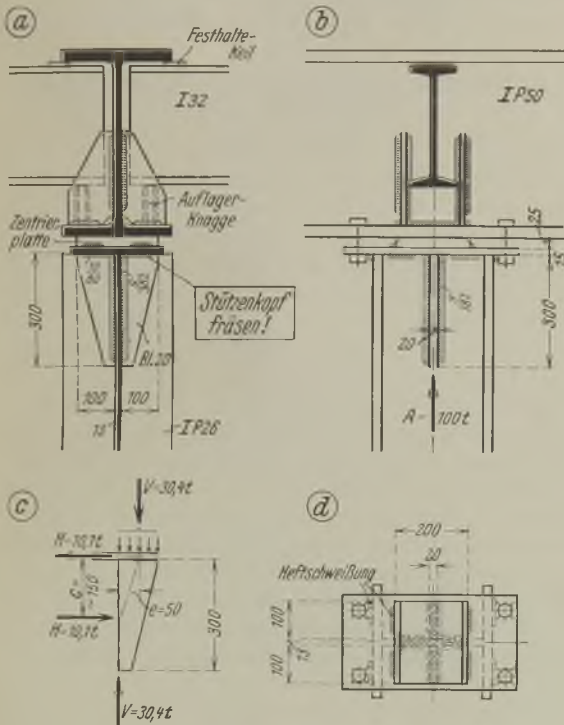


Abb. 67. Trägerlager auf eine IP-Stütze mit Verstärkungsrippen für eine unmittelbare Kraftübertragung.

steg angeschweißten Laschen erfolgen. Im nachfolgenden Teil c) ist für die Ausführung nach Abb. 67 die Berechnung durchgeführt.

## b) Erstes Zahlenbeispiel.

### α) Allgemeines.

Für die Trägersauflagerung nach Abb. 66 wird nachstehend der Festigkeitsnachweis geführt. Die Auflagerkraft  $A$  beträgt 67,9 t. Die Kraftübertragung erfolgt durch die Zentrierplatte auf die Stützenkopfplatte und von dort unmittelbar auf den verstärkten Stielsteg. Die Stützenkopfplatte dient nur zum Anschweißen der Zentrierplatte und zur Verschraubung des Trägers, keinesfalls darf sie wegen ihrer geringen Stärke zur Übertragung eines Teiles der Auflagerkraft nach den Stielanschlüssen mit herangezogen werden.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

### β) Anschluß der Stegverstärkungsbleche.

Für die unmittelbare Kraftübertragung kann man etwa den in Abb. 66c schraffiert angegebenen Querschnitt benutzen:

$$F = 1,1 \cdot 20,0 + 2 \cdot 1,0 \cdot 10,0 = 22,0 + 20,0 = 42,2 \text{ cm}^2.$$

Die Pressung:

$$\sigma_{vorh} = \frac{A}{F} = \frac{67,9}{42,0} = 1,62 \text{ t/cm}^2.$$

Auf eine Verstärkungslasche entfällt ein Druck:

$$P_1 = F_1 \sigma_{vorh} = 1,0 \cdot 10,0 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ t}.$$

Vorhanden sind zwei Flankennähte:

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ mm};$$

$$a_{vorh} = 7 \text{ mm},$$

$$l = 200 - 2a = 200 - 2 \cdot 7 = 186 \text{ mm},$$

$$e = \frac{P_1}{\Sigma(al)} = \frac{16,2}{2 \cdot 0,7 \cdot 18,6} = 0,62 \text{ t/cm}^2.$$

### γ) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Streng genommen erhalten die Verstärkungslaschen außer der Kraft  $P_1$  noch ein Moment  $M = P_1 e$  (sinngemäß zu den Darlegungen im Teil 3).

Es wird dann:

Spannung aus dem Moment

$$e_1 = \frac{M}{W_{\text{schw}}} = \frac{P_1 e}{\frac{a l^2}{6}} = \frac{16,2 \cdot 0,5}{\frac{0,7 \cdot 18,6^2}{6}} = 0,10 \text{ t/cm}^2.$$

Spannung aus der Kraft  $P_1$  ist nach Vorangehendem

$$e_2 = 0,62 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,10^2 + 0,62^2} = 0,63 \text{ t/cm}^2.$$

Wie man aus dem Ergebnis sieht, ist bei derartigen geringen außermittigen Kraftangriffen und verhältnismäßig langen Schweißnähten der aus dem Moment herrührende Einfluß verschwindend klein, so daß er vernachlässigt werden darf.

Die Schweißstrichverbindungen der Zentrierplatte mit der Stützenkopfplatte und die der Stützenkopfplatte mit der Stütze dienen nur zur Heftung und brauchen daher nicht nachgewiesen zu werden.

Im vorliegenden Beispiel liegt die Biegebeanspruchung des Trägerflansches noch unter der zulässigen Grenze (Berechnung sinngemäß zu Teil A, 3, b im dritten Abschnitt). Jedoch ist es bei derartigen hohen Auflagerdrücken ratsam, den Trägerflansch durch Bleche gegen den Trägersteg abzustützen.

## c) Zweites Zahlenbeispiel.

### α) Allgemeines.

Die in der Abb. 67 dargestellte Trägersauflagerung soll nachstehend untersucht werden. Die Auflagerkraft beträgt 100 t. Die Kraftübertragung erfolgt durch die Zentrierplatte auf die Stützenkopfplatte und von dort unmittelbar auf den kreuzförmig verstärkten Stielsteg. Der Stielkopf einschließlich der Stegverstärkung ist zu fräsen, damit auch die angenommene unmittelbare Kraftübertragung in einer gleichmäßigen Form gewährleistet ist. Die Stützenkopfplatte dient somit nur zur Befestigung der Zentrierplatte und der Verschraubung des Trägers.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .



β) Anschluß der Verstärkungsplatte am Stielsteg.

Die unmittelbare Kraftübertragung erfolgt etwa durch den in Abb. 67d schraffiert angegebenen kreuzförmigen Querschnitt

$$F = 1,3 \cdot 20,0 + 2 \cdot 2,0 \cdot 10,0 = 26,0 + 40,0 = 66,0 \text{ cm}^2,$$

die Pressung

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{A}{F} = \frac{100}{66} = 1,52 \text{ t/cm}^2.$$

Auf eine Verstärkungsrippe entfällt eine lotrechte Kraft  $V = F_1 \sigma_{\text{vorh}} = 2,0 \cdot 10,0 \cdot 1,52 = 30,4 \text{ t}$ ,

die in den Stielsteg übertragen werden muß. Durch den außermittigen Angriff der Kraft  $V$  werden sinngemäß zu den Ausführungen im Teil 1, d etwa folgende waagrecht gerichteten Kräfte auftreten (Abb. 67c):

$$H = \frac{V e}{c} = \frac{30,4 \cdot 5,0}{15,0} = 10,1.$$

Vorhanden sind zwei Kehlnähte;

$$t_{\text{min}} = 13 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 13 = 9,2 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 9 \text{ mm}.$$

$$l_{\text{vorh}} = 300 - 2a = 300 - 2 \cdot 9 = 282 \text{ mm},$$

$$l_{\text{zul}} = 40a = 40 \cdot 9 = 360 \text{ mm}.$$

Die Schweißnähte werden durch die lotrecht wirkende Kraft  $V$  und die waagrecht wirkende Kraft  $H$  in zwei Richtungen beansprucht:

$$\varrho_V = \frac{V}{2al} = \frac{30,4}{2 \cdot 0,9 \cdot 28,2} = 0,599 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_H = \frac{H}{2al} = \frac{10,1}{2 \cdot 0,9 \cdot 28,2} = 0,199 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\varrho = \sqrt{\varrho_V^2 + \varrho_H^2} = \sqrt{0,599^2 + 0,199^2} = 0,63 \text{ t/cm}^2;$$

$$\varrho_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Anschluß der Verstärkungsbleche an der Stielkopfplatte.

Da die Kraft  $V$  durch die gefrästen Berührungsfächen unmittelbar zur Übertragung kommt, so bleibt nur noch übrig, die Kraft  $H$  anzuschließen.

Vorhanden sind zwei Kehlnähte;

$$t_{\text{min}} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10 \text{ mm};$$

$$l_{\text{vorh}} = 100 - 2a = 100 - 2 \cdot 10 = 80 \text{ mm}.$$

$$\varrho = \frac{H}{2al} = \frac{10,1}{2 \cdot 1,0 \cdot 8,0} = 0,63 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Der Flansch des Unterzuges mußte bei der vorhandenen großen Auflagerkraft ausgesteift werden. Die Aussteifungen sind so angeordnet, daß die Deckenträger dazwischen verlegt werden können; zu diesem

Zweck sind Auflagerknaggen eingeschweißt. Die Träger sind durch kleine, zwischen den oberen Unterzugflansch und den oberen Deckenträgerflansch eingetriebene Keilstücke festgesetzt. Die Träger haben somit überhaupt keine Werkstatt- oder Baustellenbearbeitung aufzuweisen und brauchen auch in der Länge nicht auf genaues Maß geliefert zu werden.

6. Berechnung und Ausführung der Trägerausklinkungen.

a) Allgemeines.

Größere Trägerausklinkungen sind oft unvermeidbar. Sehr zu beachten ist, daß die einspringende Ecke des Trägers leicht überbeansprucht werden kann. Der durch die Ausklinkung geschwächte Trägerquerschnitt wird nicht allein durch das Biegemoment infolge der äußeren Kräfte beansprucht, sondern auch noch durch die umzuleitende Spannung des unmittelbar aufgehenden Trägerteils des vollen Trägerquerschnittes. Die umzuleitende Spannung bewirkt im geschwächten Trägerquerschnitt eine Biege- und eine Scherbeanspruchung, so daß sich also drei verschiedene Beanspruchungen addieren. Um der Entstehung von Rissen vorzubeugen, ist die einspringende Ecke der Ausklinkungen mit einem möglichst großen Halbmesser auszurunden. Im Band II, 2. Teil ist die genaue Theorie entwickelt und diese an Hand von vier Zahlenbeispielen praktisch angewendet. Nachstehend soll nur ein Zahlenbeispiel durchgeführt werden.

b) Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Für die in Abb. 68 veranschaulichte Auflagerung eines Trägers mit einer Ausklinkung am unteren Flansch soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden. Die angeordnete Verstärkungslasche 160 · 20 ist erforderlich, da ohne sie die einspringende Ecke „a“ eine Beanspruchung von etwa 2,8 t/cm<sup>2</sup> erfahren würde. Alle Abmessungen und Bezeichnungen sind aus der Abbildung ersichtlich. Die zulässige Trägerbeanspruchung beträgt 1,4 t/cm<sup>2</sup>.

β) Beanspruchung  $\sigma_\alpha$  infolge des durch die äußeren Kräfte verursachten Biegemomentes.

Als einzige äußere Kraft greift die Auflagerkraft  $A$  mit 25 t an. Da der Abstand  $e$  der Auflagerkraft bis zum gefährlichen Querschnitt  $\alpha-\alpha$  18 cm beträgt, so wird das auf den Schnitt  $\alpha-\alpha$  bezogene Biegemoment

$$M_\alpha = A e = 25 \cdot 18 = 450 \text{ cmt}.$$

Vorhanden ist der in Abb. d geschnitten gezeichnete Querschnitt II mit  $F = 111,3 \text{ cm}^2$ ,  $J_x = 15460 \text{ cm}^4$  und einem auf die unterste Faser bezogenen Widerstandsmoment  $W_{II_u} = 947 \text{ cm}^3$ ; in der Einschnittelecke ist damit die Beanspruchung

$$\sigma_\alpha = \frac{M_\alpha}{W_{II_u}} = \frac{450}{947} = 0,476 \text{ t/cm}^2.$$



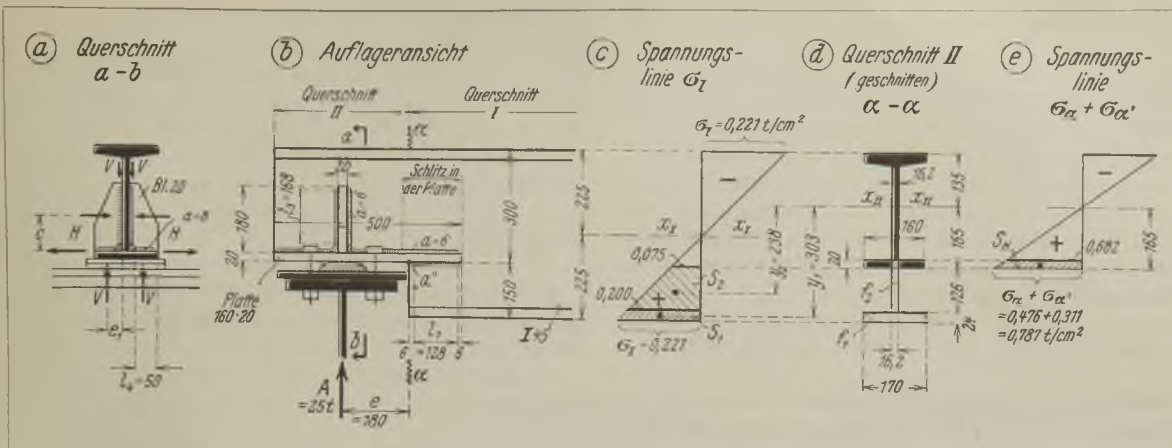


Abb. 68. Trägersauflager mit Auskinkung am unteren Flansch und Verstärkung des geschwächten Querschnittes.

γ) Beanspruchung  $\sigma_{\alpha'}$  infolge des Momentes durch die umzuleitende Kraft  $S$ .

Der volle Trägerquerschnitt  $I_{45}$  hat ein Widerstandsmoment  $W_I = 2040 \text{ cm}^3$ ; im Schnitte  $\alpha-\alpha$  ist daher in den äußersten Fasern des Trägers die größte Beanspruchung

$$\sigma_I = \frac{M_{\alpha}}{W_I} = \frac{450}{2040} = 0,221 \text{ t/cm}^2.$$

Die Spannungslinie ist aus Abb. c ersichtlich.

Nunmehr kann die umzuleitende Kraft  $S$  und das dadurch im Schnitte  $\alpha-\alpha$  des Querschnittes  $II$  auftretende Moment bestimmt werden: Zunächst teilt man den aufgehenden Querschnittsteil in einfach zu berechnende Flächenteile  $f_1, f_2 \dots$ ; hierbei darf man, wie in Abb. d angedeutet, den Flansch des  $I$ -Trägers mit genügender Genauigkeit als Rechteck annehmen:

$$f_1 = 2,4 \cdot 17,0 = 40,8 \text{ cm}^2,$$

$$f_2 = 1,62 \cdot 12,6 = 20,4 \text{ „ „}$$

Darauf werden die Spannungen  $S_1, S_2 \dots$  der einzelnen Flächenteile ermittelt (Abb. c):

$$S_1 = 40,8 \frac{0,221 + 0,200}{2} = 8,58 \text{ t},$$

$$S_2 = 20,4 \frac{0,200 + 0,075}{2} = 2,80 \text{ t}.$$

Mithin wird die umzuleitende Gesamtkraft

$$S = S_1 + S_2 = 8,58 + 2,80 = 11,38 \text{ t},$$

und das dadurch im gefährlichen Querschnitt  $\alpha-\alpha$  auftretende Moment (Abb. c und d):

$$M_{\alpha'} = S_1 y_1 + S_2 y_2,$$

hierin sind  $y_1$  und  $y_2$  die Abstände, die von der Nulllinie  $x_{II}-x_{II}$  des geschwächten Querschnittes  $II$  bis zum Schwerpunkt der betreffenden Teile der Spannungslinie reichen.

Die Werte in obige Formel eingesetzt:

$$M_{\alpha'} = 8,58 \cdot 30,3 + 2,80 \cdot 23,8 = 326,6 \text{ cmt.}$$

Die an der Einschnittecke „a“ vorhandene Beanspruchung infolge  $M_{\alpha'}$  ist dann

$$\sigma_{\alpha'} = \frac{M_{\alpha'}}{W_{IIa}} = \frac{326,6}{1050} = 0,311 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Beanspruchung  $\sigma_{\tau}$  infolge der abscherenden Wirkung der Kraft  $S$  an der einspringenden Ecke.

Bezeichnet  $F_{II}$  die Fläche des Querschnittes  $II$ , so ist die mittlere Scherbeanspruchung

$$\sigma_{\tau \text{ mittel}} = \frac{S}{F_{II}}.$$

Durch Versuche ist festgestellt, daß bei einem eingekerbten Stab mit mittiger Belastung die Spannung an der Einschnittecke etwa 2 mal so groß ist, als die mittlere Scherbeanspruchung. Da jedoch im vorliegenden Beispiel die Kraft  $S$  außermittig angreift, so wird die Beanspruchung noch größer, und zwar kann man etwa das 4fache der mittleren Beanspruchung annehmen.

Somit wird

$$\sigma_{\tau} = 4 \frac{S}{F_{II}} = 4 \frac{11,38}{111,3} = 0,409 \text{ t/cm}^2.$$

ε) Gesamtbeanspruchung an der einspringenden Ecke „a“.

Die absolut größte Beanspruchung  $\sigma_{\max}$  an der einspringenden Ecke „a“ ist somit:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \sigma_{\alpha} + \sigma_{\alpha'} + \sigma_{\tau} \\ &= 0,476 + 0,311 + 0,409 = 1,20 \text{ t/cm}^2. \end{aligned}$$

ζ) Anschluß der waagerechten Verstärkungsplatte.

1) Anschluß an den Querschnitt  $I$ .

In der waagerechten Verstärkungsplatte beträgt die Spannkraft (Abb. d und e):

$$S_H = 2,0(16,0 - 1,62) \frac{0,787 + 0,682}{2} = 21,0 \text{ t}.$$

Vorhanden sind 4 Kehlnähte;

$$t_{\min} = 16,2 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 16,2 = 11,5 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 11,5 \text{ mm}.$$

Aus der Berechnungsformel

$$e = \frac{S_H}{\Sigma(al)} = \frac{S_H}{a \Sigma l} = \frac{S_H}{a 4l},$$

erhält man die Länge einer Kehlnaht:

$$l_1 = \frac{S_H}{4ae} = \frac{21,0}{4 \cdot 1,15 \cdot 0,7} = 6,5 \text{ cm.}$$

Da die Anschlußlinie sehr kurz ist, soll aus praktischen Gründen die Kehlnähte anstatt 11,5 nur 6 mm dick gewählt werden, damit wird

$$l_{1\text{erf}} = \frac{21,0}{4 \cdot 0,6 \cdot 0,7} = 12,5 \text{ cm; } l_{\text{vorh}} = 12,8 \text{ cm.}$$

Damit wird die Länge der Lasche in bezug auf den Trägerquerschnitt I bei Berücksichtigung der Endkrater = 128 + 2a = 128 + 2 · 6 = 140 mm und die Gesamtlaschenlänge = 140 + 360 = 500 mm.

2) Anschluß an den Querschnitt II.

Nach den im Teil B, 2 entwickelten Formeln wird die Nahtdicke:

$$a = \frac{QS}{J_{II} 2e},$$

hierin ist  $Q = A = 25,0 \text{ t}$ ,

$$S = 2,0 \cdot 16,0 \cdot 14,5 = 464 \text{ cm}^3,$$

$$J_{II} = 15460 \text{ cm}^4;$$

die Werte in die obige Formel eingesetzt, ergibt

$$a = \frac{25,0 \cdot 464}{15460 \cdot 2 \cdot 0,7} = 0,54 \text{ cm;}$$

gewählt wird  $a = 0,6 \text{ cm}$ .

η) Anschluß der lotrechten Aussteifungsrippen.

1) Unmittelbare Kraftübertragung.

Nimmt man an, daß die Auflagerkraft in einer Länge von 20 mm auf die waagerechte Verstärkungsplatte übertragen wird, so ist, da die Platte 160 mm breit ist, die vorhandene Pressung:

$$p = \frac{25,0}{2,0 \cdot 16,0} = 0,78 \text{ t.}$$

Auf eine Verstärkungsrippe entfällt dann eine lotrecht wirkende Kraft (Abb. a und d):

$$V = 0,78 \cdot 2,0 \cdot \frac{16,0 - 1,62}{2} = 12,0 \text{ t.}$$

Durch den außermittigen Kraftangriff werden sinngemäß zu den Ausführungen im Teil 1 d etwa folgende waagrecht gerichteten Kräfte auftreten (Abb. a):

$$H = \frac{V e_1}{c} = \frac{12,0 \cdot 3,88}{9,0} = 5,2 \text{ t.}$$

2) Anschluß am Trägersteg.

Vorhanden sind für eine Verstärkungsrippe zwei Kehlnähte mit  $a = 6 \text{ mm}$ .

$$l_{3\text{vorh}} = 180 - 2a = 180 - 2 \cdot 6 = 168 \text{ mm.}$$

Die Kehlnähte werden durch die Kräfte  $V$  und  $H$  in eine lotrechte und in eine waagerechte Richtung

beansprucht:

$$e_V = \frac{V}{2al_3} = \frac{12,0}{2 \cdot 0,6 \cdot 16,8} = 0,595 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_H = \frac{H}{2al_3} = \frac{5,2}{2 \cdot 0,6 \cdot 16,8} = 0,258 \text{ t/cm}^2;$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_V^2 + e_H^2} = \sqrt{0,595^2 + 0,258^2} = 0,65 \text{ t/cm}^2.$$

3) Anschluß an der waagerechten Platte.

Die Kraft  $V$  wird durch die unmittelbaren Berührungsf lächen übertragen; es bleibt somit nur noch übrig, die Kraft  $H$  anzuschließen.

Vorhanden sind für eine Verstärkungsrippe zwei Kehlnähte mit  $a = 8 \text{ mm}$  und  $l_4 = 50 \text{ mm}$ ;

$$e = \frac{H}{2al_4} = \frac{5,2}{2 \cdot 0,8 \cdot 5,0} = 0,65 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Die im Vorangehenden durchgerechnete Auflagerausführung kann auch sehr zweckmäßig nach Abb. 69 ausgebildet werden. Mit Hilfe des Schneidbrenners

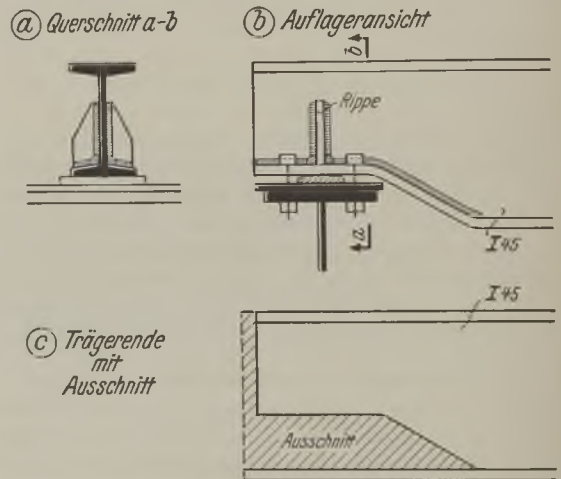


Abb. 69. Trägerauflager mit Querschnittsverjüngung.

wird ein Stück aus dem Trägersteg herausgetrennt und danach der untere Trägerflansch an den Steg herangedrückt und die Schnittländer verschweißt. Die Berechnung der Schweißnähte erfolgt sinngemäß zu Teil B, 2. Die Spannungen verlaufen bei dieser Bauart ohne scharfe Unterbrechung und Umlenkung, so daß hier nur mit dem Biegemoment der äußeren Kräfte zu rechnen ist. Wird die verjüngte Trägerhöhe verhältnismäßig gering, so muß der Träger auch auf Schubfestigkeit untersucht und gegebenenfalls am Auflager verstärkt werden (vgl. Teil 4 im vierten Abschnitt).

7. Berechnung und Ausführung biegefestiger Stöße.

a) Allgemeines.

Bei den geschweißten Stößen ist das maßgebende Biegemoment auf die Stoßfuge zu beziehen.



Die Abb. 70 zeigt verschiedene Ausführungen, bei denen der zu erreichende Stoßquerschnitt den zu stoßenden Träger in keinem Fall ersetzen kann; für diese Ausführungen ist somit der Stoß an eine Stelle zu legen, an der das vorhandene Biegemoment entsprechend geringer als das Größtmoment ist.

Abb. 70a veranschaulicht einen Stoß, bei dem die zu stoßenden Trägerstücke einfach stumpf zusammengeschweißt werden: die Flansche und der Steg werden durch V- oder X-Nähte miteinander verbunden. Nach den „Vorschriften“ sind die zulässigen Spannungen  $\sigma_{zul}$  auf Biegung beanspruchter Stumpfnähte in der

dicken  $a$  durch die Trägersteg- und Flanschdicken begrenzt sind ( $\sigma_{zul} = 0,707 \cdot t$ ), so kann auch mit dieser Ausführung nur ein Stoßmoment von etwa dem 0,6fachen des Träger-Größtmomentes übernommen werden.

Je nach Größe der an der Stoßstelle auftretenden Querkkräfte können sich die in der Abb. 70 angegebenen Stoßmoment-Grenzwerte möglicherweise noch weiter verringern.

Die Abb. 71 veranschaulicht verschiedene Trägerstöße, bei denen der Träger voll ersetzt werden kann; der Stoß kann also bei diesen Ausführungen an der

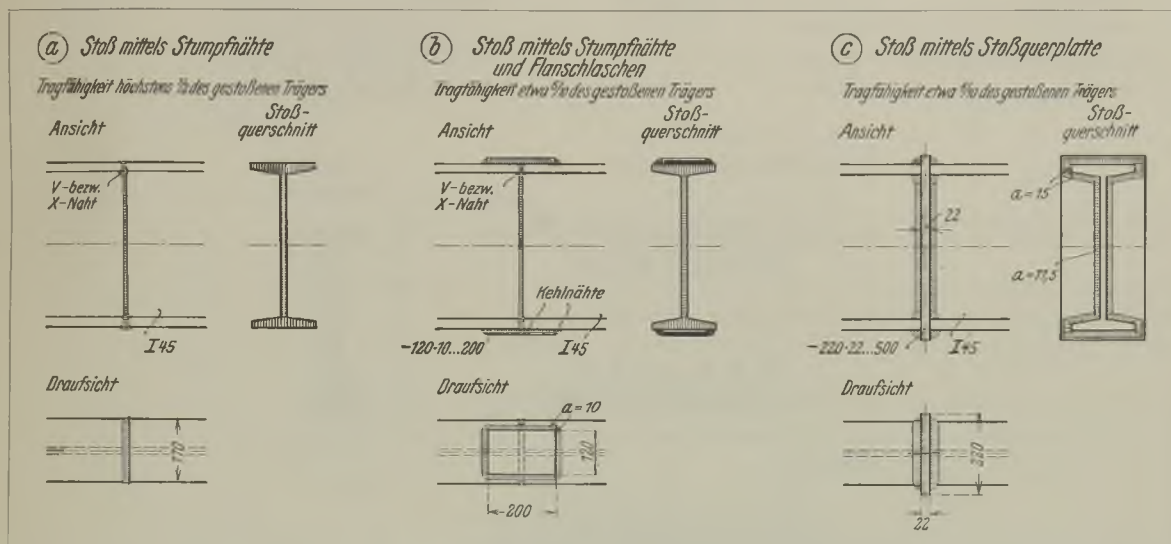


Abb. 70. Verschiedene Stoßausführungen, bei denen die Träger nicht vollausgenutzt werden können.

Zugzone mit  $0,6 \sigma_{zul}$  und in der Druckzone mit  $0,75 \sigma_{zul}$  festgesetzt. Da aber an der Stoßstelle im allgemeinen außer dem Biegemoment auch noch eine Querkraft zur Wirkung kommt, so dürfen leider die günstigen zulässigen Biegespannungen der Rechnung nicht zugrunde gelegt werden: Bei Stumpfnahbeanspruchung auf Biegung und Abscheren darf nur mit einer Spannung von  $0,5 \sigma_{zul}$  gerechnet werden. Eine Erhöhung der Tragfähigkeit eines Stumpfstoßes kann man mit einer Verbreiterung der Trägerflansche, die durch dreieckförmige Bleche hergestellt wird, erzielen (vgl. Abb. 73).

Die Abb. 70b zeigt eine Stoßausführung, bei dem die Verbindung durch eine vollständige Stumpfnah und durch Flansclaschen hergestellt ist. Damit aber die Beanspruchung des Stoßquerschnittes möglichst verhältnismäßig der Trägerbeanspruchung angepaßt wird, so sollte hier das Stoßmoment nicht größer als etwa das 0,6fache des Größtmomentes betragen. Da bei dieser Stoßanordnung Stumpf- und Kehlnähte zusammenwirken, so ist auch bei den Stumpfnähten nur die für Kehlnähte zulässige Spannung  $\sigma_{zul} = 0,5 \sigma_{zul}$  erlaubt.

Die Abb. 70c stellt eine Stoßverbindung mit Hilfe einer Stoßquerplatte dar. Da die Schweißnaht-

Stelle liegen, an der das Träger-Größtmoment auftritt.

Bei der Ausführung nach Abb. 71a ist der Träger nur mit Flansch- und Stegblechen gedeckt (also ohne Stumpfnähte). Diese Anordnung ist ohne weiteres zulässig, jedoch durch den größeren Materialverbrauch gegenüber der Ausführung nach Abb. 71b, bei der außer der Laschenverbindung auch eine vollständige Stumpfnah vorgesehen ist, recht unwirtschaftlich.

Abb. 71c zeigt noch zum Vergleich die Normalausführung eines genieteten Stoßes; zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, daß die Tragfähigkeit des Trägers und die des genieteten Stoßes infolge der Schwächung durch die Nietlöcher etwa 24,5 % geringer als die der geschweißten Stöße ist.

Die Stoßausführungen nach Abb. 71a und c sind etwa 4mal schwerer als die in Abb. 71b dargestellte Ausführung!

Bei stumpf zusammengeschweißten Trägern müßten eigentlich an den Flanschenden Kraterabzüge berücksichtigt werden. Da aber die für Stumpfschweißungen vorgesehenen höheren zulässigen Spannungen meistens nicht ausgenutzt werden können, sei es nun dadurch, daß gleichzeitig eine Querkraft



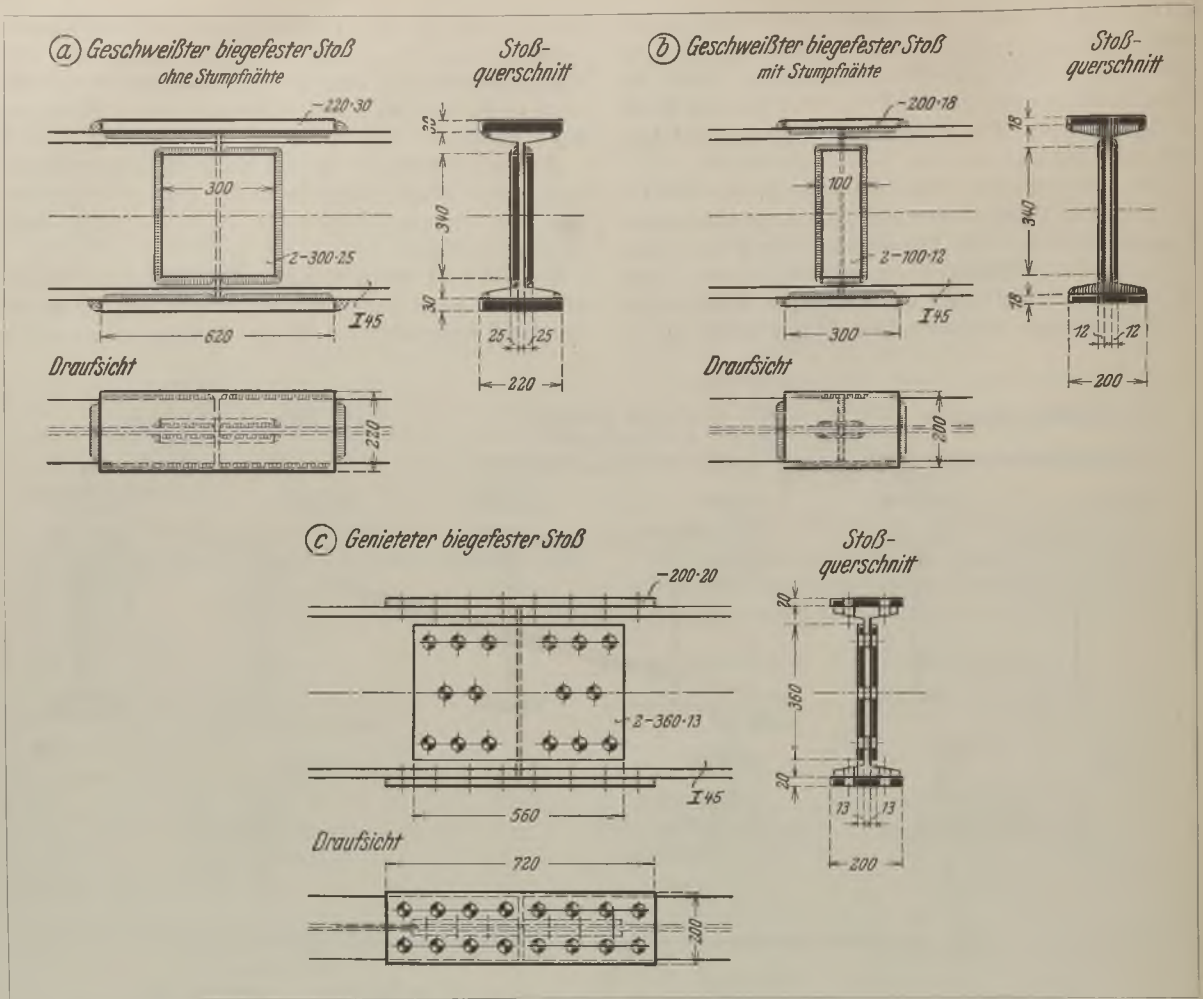


Abb. 71. Gegenüberstellung verschiedener biegeester Stöße eines I 45.

| Stoß „a“     |          | Gewichtsvergleich: |         | Stoß „c“ |         |
|--------------|----------|--------------------|---------|----------|---------|
| Laschen      | 99,6 kg  | Laschen            | 25,1 kg | Laschen  | 86,4 kg |
| Schweißstoff | 6,8 „    | Schweißstoff       | 3,8 „   | Niete    | 13,5 „  |
|              | 106,4 kg |                    | 28,9 kg |          | 99,9 kg |

Die Tragfähigkeit des genieteten Trägers ist infolge der Schwächung durch die Nietlöcher etwa 24,5% geringer als die der geschweißten Stöße.

wirkt oder aber außer der Stumpfnah noch eine Laschendeckung mit Kehlnahtanschluß vorhanden ist, so darf man wohl im allgemeinen als Schweißquerschnitt den gesamten Trägerquerschnitt annehmen; und so mehr, wenn die Flanschstumpfschweißungen an den Enden etwas nietförmig abgerundet werden (vgl. Abb. 112). Sind jedoch die Voraussetzungen derart, daß mit den höheren zulässigen Stumpfnahspannungen von 0,6 bzw. 0,75  $\sigma_{zul}$  gerechnet werden darf, dann werden besser Endkraterabzüge berücksichtigt. Hierfür rechnet man an jedem Trägerende etwa einen Flächenabzug von  $n^2$ ;  $n$  ist die an der Außenkante des Flansches gemessene Höhe ohne Berücksichtigung der Flanschabrundung. Bei starken I P-Flanschen kann man sich auch mit einem geringeren Abzug begnügen.

b) Erstes Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Für den in Abb. 72 dargestellten Stumpfnahstoß eines I 40 ist Schweißverbindung nachzuweisen. Die Stoßverbindung ist im Bereich der Flansche durch eine X-Naht und im Bereiche des Steges durch eine V-Naht besorgt. Die für die Untersuchung in Betracht kommenden Werte sind aus der Abbildung zu ersehen.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

β) Untersuchung der Schweißverbindung.

Da der zu stoßende Träger I 40 durch die Stumpfnähte voll ersetzt wird, ergibt sich einfach die Fläche und das Widerstandsmoment der Schweißnähte genau wie bei dem Träger I 40:

$$F_{schw} = 118 \text{ cm}^2; \quad W_{schw} = 1460 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:  
 das Biegemoment  $M = 970 \text{ cmt}$ ,  
 die Querkraft  $Q = 25,0 \text{ t}$ .

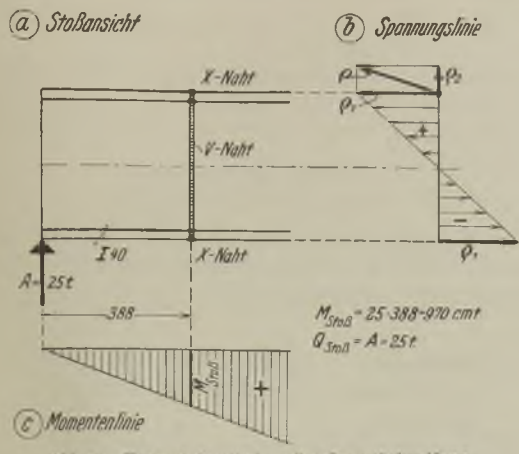


Abb. 72. Trägerstoß mittels voller Stumpfschweißung.

Spannungen aus dem Moment und der Querkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{970}{1460} = 0,664 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{Schw}} = \frac{25,0}{118} = 0,212 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,664^2 + 0,212^2} = 0,7 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Über die Nichtberücksichtigung von Endkratern vergleiche die im vorangehenden Teil a) gemachten Angaben.

Obwohl die zulässige Gesamtspannung die Hälfte der zulässigen Trägerbeanspruchung beträgt, kann doch durch die Berücksichtigung der Querkraft, die ja bei der Trägerberechnung selten in Betracht kommt, nicht ganz die Hälfte des vom Träger aufzunehmenden größten Biegemomentes übertragen werden:

Größtmöglichstes Moment für den I 40-Träger:

$$\max M_I = W_I \sigma_{zul} = 1460 \cdot 1,4 = 2044 \text{ cmt};$$

größtmöglichstes Moment für die Schweißverbindung bei Berücksichtigung einer Querkraft von 25 t:

$$\max M_{Schw} = 970 \text{ cmt},$$

mithin nur  $0,475 \max M_I$ .

Die Tragfähigkeit einer Stumpfnahtschweißung kann durch eine Flanschverbreiterung gemäß Abb. 73 erhöht werden. Die Verbreiterungsbleche sind mit der auf sie entfallenden Kraft auf Biegung und Ab-

scheren an die Trägerflanschenden anzuschließen. Natürlich kann auch die zusätzliche Stoßverbindung unmittelbar als Stoßlasche, also ohne Trennung, angeordnet werden. In diesem Fall ist der Schweißanschluß nur auf Abscheren zu berechnen; die Lasche dagegen erhält zu der Normalkraft auch noch ein Biegemoment, das durch den außermittigen Kraftangriff hervorgerufen ist. Die Berechnung erfolgt hierfür sinngemäß zu Teil C, 1, b.

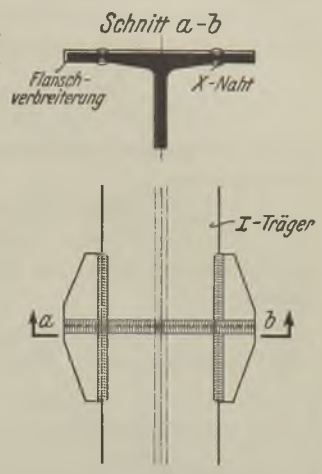


Abb. 73. Erhöhung des Stoßquerschnittes durch eine Flanschverbreiterung.

c) Zweites Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Der gemäß Abb. 74e belastete Träger I 45 soll in 1,05 m Entfernung vom Auflager A gestoßen werden. Die für die Stoßuntersuchung benötigten Werte sind aus der Abb. 74 ersichtlich.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

β) Bestimmung des Stoßquerschnittes.

An der Stoßstelle beträgt das Biegemoment

$$M_{StoB} = 16,6 \cdot 105 = 1743 \text{ cmt},$$

und die Querkraft  $Q = A = 16,6 \text{ t}$ .

Vorhanden ist der in Abb. b dargestellte Stoßquerschnitt, bestehend aus der vollen Stumpfschweißung des Trägers, und da diese allein nicht ausreicht, auch noch aus einer oberen und unteren Flanschlasche 120 · 10.

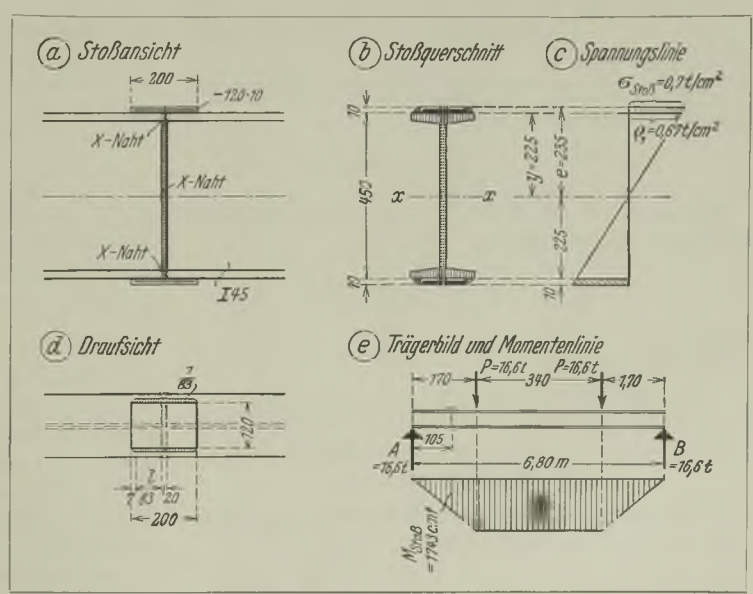


Abb. 74. Trägerstoß mittels voller Stumpfschweißung und Flanschlaschen.



Das vorhandene Trägheitsmoment der Stoßdeckung  
 $J_{\text{Stoß}} = J_{\mathbf{I}} + J_{\text{Laschen}} = 45850 + 12,0 (47,0^3 - 45,0^3) \frac{1}{12}$   
 $= 45850 + 12698 = 58548 \text{ cm}^2$ ,  
 das vorhandene Widerstandsmoment der Stoßdeckung

$$W_{\text{Stoß}} = \frac{J_{\text{Stoß}}}{e} = \frac{58548}{23,5} = 2491 \text{ cm}^3$$

und die vorhandene größte Biegespannung des Stoßquerschnittes

$$\sigma_{\text{Stoß}} = \frac{M_{\text{Stoß}}}{W_{\text{Stoß}}} = \frac{1743}{2491} = 0,7 \text{ t/cm}^2$$

$\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ , da ja die äußerste Faser aus Stahl besteht.

Vorhanden sind zwei Kehlnähte;

$$l_{\text{min}} = 10 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 7 \text{ mm}.$$

$$l_{\text{erf}} = \frac{P_L}{2 a \rho} = \frac{8,1}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,7} = 8,3 \text{ cm}.$$

Die im Bereich der Stumpfnah liegenden Kehlnähte, die für eine Kraftübertragung nicht mitgerechnet werden dürfen, können auch weggelassen werden.

d) Drittes Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Der Stoßquerschnitt eines IP 55 soll so bestimmt werden, daß er das für den Träger mögliche maximale Biegemoment aufnehmen kann. Die Querkraft soll

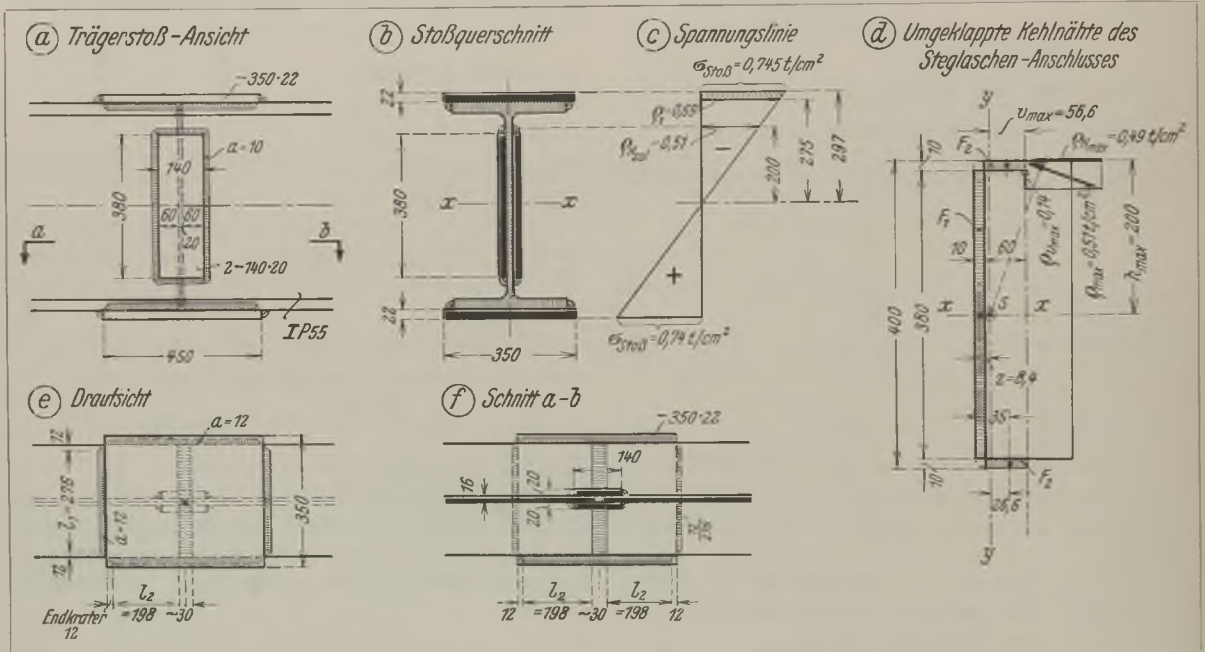


Abb. 75. Biegeester Stoß eines IP 55 mittels voller Stumpfschweißung, Flansch- und Steg laschen.

γ) Größte Spannung der Stumpfschweißung.  
 Spannung aus dem Moment:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_{\text{Stoß}} \gamma}{e} = \frac{0,7 \cdot 22,5}{23,5} = 0,67 \text{ t/cm}^2$$

Spannung aus der Querkraft, die die Stumpfnähte allein aufnehmen müssen:

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{16,6}{147} = 0,113 \text{ t/cm}^2$$

hierin ist  $F_{\text{Schw}} = F_{\mathbf{I}}$ .

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,67^2 + 0,113^2} = 0,68 \text{ t/cm}^2$$

δ) Bestimmung der Kehlnähte zum Anschluß der Flanschaschen.

Die Flanschasche bzw. die Flankenkehlnähte haben folgende Kraft zu übertragen (vgl. Abb. c):

$$P_L = F_L \frac{\sigma_{\text{Stoß}} + \sigma_1}{2} = 1,0 \cdot 12,0 \frac{0,7 + 0,67}{2} = 8,1 \text{ t}.$$

zu Null angenommen werden. Alle Werte, Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abb. 75 hervor.  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

β) Das größte Biegemoment.

Der zu stoßende Breitflanschträger IP 55 hat ein Widerstandsmoment  $W = 5100 \text{ cm}^3$ ; da die zulässige Beanspruchung  $1,4 \text{ t/cm}^2$  beträgt, so ist

$$M_{\text{Stoß}} = \max M = W \sigma_{\text{zul}} = 5100 \cdot 1,4 = 7140 \text{ cmt}.$$

γ) Bestimmung des Stoßquerschnittes.

Vorhanden ist der in Abb. b dargestellte Stoßquerschnitt, bestehend aus dem vollen Ersatz des Trägers durch Stumpfnähte, einer oberen und unteren Flanschasche 350 · 22 und zwei Steg laschen 380 · 20. Die Schwerlinie des Stoßquerschnittes liegt auf Trägermitte und kommt daher zur Deckung mit der Träger schwerlinie.

Der Stoßquerschnitt ist möglichst im Verhältnis zum Trägerquerschnitt anzuordnen: Die Flansch-



kräfte gehen durch die Flanschverbindung und die Stegkräfte durch die Stegverbindung.

Das vorhandene Trägheitsmoment ist

$$\text{für die Stumpfschweißung} = J_{\text{I P}} = 140300 \text{ cm}^4$$

$$\text{für die Flanschaschen} = 35,0(59,4^3 - 55,0^3) \frac{1}{12} = 126028 \text{ ,,}$$

$$\text{für die Stegglaschen} = 2 \frac{2,0 \cdot 38,0^3}{12} = 18292 \text{ ,,}$$

$$J_{\text{Stoß}} = 284620 \text{ cm}^4$$

Das vorhandene Widerstandsmoment des Stoßquerschnittes

$$W_{\text{Stoß}} = \frac{J_{\text{Stoß}}}{e} = \frac{284620}{29,7} = 9583 \text{ cm}^3.$$

Die vorhandene größte Biegebeanspruchung des Stoßquerschnittes

$$\sigma_{\text{Stoß}} = \frac{M_{\text{Stoß}}}{W_{\text{Stoß}}} = \frac{7140}{9583} = 0,745 \text{ t/cm}^2;$$

$\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ , da ja die auf die äußerste Stoßquerschnitts-Faser berechnete Beanspruchung  $\sigma_{\text{Stoß}}$  eine Stahlasche betrifft.

δ) Größte Spannung der Stumpfnähte.

$$\varrho = \frac{\sigma_{\text{Stoß}} \gamma}{e} = \frac{0,745 \cdot 27,5}{29,7} = 0,69 \text{ t/cm}^2.$$

Da bei dem Trägerstoß Stumpf- und Kehlnähte zusammenwirken, so ist auch bei den Stumpfnähten nur die für die Kehlnähte zulässige Spannung  $\varrho = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2$  anzunehmen.

ε) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Flanschaschen.

Die Flanschasche bzw. die Kehlnähte haben folgende Kraft zu übertragen (vgl. Abb. c):

$$P_L = F_L \frac{\varrho_{\text{Stoß}} + \varrho_1}{2} = 2,2 \cdot 35,0 \frac{0,745 + 0,69}{2} = 55,2 \text{ t.}$$

Vorhanden sind zwei Flanken- und eine Stirnnaht.

$$l_{\text{min}} = 22 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 22 = 15,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 12 \text{ mm.}$$

Erforderlicher Schweißquerschnitt:

$$F_{\text{erf Schw}} = \frac{P_L}{\varrho_{\text{zul}}} = \frac{55,2}{0,7} = 79,0 \text{ cm}^2.$$

Stirnnaht:

$$l_{1\text{vorh}} = 30,0 - 2a = 30,0 - 2 \cdot 1,2 = 27,6 \text{ cm,}$$

Kehlnähte:

$$l_{2\text{erf}} = \frac{P_L - a_1 l_1 \varrho_{\text{zul}}}{2 a_2 \varrho_{\text{zul}}}$$

$$= \frac{55,2 - 1,2 \cdot 27,6 \cdot 0,7}{2 \cdot 1,2 \cdot 0,7} = 19,6 \text{ cm,}$$

$$l_{2\text{vorh}} = 19,8 \text{ cm.}$$

Berücksichtigt man für die Flanschstumpfnäht eine Länge von 30 mm, dann wird die gesamte Laschenlänge:

$$2l_{2\text{vorh}} + 2a + 3,0 = 2 \cdot 19,8 + 2 \cdot 1,2 + 3,0 = 45,0 \text{ cm.}$$

ζ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Stegglaschen.

Von dem an der Stoßstelle auftretenden Moment muß die Stegverbindung folgenden Anteil aufnehmen:

$$M_s = M_{\text{Stoß}} \frac{J_s}{J_{\text{Stoß}}},$$

hierin bedeutet

$J_s$  das Trägheitsmoment der Stegglaschen,  
 $J_{\text{Stoß}}$  das Trägheitsmoment des gesamten Stoßquerschnittes.

Im Beispiel ist nach Vorgehendem:

$$M_{\text{Stoß}} = 7140 \text{ cmt}; \quad J_{\text{Stoß}} = 284620 \text{ cm}^4;$$

$$J_s = 18292 \text{ cm}^4;$$

mithin wird:

$$M_s = 7140 \frac{18292}{284620} = 458 \text{ cmt.}$$

$$t_{\text{min}} = 16 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 16 = 11,3 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10 \text{ mm.}$$

In Abb. d sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche

$$2F_1 = 2 \cdot 1,0 \cdot 38,0 = 76,0 \text{ cm}^2$$

$$4F_2 = 4 \cdot 1,0 \cdot 6,0 = 24,0 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 100,0 \text{ cm}^2.$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_1$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{24,0 \cdot 3,5}{100,0} = 0,84 \text{ cm.}$$

Das polare Trägheitsmoment (vgl. die Betrachtungen zu diesem Beispiel):

$$J_p = J_x + J_y,$$

$$J_x = 2 \frac{1,0 \cdot 38,0^3}{12} + 2 \cdot 6,0(40,0^3 - 38,0^3) \frac{1}{12} = 18274 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 76,0 \cdot 0,84^2 + 4 \frac{1,0 \cdot 6,0^3}{12} + 24,0 \cdot 2,66^2 = 296 \text{ ,,}$$

$$J_p = 18570 \text{ cm}^4$$

Die größte Beanspruchung erhält die am weitesten vom Schwerpunkt entfernt liegende Faser der Schweißfläche:

$$\varrho_{H_{\text{max}}} = M_s \frac{h_{\text{max}}}{J_p} = 458 \frac{20,0}{18570} = 0,49 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_{V_{\text{max}}} = M_s \frac{v_{\text{max}}}{J_p} = 458 \frac{5,66}{18570} = 0,14 \text{ t/cm}^2;$$

Größte Gesamtspannung:

$$\varrho_{\text{max}} = \sqrt{\varrho_{H_{\text{max}}}^2 + \varrho_{V_{\text{max}}}^2} = \sqrt{0,49^2 + 0,14^2} = 0,51 \text{ t/cm}^2.$$

Die Spannung  $\varrho_{H_{\text{max}}}$  soll nicht mehr als die in der gleichen Höhe auftretende größte Stumpfnähtspannung betragen:

$$\varrho_{H_{\text{zul}}} = 0,7 \frac{20,0}{27,5} = 0,51 \text{ t/cm}^2,$$

hierin ist

$$0,7 = \varrho_{\text{zul}},$$

20,0 ist der lotrechte Abstand der äußersten Faser der Stegglasenschweißnähte von der Nulllinie,

27,5 ist der lotrechte Abstand der äußersten Randfaser der Stumpfschweißung von der Nulllinie, also gleich  $\frac{1}{2}$  der Trägerhöhe.

η) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Bei Bestimmung des Anschlusses der Steglaschen ist das genaue Verfahren mit dem polaren Trägheitsmoment angewendet. Das Entstehen des polaren Trägheitsmomentes soll nachstehend kurz angegeben werden.

Das Trägheitsmoment einer geometrischen ebenen Fläche in bezug auf eine Achse  $x-x$  bezeichnet man als äquatoriales oder axiales Trägheitsmoment. Es wird dargestellt durch den Ausdruck

$$J_x = \sum f y^2,$$

hierin ist  $f$  ein beliebiges Flächenteilchen und  $y$  sein Abstand von der Achse  $x-x$  (Abb. 76a).

Das Trägheitsmoment einer geometrischen ebenen Fläche in bezug auf einen Punkt  $O$  der Ebene nennt man polares Trägheitsmoment. Es wird dargestellt durch den Ausdruck

$$J_p = \sum f r^2,$$

hierin ist  $f$  wieder ein beliebiges Flächenteilchen und  $r$  sein Abstand von dem Punkte  $O$  (Abb. 76b).



Abb. 76. Zur Bestimmung des polaren Trägheitsmomentes.  
 $J_x = \sum f y^2$ ;  $J_y = \sum f y_y^2$ ;  $J_p = \sum f r^2$ ;  
 womit  $J_p = J_x + J_y$  wird.

Legt man nun durch den Punkt  $O$  zwei rechtwinklig zueinander liegende Achsen, z. B. eine waagerechte Achse  $x-x$  und eine lotrechte Achse  $y-y$  (Abb. 76c), dann ist das polare Trägheitsmoment in bezug auf den Achsen Schnittpunkt  $O$ :

$$J_p = J_x + J_y,$$

denn  $\sum f r^2 = \sum f y_x^2 + \sum f y_y^2,$

und  $r^2 = y_x^2 + y_y^2.$

Im vorliegenden Beispiel ist die Stoßlasche verhältnismäßig schmal, so daß es genügen würde, anstatt mit dem polaren Trägheitsmoment  $J_p$  einfach nur mit dem axialen Trägheitsmoment  $J_x$  zu rechnen. Danach würde die größte Spannung aus dem Moment  $M_z$ :

$$\sigma_H = M_z \frac{h_{\max}}{J_x} = 458 \frac{20,0}{18274} = 0,50 \text{ t/cm}^2,$$

mithin nur geringfügig mehr als bei dem genauen Verfahren.

Bei der Untersuchung der Kehlnähte zum Anschluß der Flanschaschen sind diese nur auf Abscheren berechnet. Streng genommen werden die Kehlnähte

außerdem noch durch den außermittigen Kraftangriff auf Biegung beansprucht. Im vorliegenden Fall erhalten z. B. die Flankenkehlnähte (Abb. 77) eine Scherkraft

$$P_{Fl} = P_L \frac{2l_2}{\sum l} = 55,2 \frac{2 \cdot 19,8}{2 \cdot 19,8 + 27,6} = 32,6 \text{ t}$$

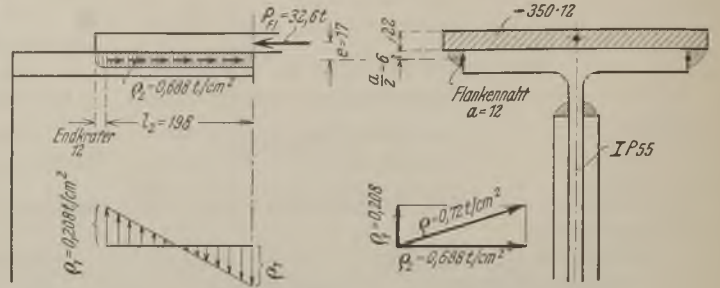


Abb. 77. Laschenanschluß mit Berücksichtigung des außermittigen Kraftangriffes (wird im Hochbau vernachlässigt).

und ein Biegemoment

$$M_{Fl} = P_{Fl} e = 32,6 \cdot 1,7 = 55,4 \text{ cmt.}$$

Klappt man die Kehlnähte in die Anschlußebene um, dann wird

$$F_{Fl} = 2 a l_2 = 2 \cdot 1,2 \cdot 19,8 = 47,5 \text{ cm}^2,$$

$$W_{Fl} = 2 \frac{a l_2^2}{6} = 2 \frac{1,2 \cdot 19,8^2}{6} = 157 \text{ cm}^3.$$

Spannungen aus dem Moment und der Scherkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M_{Fl}}{W_{Fl}} = \frac{32,6}{157} = 0,208 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{P_{Fl}}{F_{Fl}} = \frac{32,6}{47,5} = 0,688 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,208^2 + 0,688^2} = 0,72 \text{ t/cm}^2,$$

also nicht viel über die zulässige Spannung von  $\sigma_{zul} = 0,7 \text{ t/cm}^2$ .

Im allgemeinen darf im Hochbau bei Stab- und Laschenanschlüssen das infolge des außermittigen Kraftangriffes auftretende Biegemoment vernachlässigt werden.

Im Beispiel ist eine Anordnung von Schlitznähten nicht erforderlich, da bei den Flanschaschen und auch bei den Steglaschen das Verhältnis  $\frac{\text{Breite } b}{\text{Dicke } t} \leq 30$  ist.

Abb. 78 zeigt noch eine andere Anordnung der Steglaschen. Da hier nur lotrechte Kehlnähte vorhanden sind, können die Laschen nach oben und unten hin bis zum Beginn der Flanschausrundung verlängert werden. Waagerechte Kehlnähte können in diesem Fall wegen schlechter Zugänglichkeit

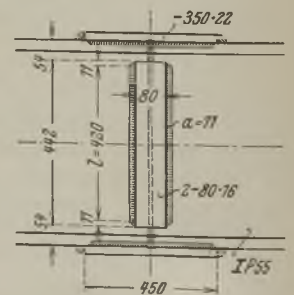


Abb. 78. Stegstoßlaschen mit nur lotrechten Kehlnähten (unzulänglich).

nicht vorgesehen werden. Die zulässige Kehlnähtdicke ist  $0,707 \cdot 16 \approx 11$  mm. Das Widerstandsmoment der beiden in die Anschlußebebene umgeklappten Schweißnähte:

$$W_{Schw} = 2 \frac{1,1 \cdot 42,0^2}{6} = 646 \text{ cm}^3;$$

$$\sigma_{H_{max}} = \frac{M_s}{W_{Schw}} = \frac{458}{646} = 0,71 \text{ t/cm}^2;$$

$$\sigma_{\sigma_{zul}} = 0,7 \frac{21,0}{27,5} = 0,534 \text{ t/cm}^2.$$

Die Ausführung ohne waagerechte Kehlnähte ist also nicht ausreichend. Aber abgesehen davon ist es viel sicherer, die Steglaschen ringsherum anzuschweißen, so daß die Schweißnaht überall geschlossen ist.

e) Viertes Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Das vorangehend durchgerechnete Beispiel soll nunmehr auch mit Innenflanschaschen untersucht wer-

β) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Innenlaschen.

Vorhanden eine Flanken- und eine Stirnnaht. Eine Innenlasche bzw. die zum Anschluß derselben vorhandenen Kehlnähte haben folgende Kraft zu übertragen (Abb. c):

$$P_i = F_i \sigma_m = 1,6 \cdot 10,0 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ t.}$$

$$t_{min} = 16 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 16 = 11,3 \text{ mm};$$

$$a_{vorh} = 10 \text{ mm.}$$

In der Abb. e sind die Dicken  $a$  der Schweißnähte in die Anschlußebebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$F_1 = 1,0 \cdot 18,5 = 18,5 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = 1,0 \cdot 9,0 = 9,0 \text{ ,,}$$

$$F_{Schw} = 27,5 \text{ cm}^2$$

Schwerpunktsabstand  $z_x$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_1$ :

$$z_x = \frac{\Sigma F y_x}{F_{Schw}} = \frac{9,0 \cdot 5,0}{27,5} = \approx 1,6 \text{ cm.}$$

Schwerpunktsabstand  $z_y$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_2$ :

$$z_y = \frac{\Sigma F y_y}{F_{Schw}} = \frac{18,5 \cdot 9,75}{27,5} = \approx 6,6 \text{ cm,}$$

Das polare Trägheitsmoment (vgl. Teil 7, e, η):

$$J_p = J_x + J_y$$

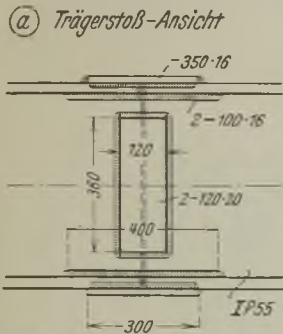
$$J_x = 18,5 \cdot 1,6^2 + \frac{1,0 \cdot 9,0^3}{12} + 9,0 \cdot 3,4^2 = 207 \text{ cm}^4$$

$$J_y = \frac{1,0 \cdot 18,5^3}{12} + 18,5 \cdot 3,15^2 + 9,0 \cdot 6,6^2 = 1103 \text{ ,,}$$

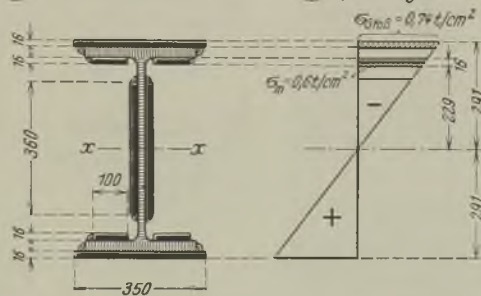
$$J_p = 1310 \text{ cm}^4.$$

Das von der winkelförmigen Schweißverbindung aufzunehmende Biegemoment beträgt alsdann (vgl. Abb. e):

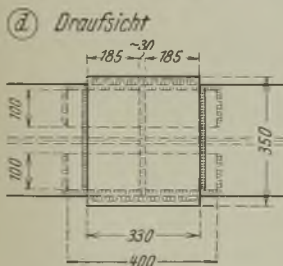
$$M = P_i \cdot e = 9,6 \cdot 3,9 = 37,44 \text{ cmt.}$$



(b) Stoßquerschnitt



(c) Spannungslinie



(e) Umgeklappte Kehlnähte des Innenflanschaschen-Anchlusses

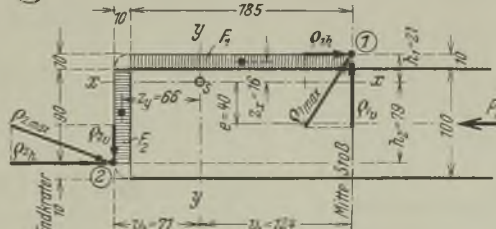


Abb. 79. Biegeester Stoß eines IP 55 mittels voller Stumpfschweißung, Außen- und Innenflanschaschen, sowie Steglaschen.

den. Die Anordnung der Doppel-Flanschaschen verfolgt den Zweck, die Laschendicken in gewissen Grenzen zu halten. Die Ausführung zeigt die Abb. 79. Zu beachten ist, daß die Innenflanschaschen nur an drei Seiten angeschlossen werden können; die Kehlnähte haben dadurch außer der auf sie entfallenden Scherkraft noch ein Biegemoment auszuhalten. Die Bestimmung des Stoßquerschnittes und der Schweißnähte für die Außenflansch- und Steglaschen bietet nichts Neues; nachstehend ist daher nur die Festigkeit des Anschlusses der Innenlaschen nachgewiesen. Der erforderliche Stoßquerschnitt und die Spannungslinie ist aus der Abb. 79 ersichtlich.

Die größte Beanspruchung erhält entweder die Eckfaser 1 oder die Eckfaser 2. Die Lasche am oberen Flansch ist auf Druck und die am unteren Flansch auf Zug beansprucht. Zur Untersuchung kommt zunächst die Innenlasche am oberen Flansch:

Eckfaser 1:

$$e_{1_k} = M \frac{h_1}{J_p} - \frac{P_i}{F_{Schw}} = 37,44 \frac{2,1}{1310} - \frac{9,6}{27,5} = 0,060 - 0,349 = 0,289 \text{ t/cm}^2$$

$$e_{1_v} = M \frac{v_1}{J_p} = 37,44 \frac{12,4}{1310} = 0,356 \text{ t/cm}^2$$

$$e_{1_{max}} = \sqrt{e_{1_k}^2 + e_{1_v}^2} = \sqrt{0,289^2 + 0,356^2} = 0,458 \text{ t/cm}^2$$



Eckfaser 2:

$$\sigma_{2h} = M \frac{h_2}{J_p} + \frac{P_i}{F_{Schw}} = 37,44 \frac{7,9}{1310} + \frac{9,6}{27,5} = 0,228 + 0,349 = 0,577 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{2v} = M \frac{v_2}{J_p} = 37,44 \frac{7,1}{1310} = 0,205 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{2max} = \sqrt{\sigma_{2h}^2 + \sigma_{2v}^2} = \sqrt{0,577^2 + 0,205^2} = 0,61 \text{ t/cm}^2.$$

Die vorhandenen Spannungen bleiben in den zulässigen Grenzen; auch die größte längsgerichtete Spannung  $\sigma_{2h} = 0,577 \text{ t/cm}^2$  übersteigt nicht die betreffende mittlere Laschenbeanspruchung  $\sigma_m = 0,6 \text{ t/cm}^2$ .

Bei der Eckfaser 1 wirkt die Spannung  $P_i/F_{Schw}$  der Spannung  $M h_1/J_p$  entgegen; bei der Eckfaser 2 dagegen addieren sich die beiden Werte mit gleichen Vorzeichen (vgl. Abb. 79e).

Bei der Untersuchung des Anschlusses der Innenflanschlasche am unteren Trägerflansch ergeben sich die gleichen Ergebnisse, jedoch mit umgekehrter Pfeilrichtung.

f) Die Dresdener Versuche der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und des Deutschen Stahlbau-Verbandes mit geschweißten biegebeanspruchten Trägerstößen.

α) Allgemeines.

Aus einer größeren Reihe von Versuchen sind die beiden nachstehend besprochenen Versuchskörper als hauptsächlichste herausgenommen (vgl. „Der Stahlbau“ 1931, Heft 12).

β) Versuchsträger nach Abb. 80.

Der Versuchsträger nach Abb. 80 ist in der Mitte stumpf zusammengeschweißt: in den Flanschen durch V-Nähte und im Steg durch eine X-Naht.

Biegemoment:

$$M = \frac{Pl}{4} = \frac{P \cdot 200}{4} = 50 P,$$

Querkraft:

$$Q = \frac{P}{2}.$$

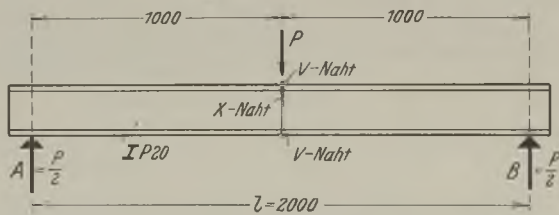


Abb. 80. Stoßverbindung mittels Stumpfschweißung. (Dresdener Versuch IVa.)

Die Fläche und das Widerstandsmoment der Schweißnähte ist genau wie bei dem gestoßenen Träger IP 20:

$$F_{Schw} = 82,7 \text{ cm}^2; \quad W_{Schw} = 595 \text{ cm}^3.$$

Spannung aus dem Moment und der Querkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{50P}{595} = 0,084 P,$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{Schw}} = \frac{P}{2 \cdot 82,7} = 0,006 P.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = P\sqrt{0,084^2 + 0,006^2} = 0,0842 P.$$

Mit einer zulässigen Spannung  $\sigma = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ t/cm}^2$  wird

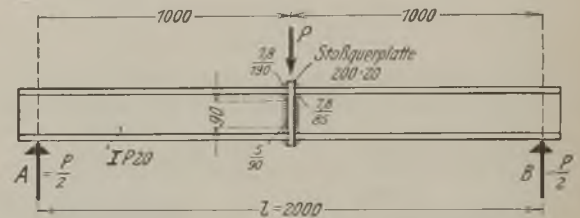
$$P_{zul} = \frac{\sigma_{zul}}{0,0842} = \frac{0,6}{0,0842} = 7,13 \text{ t}.$$

Bei dem Versuch trat der Bruch bei einer Belastung  $P_B = 38,4 \text{ t}$  ein; der Sicherheitsgrad beträgt daher

$$v = \frac{P_B}{P_{zul}} = \frac{38,3}{7,13} = 5,4 \text{ fach}.$$

Der ungestoßene Träger IP 20 würde bei einer Bruchspannung  $\sigma_B = 3,7 \text{ t/cm}^2$  folgende größte Last

(a) Trägeransicht



(b) Stoßquerschnitt

Die Dicken  $a$  sind in die Anschlußebene umgeklappt

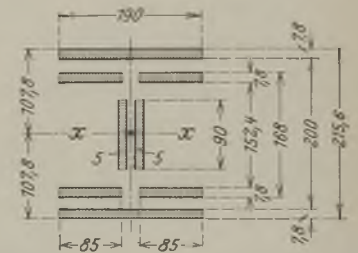


Abb. 81. Stoßverbindung mit Stoßquerplatte und Kehlnähten. (Dresdener Versuch IVb<sub>1</sub>.)

in Trägermitte zu tragen imstande sein:

$$P_{BI} = \frac{\sigma_B \cdot W_I}{50} = \frac{3,7 \cdot 595}{50} = 44 \text{ t}.$$

Die Stumpfschweißverbindung, die 38,3 t ausgehalten hat, ist demnach nur 13% weniger tragfähig als der Träger IP 20, so daß die Berechnungsweise der Vorschriften wirklich ausreichende Sicherheit bietet.

γ) Versuchsträger nach Abb. 81.

Der Versuchskörper nach Abb. 81 ist in der Mitte mit Hilfe einer Stoßquerplatte durch Kehlnähte verschweißt.

Biegemoment:

$$M = \frac{Pl}{4} = \frac{P \cdot 200}{4} = 50 P,$$

Querkraft:

$$Q = \frac{P}{2}.$$

In Abb. 81b sind die Dicken  $a$  der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

$$F_{\text{Schw}} = (2 \cdot 19,0 + 4 \cdot 8,5) 0,78 + 2 \cdot 0,5 \cdot 9,0 \\ = 65,2 \text{ cm}^2,$$

$$J_{\text{Schw}} = 19,0 (21,56^3 - 20,0^3) \frac{1}{12} \\ + 2 \cdot 8,5 (16,8^3 - 15,24^3) \frac{1}{12} + 2 \frac{0,5 \cdot 9,0^3}{12} \\ = 4962 \text{ cm}^4,$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{4962}{10,78} = 460 \text{ cm}^3.$$

Spannung aus dem Moment und der Querkraft:

$$\varrho_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{50P}{460} = 0,1087P,$$

$$\varrho_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{P}{2 \cdot 65,2} = 0,0077P.$$

Gesamtspannung:

$$\varrho = \sqrt{\varrho_1^2 + \varrho_2^2} = P\sqrt{0,1087^2 + 0,0077^2} = 0,109P.$$

Mit einer zulässigen Spannung  $\varrho = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ t/cm}^2$  wird

$$P_{\text{zul}} = \frac{\varrho_{\text{zul}}}{0,109} = \frac{0,6}{0,109} = 5,5 \text{ t}.$$

Bei dem Versuch trat der Bruch bei einer Belastung  $P_B = 33,4 \text{ t}$  ein; der Sicherheitsgrad beträgt daher:

$$\psi = \frac{P_B}{P_{\text{zul}}} = \frac{33,4}{5,5} = 6,1 \text{ fach.}$$

Der ungestoßene Träger IP 20 würde bei einer Bruchspannung  $\sigma_B = 3,7 \text{ t/cm}^2$  eine größte Last von  $P_{BT} = 44 \text{ t}$  aushalten können; die Bruchlast der Schweißverbindung ist demnach um 24% geringer als die des ungestoßenen Querschnittes.

Durch eine Verstärkung der Flanschnähte auf 9,7 mm Stärke könnte demnach die wirkliche Festigkeit der Schweißverbindung mit der des ungestoßenen Querschnittes in Übereinstimmung gebracht werden.

Die geringe zulässige Spannung ergibt jedoch bei derartigen Stößen keine Möglichkeit, den Träger voll zu stoßen. Der Stoß des Trägers müßte bei voller Ausnutzung des Trägers an eine Stelle gelegt werden, an der das Stoßmoment nur das 0,5- bis 0,6fache des Größtmomentes ist, oder aber, es müssen, wie in den vorangehenden Teilen angegeben, besondere Stoßdeckungen vorgesehen werden.

## 8. Berechnung und Ausführung der teilweise eingespannten Trägeranschlüsse.

Bei den teilweise eingespannten Trägern darf die Kopf-Zugplatte nicht angeschweißt werden, sie ist wie gewöhnlich mit einer entsprechenden Anzahl Schrauben zu befestigen. Regelausführungen sind in der Tafel 25 des Bandes II, 2. Teil zusammengestellt. Bei angeschweißter Kopf-Zugplatte würde sich der Anschluß mehr einer festen Einspannung nähern, so daß dann die Berechnungsgrundlage eine ganz andere wird.

Die Kräfte im Druckflansch werden durch Druckplatten unmittelbar übertragen. Die Träger sind winkelrecht und glatt zu schneiden oder zu fräsen.

Der Spielraum zwischen Trägerkante und Unterzugsteg, der etwa 10 mm beträgt, wird dann bei der Aufstellung durch festzukeilende Paßplatten von verschiedenen Dicken ausgefüllt. Die Paßplatten können durch Schweiß-Heftpunkte gehalten werden.

Am zweckmäßigsten werden bei dieser Trägerbauart sämtliche Träger, Deckenträger wie Unterzüge, gemäß Abb. 82a und b mit ihren Oberkanten bündig gelegt. Bei gleichhohen Deckenträgern bietet die Ausführung nichts Neues.

Bei ungleichen Trägerhöhen bis zu einem Höhenunterschied von 40 mm erfolgt der Anschluß nach Abb. 82a. Die in dem unteren Flansch des kleineren Trägers wirkende Druckkraft wird in die angeschweißten Platten gebracht; die Stärke der Platten ist so zu bemessen, daß Unterkante Platte gleich Unterkante des benachbarten Trägers wird. Die Anschlußkraft  $S_D$  der untersten Platte ist im Gegensatz zu der Kopfzugplatte nach dem vollen Flanschquerschnitt zu bestimmen:

$$S_D = b t \sigma_{\text{zul}},$$

hierin bedeutet

$b$  die Flanschbreite des Trägers,

$t$  die Flanschdicke des Trägers im Abstand  $b/4$ ,

$\sigma_{\text{zul}}$  die zulässige Beanspruchung des Trägers.

Ist, wie auch Abb. 82a veranschaulicht, noch eine zweite Ausgleichsplatte vorhanden, so muß diese treppenförmig herausgezogen werden und ebenfalls mit der Kraft  $S_D$  angeschlossen werden. Bei genauer Berechnung muß bei dem Anschluß der zweiten Platte das Moment  $S_D e$  berücksichtigt werden. Der Schweißanschluß kann entweder nur aus Flankennähten oder aber aus Flankennähten mit Stirnnaht bestehen. Die Berechnung der Schweißnähte erfolgt sinngemäß nach Teil d,  $\eta$  und Teil B, 2.

Bei ungleichen Trägerhöhen mit 50 mm und mehr Höhenunterschied kann der Anschluß nach Abb. 82b erfolgen. Die Druckkraft wird hier durch zwei konsolartige Querplatten in den größeren Deckenträger geleitet. Die an den Stirnenden gefrästen Querplatten stehen etwa 2 bis 5 mm über die Trägerkante hinaus. Der Schweißanschluß einer Querplatte hat außer der längs gerichteten  $1/2 S_D$  noch das Moment  $S_D e$  aufzunehmen. Die Berechnung erfolgt sinngemäß nach Teil C, 1, b.

In Abb. 82c und d sind teilweise eingespannte Trägeranschlüsse dargestellt, bei denen die ungleichhohen Deckenträger mit ihren Unterlagen bündig gelagert sind.

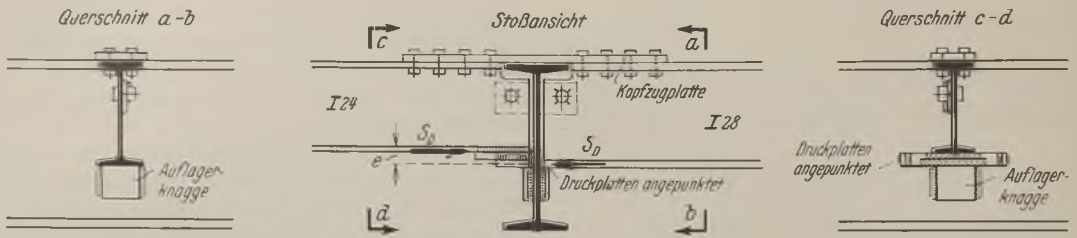
Bei Höhenunterschieden bis zu 40 mm gilt die Ausführung nach Abb. 82c und bei Höhenunterschieden von 50 mm und mehr die der Abb. 82d. Die Kraft  $S_Z$  wird aus dem Nutzquerschnitt des Trägerflansches ermittelt:

$$S_Z \cong (b - 2d) t \sigma_{\text{zul}},$$

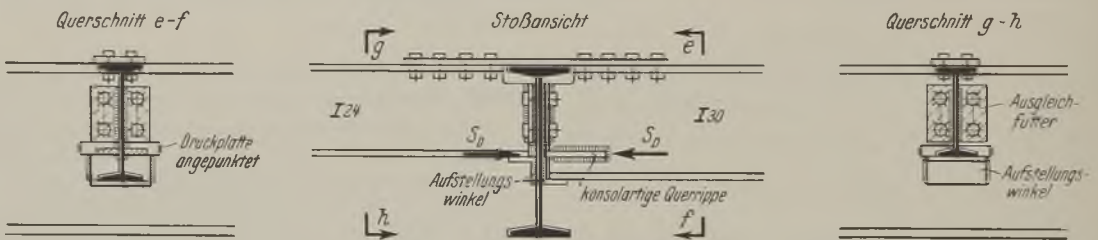
hierin ist

$b$  die Flanschbreite des kleineren anschließenden Trägers,

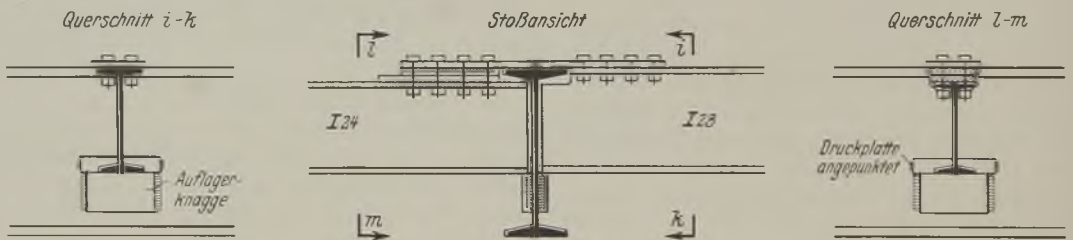
(a) Träger oben bündig; unten Höhenunterschiede bis 40 mm



(b) Träger oben bündig; unten Höhenunterschiede von 50 mm und mehr



(c) Träger unten bündig; oben Höhenunterschiede bis 40 mm



(d) Träger unten bündig; oben Höhenunterschiede von 50 mm und mehr

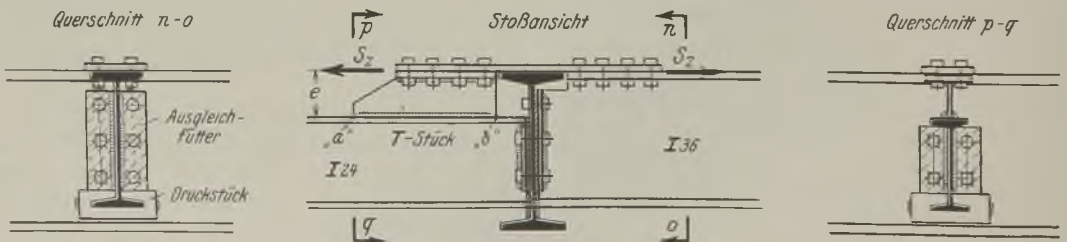


Abb. 82. Teilweise eingespannte Trägeranschlüsse mit oben bzw. unten bündiger Trägerlage.



$d$  der Schraubenlochdurchmesser,  
 $t$  die Flanschdicke,  
 $\sigma_{zul}$  die zulässige Trägerbeanspruchung.

Bei der Ausführung nach Abb. 82c müssen, damit Biegespannungen in den Schraubenbolzen vermieden werden, die Ausgleichplatten außer der Schraubenbefestigung noch durch leichte Schweißnähte gehalten werden; zweckmäßig wird die untere Platte an den Träger und die obere an die Kopfzugplatte angeschweißt.

Bei der Ausführung nach Abb. 82d sind zwecks Ausgleichs des Höhenunterschiedes zwei Platten T-förmig aneinander geschweißt. Die beiden oberen Kehlnähte haben die Kraft  $S_z$  auf Abscheren auszu-

**b) Erstes Zahlenbeispiel.**

$\alpha)$  Allgemeines.

Das in Abb. 83 dargestellte Bolzgelenk ist zu untersuchen. Doppellaschen, die an dem Steg des Kragträgers angeschweißt sind, stützen den eingehängten Träger durch die Verbolzung der überstehenden Laschen mit dem Steg des Einhängeträgers. Der Gelenkdruck  $G$  beträgt 12 t. Alle Abmessungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul}$  ist hier mit  $1,2 \text{ t/cm}^2$  anzunehmen.

$\beta)$  Angenäherte Berechnung der Schweißnähte

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ mm};$$

$$a_{\text{verh}} = 7 \text{ mm}.$$

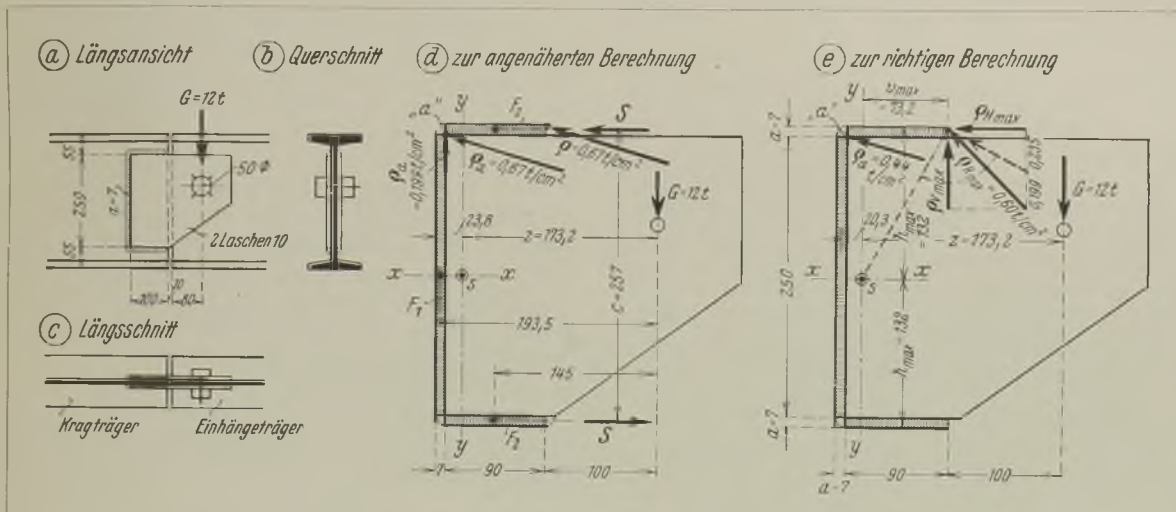


Abb. 83. Bolzgelenk.

halten. Die Kehlnähte zum Anschluß der unteren Stegkante des T-Stückes an den oberen Trägerflansch erhalten infolge der Kraft  $S_z$  in der Längsrichtung gleichmäßig über die Anschlußnähte verteilte Scherspannungen  $\sigma_1$ , und infolge des Momentes  $M = S_z e$  Spannungen  $\sigma_2$  in lotrechter Richtung, die sich an der Kante „a“ als Zug- und an der Kante „b“ als Druckspannungen auswirken. Die Berechnung der Kehlnähte erfolgt wie bekannt:

$$\sigma_1 = \frac{S_z}{F_{\text{Schw}}}; \quad \sigma_2 = \frac{S_z e}{W_{\text{Schw}}}; \quad e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2}.$$

Die Aufnahme der Auflagerkräfte erfolgt durch Knaggen oder Stirnplatten, so wie es auch im Teil 4 eingehend besprochen worden ist.

Zahlenbeispiele erübrigen sich hier, da derartige Schweißnahtberechnungen bereits vielfach durchgeführt sind.

**9. Berechnung und Ausführung der Gelenkstoße.**

a) Allgemeines.

In der Hauptsache unterscheidet man Bolzen- und Knaggengelenke; für jede Bauart ist nachstehend ein Zahlenbeispiel durchgeführt.

In der Abb. 83d sind die Dicken der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$2 F_1 = 2 \cdot 0,7 \cdot 25,0 = 35,0 \text{ cm}^2$$

$$4 F_2 = 4 \cdot 0,7 \cdot 9,0 = 25,2 \text{ „}$$

$$F_{\text{Schw}} = 60,2 \text{ cm}^2$$

Schwerpunktsabstand  $z$  vom Gelenkdruck:

$$z = \frac{\sum Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{35,0 \cdot 19,35 + 25,2 \cdot 14,5}{60,2} = 17,32 \text{ cm}.$$

Das von den Schweißnähten aufzunehmende Moment ist alsdann:

$$M = Gz = 12,0 \cdot 17,32 = 207,8 \text{ cmt.}$$

Unter Vernachlässigung der senkrechten Schweißflächen  $F_1$  wird angenommen, daß das Moment durch ein waagrecht gerichtetes Kräftepaar  $S$  aufgenommen wird. Das Kräftepaar kommt im Abstande  $c = 257 \text{ mm}$  in den Schwerpunkten der Flächen  $F_2$  zur Wirkung (vgl. Abb. d):

$$S = \frac{M}{c} = \frac{207,8}{25,7} = 8,08 \text{ t.}$$

Die Schweißnähte werden nunmehr wie folgt auf Abscheren berechnet:

Flächen  $F_2$  in waagerechter Richtung durch die Kraft  $S$ :

$$\sigma_1 = \frac{S}{F_2} = \frac{8,08}{12,6} = 0,641 \text{ t/cm}^2.$$

Flächen  $F_1$  und  $F_2$  in lotrechter Richtung durch die Kraft  $G$ :

$$\sigma_2 = \frac{G}{F_{\text{Schw}}} = \frac{12,0}{60,2} = 0,199 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung für die Flächen  $F_2$ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,641^2 + 0,199^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2.$$

$\sigma_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ t/cm}^2$ ; mithin ist nach dem angenäherten Verfahren die Schweißnahtverbindung unzureichend. Mit Hilfe des nachfolgend durchgeführten richtigen Verfahrens geht die vorhandene Gesamtspannung  $\sigma$  nicht über die zulässige Grenze.

γ) Richtige Berechnung der Schweißnähte.

Bei dem richtigen Verfahren werden zur Aufnahme des Momentes  $G$   $z$  nicht nur die waagerechten Schweißflächen  $F_2$ , sondern auch die lotrechten Flächen  $F_1$  mit herangezogen; mit anderen Worten: die gesamte Schweißfläche  $F_{\text{Schw}}$  wirkt in ihrer tatsächlichen Lage gemeinsam dem Moment und dem Gelenkdruck entgegen. Grundlegend ist der Schwerpunkt  $s$  der gesamten Schweißfläche. Die waagerechte Achse ist die  $x-x$ -Achse und die lotrechte die  $y-y$ -Achse.

Das polare Trägheitsmoment (vgl. Teil 7, d, η):

$$J_p = J_x + J_y,$$

$$J_x = 2 \frac{0,7 \cdot 25,0^3}{12} + 2 \cdot 9,0 (26,4^3 - 25,0^3) \frac{1}{12} = 5984 \text{ cm}^4,$$

$$J_y = 35,0 \cdot 2,03^3 + 4 \frac{0,7 \cdot 9,0^3}{12} + 25,2 \cdot 2,82^2 = \frac{516}{J_p} = \frac{6500}{\text{cm}^4}.$$

Die größte Beanspruchung erhält die am weitesten vom Schwerpunkt entfernt sitzende Faser der

Schweißfläche:

$$\sigma_{H_{\text{max}}} = M \frac{h_{\text{max}}}{J_p} = 207,8 \frac{13,2}{6500} = 0,42 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{V_{\text{max}}} = M \frac{v_{\text{max}}}{J_p} + \frac{G}{F_{\text{Schw}}} = 207,8 \frac{7,32}{6500} + \frac{12,0}{60,2} = 0,43 \text{ t/cm}^2,$$

$$J_{R_{\text{max}}} = \sqrt{\sigma_{H_{\text{max}}}^2 + \sigma_{V_{\text{max}}}^2} = \sqrt{0,42^2 + 0,43^2} = 0,60 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Untersuchung der Laschen.

Die Laschen brauchen nicht besonders untersucht zu werden, da die vorhandene Laschenbeanspruchung immer unter der 1,4fachen größten Schweißnahtspannung liegt.

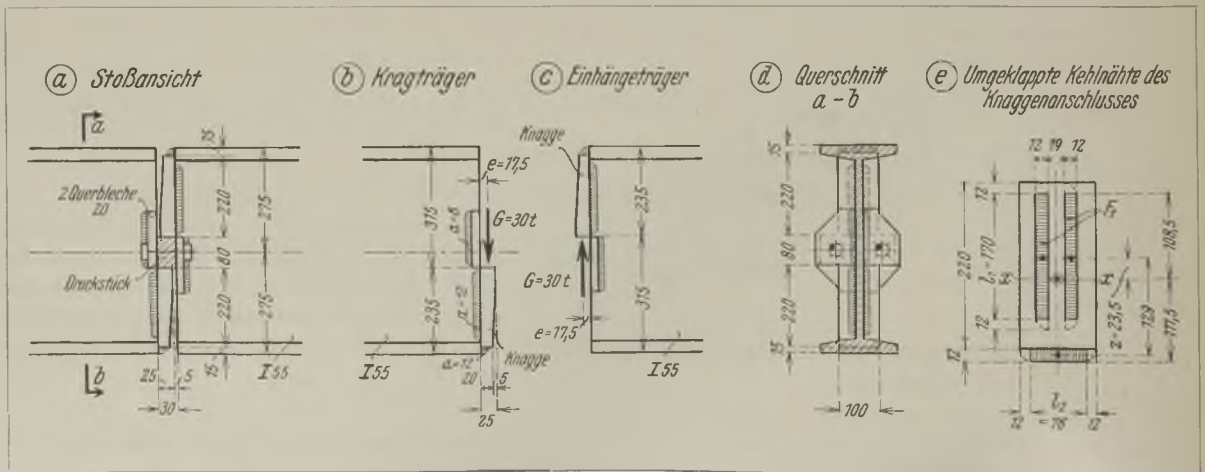
ε) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Für die angenäherte und richtige Berechnungsweise sind in den Abb. d und e noch die in dem Punkt „a“ sich ergebenden Spannungen eingetragen. Nach der angenäherten Berechnung ergibt sich im Eckpunkt „a“ für die Schweißfläche  $F_2$  eine Spannung  $\sigma = 0,67 \text{ t/cm}^2$  und für die Fläche  $F_1$  eine solche von  $0,199 \text{ t/cm}^2$ . Aus diesen Ergebnissen erkennt man deutlich die großen Abweichungen gegenüber der wirklich auftretenden Spannung, denn diese kann doch in ein und derselben Faser auch nur eine Größe und eine Richtung haben. Nach der richtigen Berechnung ergibt sich im Punkte „a“ die Spannung zu  $\sigma = 0,44 \text{ t/cm}^2$ , die natürlich für die Fläche  $F_1$  und  $F_2$  Gültigkeit hat, da ja bei dem genauen Verfahren der L-förmige Schweißquerschnitt in seiner Gesamtheit berücksichtigt worden ist.

c) Zweites Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Für das Knaggengelenk nach Abb. 84 soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden. An der unteren Hälfte des Kragträgers und an der oberen Hälfte des Einhängeträgers ist je eine Knagge angebracht. Zwischen beiden „Knaggenplatten“ ist ein



Druckstück eingeschaltet, das gleichzeitig die Verbindung der beiden Träger durch Querbleche und Schrauben herstellt. Da die Schrauben in Höhe der Trägernulllinie sitzen, so wird die Gelenkwirkung in keiner Weise behindert. Durch die an dem Einhängeträger angeschweißte Platte wird der Gelenkdruck unmittelbar auf das Druckstück und von dort auf die an dem Kragträger angeschweißte Knagge übertragen. Damit am Auflager eine gewisse Drehung möglich ist, sind die Knaggen mit einer Abschrägung versehen. Der Gelenkdruck beträgt 30 t. Alle Abmessungen gehen aus der Abbildung hervor.

$$\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2.$$

$\beta$ ) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen den Knaggen und dem Druckstück.

Die Auflagerfläche der Knaggen beträgt  $2,5 \cdot 10,0 = 25,0 \text{ cm}$ ; die Pressung zwischen Knagge und Druckstück:

$$\sigma = \frac{G}{25,0} = \frac{30,0}{25,0} = 1,2 \text{ t/cm}^2.$$

$\gamma$ ) Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß der Knaggen an den Einhänge- bzw. Kragträger.

Vorhanden sind zwei Flankennähte und eine Stirnnaht.

$$l_{\min} = 19 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 19 = 13,4 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 12 \text{ mm}.$$

Unter Berücksichtigung der Kraterenden ist für die Flankennähte  $l_1 = 170 \text{ mm}$  und für die Stirnnaht  $l_2 = 76 \text{ mm}$ .

In Abb.  $\epsilon$  sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$2F_1 = 2a_1l_1 = 2 \cdot 1,2 \cdot 17,0 = 40,8 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = a_2l_2 = 1,2 \cdot 7,6 = 9,1 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 49,9 \text{ cm}^2.$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Flächen  $F_1$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{9,1 \cdot 12,9}{49,9} = 2,35 \text{ cm}.$$

$$J_{\text{Schw}} = 2 \frac{1,2 \cdot 17,0^3}{12} + 40,8 \cdot 2,35^2 + 7,6 (12,9 - 2,35)^2 = 2054 \text{ cm}^4.$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_{\max}} = \frac{2054}{111,5} = 184 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:

Das Biegemoment  $M = Ge = 30,0 \cdot 1,75 = 52,5 \text{ cmt}$ , der Gelenkdruck  $G = 30,0 \text{ t}$ .

Spannungen aus dem Moment und dem Gelenkdruck:

$$\varrho_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{52,5}{184} = 0,286 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_2 = \frac{G}{F_{\text{Schw}}} = \frac{30,0}{49,9} = 0,602 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\varrho = \sqrt{\varrho_1^2 + \varrho_2^2} = \sqrt{0,286^2 + 0,602^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_{zul} = 0,5\sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$



## B. Schweißträger.

### 1. Allgemeines.

Bei dem Schweißträger werden in vorteilhafter Weise nicht Winkeleisen, sondern Gurtplatten verwendet. Im Verhältnis zur aufgewendeten Querschnittsfläche ist der Anteil zum Trägheitsmoment der Gurtplatten größer als der von Gurtwinkeln. Aus dem vorstehenden Grunde werden die Gurtplatten im allgemeinen auch so angeordnet, daß gemäß Abb. 85a die äußeren Platten breiter als die nach innen liegenden Platten gewählt werden. Eine Gurtplattenanordnung nach Abb. 85b ist statisch wieder etwas ungünstiger. In beiden Fällen müssen

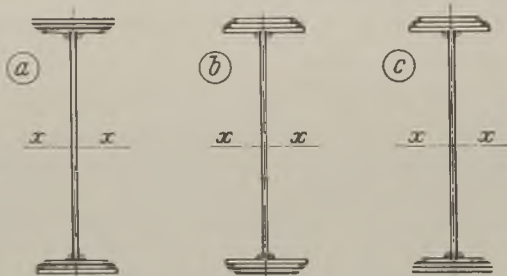


Abb. 85. Verschiedene Gurtplattenanordnungen.

die Träger, um Überkopfschweißungen zu vermeiden, bei der Ausführung um  $180^\circ$  gedreht werden. Abb. 85c zeigt noch eine andere Gurtplattenanordnung, die bei erforderlich werdenden Baustellenstößen auch ohne Drehung des Trägers bei dem Anschweißen der Decklaschen Überkopfschweißungen ausschaltet.

Als Aussteifungen werden Flachstahle genommen, die an den Steg und an die Gurtplatte geschweißt werden; auch hier ist gegenüber dem Nietträger ein Vorteil vorhanden, indem entweder die Winkelkröpfungen oder die Futterstücke zum Wegfall kommen. Die Berechnung der Trägheitsmomente ist bei dem Schweißträger infolge der Rechteckquerschnitte wesentlich einfacher als bei dem Nietträger.

Im Schrifttum der letzten Zeit (vgl. z. B. „Der Stahlbau“ 1931, Heft 16) werden die Gurtplattenanordnungen nach Abb. 85 und 86 (Schweißträger „a“) verworfen. Es werden nicht übereinanderliegende, sondern aneinander gestoßene Gurtplatten gemäß Abb. 86 (Schweißträger „b“ und „c“), 96 und 97 als allein angemessene Bauart bezeichnet.

Die Gegenüberstellung mehrerer praktischer Ausführungsbeispiele ergibt hierfür jedoch keine Bestätigung. Im Gegenteil, bei allen Beispielen zeigt sich, daß die wirtschaftlichste Ausbildung der Schweißträger nach wie vor durch aufeinander gelegte Gurtplatten erzielt wird. Bei dieser Bauart müssen zwecks Unterbringung der Schweißnähte die jeweils folgenden Platten 20 bis 50 mm breiter als die vorhergehende gewählt werden.

In Abb. 86 sind drei verschiedene Schweißträgerausführungen gegenübergestellt: Träger „a“ mit aufeinander gelegten Gurtplatten, Träger „b“ mit

Stumpfnahverbindungen von aneinander gestoßenen Gurtplatten und Träger „c“ mit Stumpfnah- und Decklaschen-Verbindungen aneinander gestoßener Gurtplatten. (Weitere Stoßanordnungen sind aus dem Teil 5 ersichtlich.) Bei diesen drei Schweißträgern ergibt sich das Stahlgewicht und der Schweißgurtverbrauch wie folgt:

| Trägerbezeichnung | Stahlgewicht<br>kg | Schweißgut<br>kg | Bemerkungen                                       |
|-------------------|--------------------|------------------|---------------------------------------------------|
| „a“               | 4820               | 17               | außerdem höhere Bearbeitungskosten als Träger „a“ |
| „b“               | 5020               | 19               |                                                   |
| „c“               | 4900               | 35               |                                                   |

Die Gegenüberstellung zeigt deutlicher als viel Worte den Vorteil der Ausführung nach Bauart „a“. Das Stahlgewicht und der Verbrauch an Schweißstoff ist wesentlich geringer als bei den Trägern nach Bauart „b“ und „c“. Aber nicht nur die Gewichte, sondern auch die Herstellungskosten sind geringer: Bei Träger „a“ nimmt die dünne unterbrochene Kehlschweißung der Gurtplatten untereinander bedeutend weniger Zeit in Anspruch, als die dicken Stumpf- und Laschenschweißungen der Ausführungen „b“ und „c“. Bei dem Träger „c“ wirkt sich außerdem noch die Bearbeitung der geknickten Decklaschen, sowie die Abschrägungen der Gurtplattenenden auf die Herstellungskosten sehr ungünstig aus. Eine Verbesserung wird auch nicht erzielt, wenn man den Höhenunterschied der Gurtplatten durch Futterstücke ausgleicht (vgl. Abb. 96a), denn dann käme noch mehr Stahlgewicht und eine weitere größere Schweißmenge hinzu, da die Decklasche mit der vollen Laschenkraft an das Futterstück und das wieder voll an die Gurtplatte angeschlossen werden muß.

Die Ausführung der Auflager, Anschlüsse usw. ergibt sich wie bei den Walzträgern (Teil A), hier bleibt also nur übrig, die Besonderheiten der Schweißträger zu behandeln.

### 2. Anschluß der Gurtungen an den Steg.

#### a) Allgemeines.

Die Berechnung der Kehlnähte zum Anschluß einer Gurtung an den Steg erfolgt genau wie bei einem Nietanschluß (vgl. Band II, 2. Teil).

Bezeichnet

$J$  das Trägheitsmoment des gesamten Querschnittes, bezogen auf die Schwerachse  $x-x$  in  $\text{cm}^4$ ,  
 $Q$  die größte an der betreffenden Stelle auftretende Querkraft in  $t$ ,

$S$  das statische Moment des anzuschließenden gesamten Gurtquerschnittes, bezogen auf die Schwerachse  $x-x$  des Trägers in  $\text{cm}^3$ ,

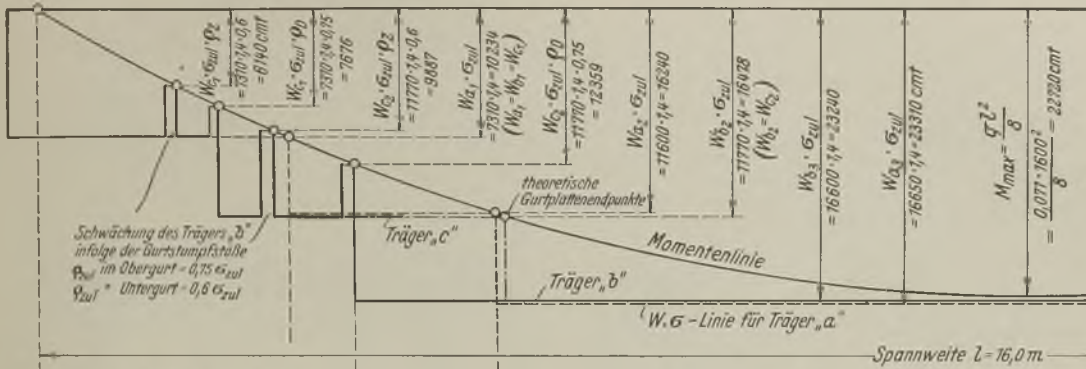
gemäß Abb. 87a ist  $S = Fy$

„ „ 87b ist  $S = F_1y_1 + F_2y_2$ ,

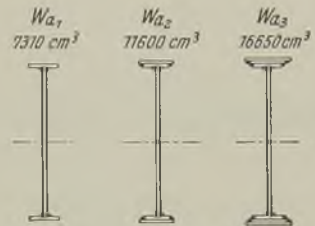
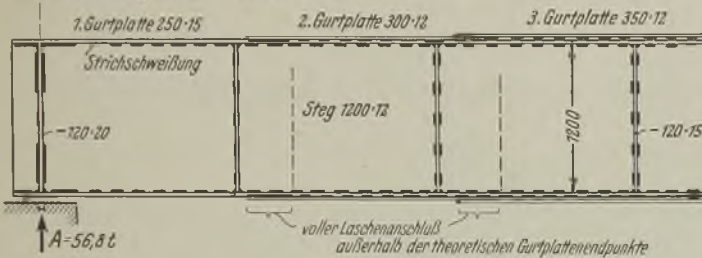
$S_1$  das statische Moment des anzuschließenden zweiten Gurtplattenquerschnittes in  $\text{cm}^3$ ,

Momentenlinie  
und  $W \cdot \sigma_{zul}$ -Linien (1cm = 6000 cmt)

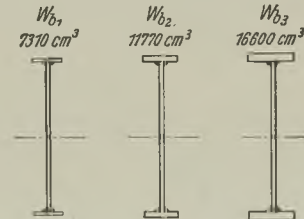
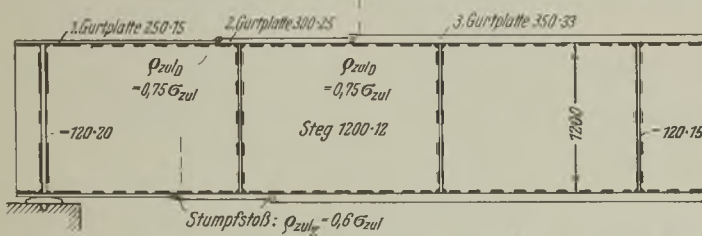
---  $W \cdot \sigma_{zul}$ -Linie für Träger „a“  
 --- " " " " " „b“  
 --- " " " " " „c“



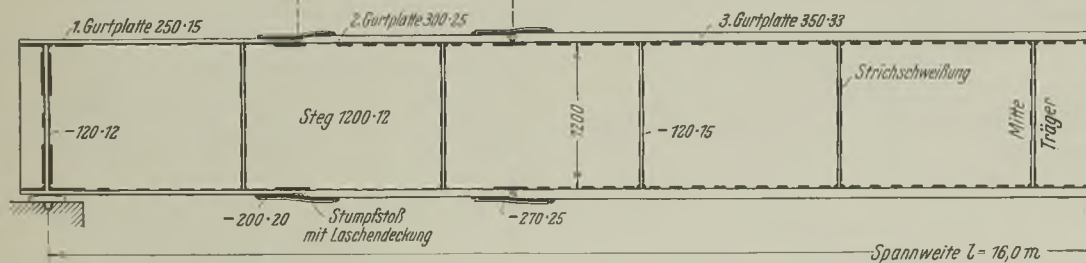
Schweißträger „a“ M 1:60



Schweißträger „b“ M 1:60



Schweißträger „c“ M 1:60



Widerstandsmomente wie bei Träger „b“

Strichschweißung  
Mitte Träger

Abb. 86. Verschiedene Schweißträger-Ausführungen.

Schweißträger „a“ mit aufeinander gelegten Gurtplatten:

Schweißträger „b“ mit stufenförmig abgesetzten und mittels Stumpfnaht gestoener Gurtplatten:

Schweißträger „c“ mit stufenförmig abgesetzten und mittels Stumpfnaht und Decklaschen gestoener

Stahlgewicht = 4820 kg; Schweißstoff = 17 kg.

Stahlgewicht = 5040 kg; Schweißstoff = 19 kg

Gurtplatte:

Stahlgewicht = 4900 kg; Schweißstoff = 35 kg.

gemäß Abb. 87b ist  $S_1 = F_2 y_2$ ,

$N$  die Tragkraft von zwei Schweißstrichen, die zum Anschluß des gesamten Gurtquerschnittes an den Steg dienen,

$$N = 2 a l \sigma_{zul}$$

hierin ist

$a$  = Dicke der Kehlnähte in cm,

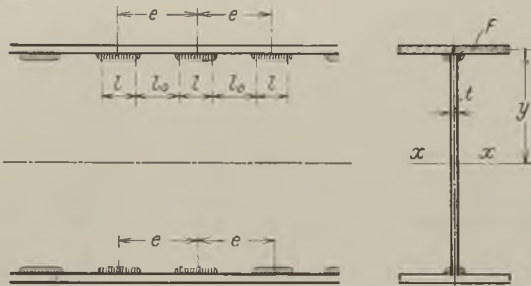
$l$  = Länge der Kehlnähte (ohne Endkrater) in cm,

$\sigma_{zul}$  = zulässige Spannung der Kehlnähte in t/cm<sup>2</sup>

$N_1$  die Tragkraft von zwei Schweißstrichen, die zum Anschluß der zweiten an die erste Gurtplatte dienen,

$$N_1 = 2 a_1 l_1 \sigma_{zul}$$

(a) Anschluß einer Gurtplatte



(b) Anschluß mehrerer Gurtplatten

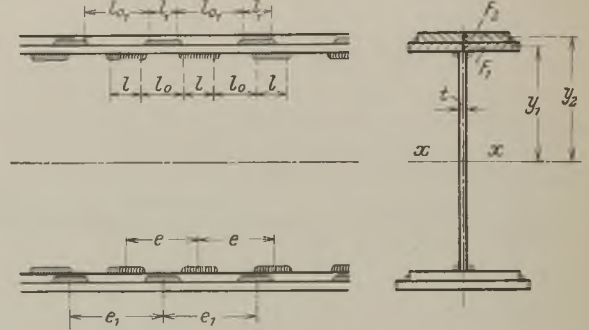


Abb. 87. Anschluß der Gurtungen an den Steg.

$e$  die Schweißstrichteilung zum Anschluß des gesamten Gurtquerschnittes an den Steg in cm,  
 $e_1$  die Schweißstrichteilung zum Anschluß der zweiten an die erste Gurtplatte in cm.

Die Schubkraft

$$\tau = \frac{QS}{Jt} \quad (t \text{ ist die Stegdicke in cm}).$$

Die vom Steg auf die Gurtung zu übertragende Scherkraft beträgt  $\tau t$ ,

auf die Länge  $e$ :

$$\tau t e.$$

Die Schweißnähte müssen daher auf die Länge  $e$  eine Kraft von  $N = \tau t e$

übertragen; setzt man hierin für  $\tau$  die bekannte obige Formel ein, dann wird

$$N = \frac{QS}{Jt} t e = \frac{QS}{J} e.$$

Nummehr ergeben sich die Schweißstrichteilungen wie folgt:

Anschluß des gesamten Gurtquerschnittes an den Steg:

$$e = \frac{J}{QS} N = \frac{J}{QS} 2 a l \sigma.$$

Anschluß der zweiten Gurtplatte an die erste:

$$e_1 = \frac{J}{QS_1} N_1 = \frac{J}{QS_1} 2 a_1 l_1 \sigma.$$

Bei dem Wetter ausgesetzten Schweißträgern werden zwecks besseren Rostschutzes an Stelle der unterbrochenen Schweißnähte zweckmäßiger durch-

laufende Nähte mit entsprechend geringerer Dicke ausgeführt. Hierbei rechnet man am besten gleich die erforderliche Schweißnahtdicke  $a$  aus, und zwar für  $l = 1 \text{ cm}$ :

$$a = \frac{QS}{J} \frac{1}{2 \sigma};$$

Die vorhandene Spannung ist

$$\sigma = \frac{QS}{J} \frac{1}{2 a};$$

Mit der Ermittlung der Schweißnähte beginnt man am Auflager, da dort die größte Querkraft auftritt. Mit dem Abnehmen der Querkraft ist dann die

Schweißnahtdicke  $a$  entsprechend schwächer bzw. die Schweißstrichschweißung größer zu wählen. Praktisch wird man die Schweißnahtdicke bzw. -teilung in den durch die Stegausestufungen gebildeten Feldern möglichst gleich machen und gegebenenfalls nur von Feld zu Feld eine Änderung eintreten lassen.

Bei unterbrochener Schweißung ergibt sich der größte lichte Abstand  $l_0$  der Schweißstriche zu

$$l_0 = e - l.$$

Da für „Hochbauten“ keine Beschränkungen gegeben sind, so kann man m. E. die bei „Brückenbauten“ (vgl. „Vorschriften“ Teil II, § 6, Ziffer 3) festgelegten größten lichten Abstände von Kraftschweißungen, sowie Heftschweißungen für Druck- und Zugstäbe um 50 bis 100% vergrößern.

Nach den „Vorschriften“ muß eine gedrückte Gurtplatte, deren Breite  $b$  größer als  $30 \cdot t$  ist, außer den seitlichen Kehlnähten noch mit mindestens einer Schlitznaht angeschlossen werden (Abb. 88a). Die Gurtplatten können aber auch getrennt zur Auflage kommen (Abb. 88b).

b) Erstes Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Für den Schweißträger nach Abb. 89 sollen für eine Querkraft  $Q = 46 \text{ t}$  die Schweißnähte, und zwar in Strichausführung bestimmt werden. Der Schweißträger besteht aus einem Steg  $750 \cdot 12$ , dem oberen und unteren Gurt aus je einer Gurtplatte  $200 \cdot 20$  und  $220 \cdot 15$ .  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .



Das Trägheitsmoment des gesamten Querschnittes

$$J = (25,0 \cdot 82,0^3 - 5,0 \cdot 79,0^3 - 18,8 \cdot 75,0^3) \frac{1}{12} = 282310 \text{ cm}^4.$$

a) Anschluß einer Gurtplatte mit Kehl- und Schlitznähten

b) Anschluß geteilter Gurtplatten mit inneren und äußeren Kehlnähten

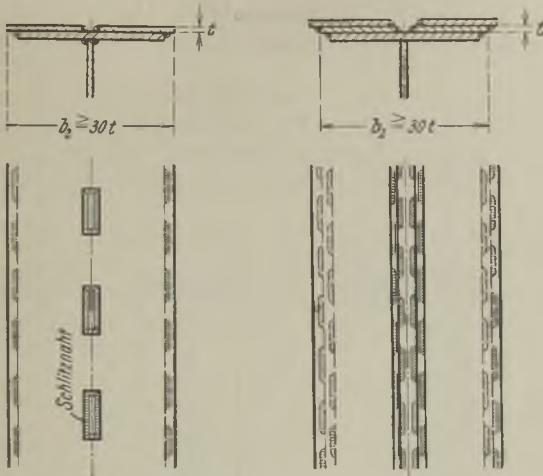


Abb. 88. Anschluß von Gurtplatten, deren Breite  $b$  über 30mal größer als ihre Dicke  $t$  ist.

Das statische Moment der gesamten Gurtung:

$$S = F_1 y_1 + F_2 y_2 = 2,0 \cdot 20,0 \cdot 38,5 + 1,5 \cdot 25,0 \cdot 40,25 = 3049 \text{ cm}^3.$$

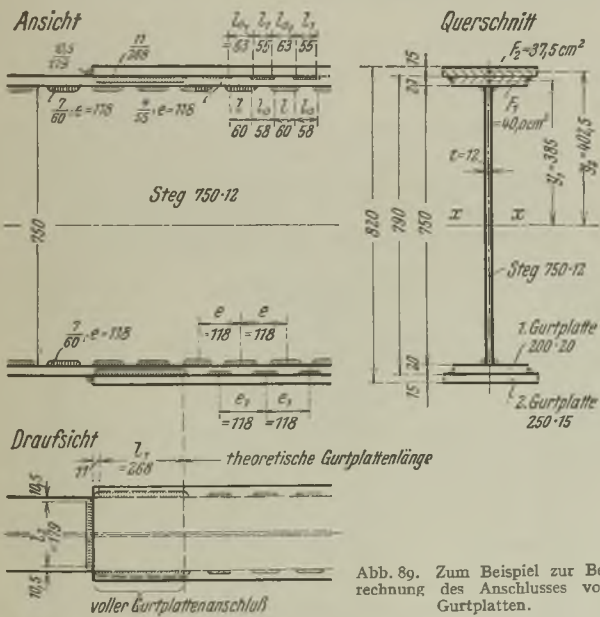


Abb. 89. Zum Beispiel zur Berechnung des Anschlusses von Gurtplatten.

Das statische Moment der zweiten Gurtplatte:

$$S_1 = F_2 y_2 = 1,5 \cdot 25,0 \cdot 40,25 = 1509 \text{ cm}^3.$$

β) Anschluß der gesamten Gurtung an den Steg.

$$t_{\min} = 12 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 12 = 8,5 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 7 \text{ mm}.$$

$$l = 60 \text{ mm}; \quad q_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

Gregor, Stahlochbau IV.

Die Schweißstrichteilung:

$$e = \frac{J}{QS} 2al_0 = \frac{282310}{46,0 \cdot 3049} 2 \cdot 0,7 \cdot 6,0 \cdot 0,7 = 11,8 \text{ cm},$$

$$l_0 = e - l = 11,8 - 6,0 = 5,8 \text{ cm}.$$

γ) Anschluß der zweiten Gurtplatte an die erste.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm};$$

$$l_1 = 55 \text{ mm};$$

Hier soll die gleiche Schweißstrichteilung wie vor, jedoch mit versetzter Anordnung gewählt werden; aus diesem Grunde ist die erforderliche Nahtdicke zu suchen:

$$e_1 = \frac{J}{QS_1} 2a_1 l_1 e; \quad a_1 = \frac{QS_1}{J} \frac{1}{2l_1 e} e_1.$$

$$a_1 = \frac{46,0 \cdot 1509}{282310} \frac{1}{2 \cdot 5,5 \cdot 0,7} 11,8 = 0,38 \cong 0,4 \text{ cm}.$$

δ) Der volle Anschluß der zweiten Gurtplatte außerhalb des rechnerischen Anschlußpunktes.

Nach den „Vorschriften“ müssen die Gurtplatten außerhalb ihrer rechnerischen Endpunkte voll angeschlossen werden (vgl. Teil 3, e im ersten Abschnitt).

Der Gurtplattenquerschnitt der zweiten Gurtplatte:

$$F_{G_2} = 1,5 \cdot 25,0 = 37,5 \text{ cm}^2.$$

Da nun die zulässige Spannung des Schweißanschlusses  $q_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}}$  ist, so muß die Scherfläche der Schweißnähte mindestens

$$F_{\text{Schw}} = 2 F_{G_2} = 2 \cdot 37,5 = 75,0 \text{ cm}^2$$

sein.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,7 \cdot 15 = 10,5 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10,5 \text{ mm}.$$

Die Stirnnahtlänge:

$$l_2 = 20,0 - 2 \cdot 1,05 = 17,9 \text{ cm};$$

die Länge der Flankennähte:

$$l_1 = \frac{1}{2} \frac{F_{\text{Schw}} - a_2 l_2}{a_1} = \frac{1}{2} \frac{75,0 - 1,05 \cdot 17,9}{1,05} = 26,8 \text{ cm}.$$

c) Zweites Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Der im vorangehenden Zahlenbeispiel behandelte Schweißträger soll nunmehr wetterfest geschweißt werden, d. h. das Eindringen von Wasser in die Stahlfugen soll durch durchlaufende Schweißnähte verhindert werden.

β) Anschluß der gesamten Gurtung an den Steg.

Nach den im vorangehenden Teil a) entwickelten Formeln wird bei durchlaufenden Schweißnähten die Dicke derselben wie folgt ermittelt:

$$a = \frac{QS}{J} \frac{1}{2e} = \frac{46,0 \cdot 3049}{282310} \frac{1}{2 \cdot 0,7} = 0,355 \cong 0,4 \text{ cm}.$$

γ) Anschluß der zweiten Gurtplatte an die erste.

$$a_1 = \frac{QS_1}{f} \frac{1}{2e} = \frac{46,0 \cdot 1509}{282310} \frac{1}{2 \cdot 0,7} = 0,19 \text{ cm};$$

aus praktischen Gründen wird eine Schweißnahtdicke von 0,3 cm gewählt.

### 3. Stegaussteifungen.

Bei den Vorschriften für Brückenbauten ist der Abstand der Aussteifungen mit höchstens 1,3 m festgelegt; bei Hochbauten sind keine Begrenzungen angegeben. Die Abstände und Abmessungen der Aus-

mäßig kräftiger als an den Zwischenstellen ausgebildet (Abb. 86). Bei sehr großen Querkräften, meistens in den Endfeldern, empfiehlt es sich, außer den lotrechten Steifen auch noch schräge Aussteifungen anzuordnen, die wie Druckschrägen wirken.

Zur weiteren Aussteifung der Gurtungen ist es zweckmäßig, gemäß der Abb. 90 kleine Aussteifbleche in Dreieckform einzuschweißen.

### 4. Stegstoße.

#### a) Allgemeines.

Der Stegstoß eines Schweißträgers wird grundsätzlich wie bei dem Stegstoß eines Walzträgers berechnet

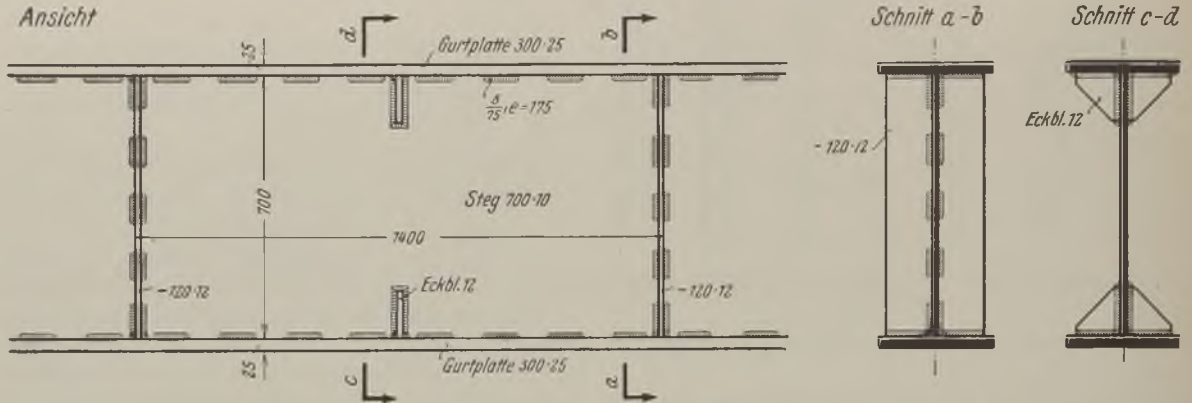


Abb. 90. Ausschnitt aus einem Schweißträger mit Haupt- und Zwischenaussteifungen.

steifungen, die die Stege gegen Ausknicken und Ausbeulen sichern sollen, müssen daher nach irgendeinem Verfahren ermittelt werden (vgl. Band II, 2. Teil, Seite 153—158).

Die Aussteifungen aus Flachstahl werden mittels Strichschweißung an den Steg befestigt und außerdem zwecks Aussteifung der Gurtungen an letztere angeschweißt (Abb. 90).

und ausgeführt (vgl. Teil A, 7).

In Abb. 91 sind verschiedene Stoßausführungen veranschaulicht.

Abb. a zeigt eine Ausführung mit Stoßquerplatte. Diese an und für sich gute Ausführung ist nur dann möglich, wenn die Randbeanspruchung des Steges etwa das 0,7fache der zulässigen Spannung nicht übersteigt, da die durch die Stegstärke festliegenden

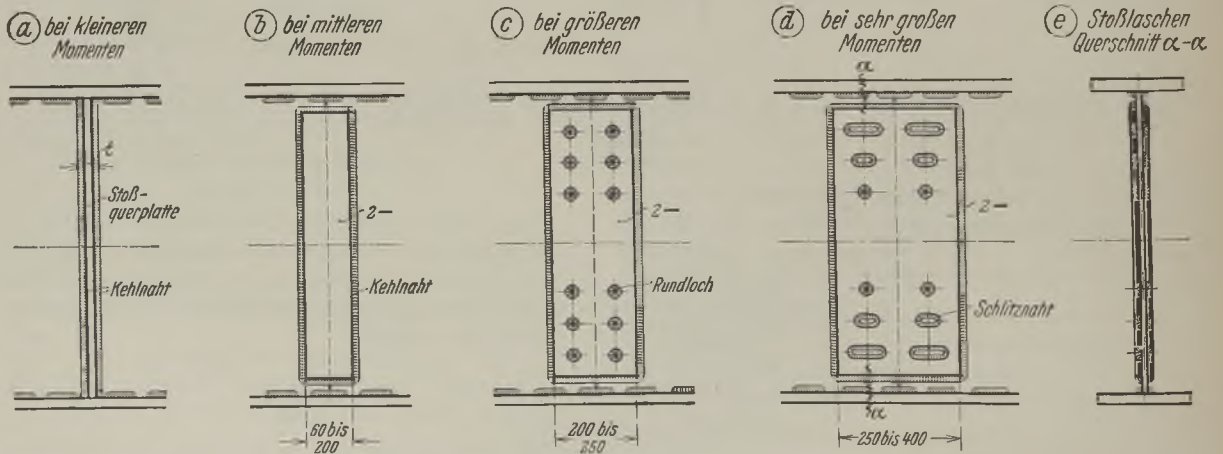


Abb. 91. Verschiedene Stegstoßanordnungen von Schweißträgern.

Aussteifungen sind besonders über den Auflagern und unter größeren Einzellasten anzubringen; an solchen Hauptbelastungspunkten werden sie zweck-

zwei Kehlnähte im höchsten Falle (ohne Berücksichtigung einer Querkraft) nur  $2 \cdot 0,707 \cdot \text{Stegdicke} \cdot t \cdot 0,5 \sigma_{zul} = 0,707 \cdot t \cdot \sigma_{zul}$  übertragen können.



Bei einer Stegbeanspruchung bis zu etwa  $0,5 \sigma_{zul}$  (die Grenze ist durch die vorhandene Querkraft verschieden) kommt man auch mit einer Stumpfnah ohne Stoßlaschen aus.

Abb. b zeigt eine Ausführung mit 60 bis 200 mm breiten Stoßlaschen, die mit Flanken- und Stirnnähten an den Steg angeschlossen sind. Im Hochbau wird man meistens mit dieser einfachen Anordnung auskommen.

Reicht der Anschluß nach Abb. b zur Übertragung des auf den Steg entfallenden Biegemomentes und der Querkraft nicht aus, so kann außer der Laschenverbindung noch eine Stumpfnah vorgesehen werden.

Die Abb. c und d zeigen Laschenstöße mit Flanken-, Stirn-, Loch- und Schlitznähten; mit diesen Anordnungen sind die schwersten Ausführungen möglich, so daß sich Stumpfnahverbindungen erübrigen.

Die Schlitznähte sind zwecks Erzielung einer größeren Wirkung möglichst weit von der Nulllinie anzuordnen. Man kann auch den von der Nulllinie aus nach den Randfasern zu wachsenden Spannungen insofern Rechnung tragen, indem die Schlitzlöcher nach außen zu nach und nach verlängert werden; singemäß können auch die lotrechten Kehlnähte nach außen zu verstärkt werden.

Bei der Bestimmung des Stegstoßes muß zunächst der auf den Steg entfallende Momentenanteil berechnet werden.

Bezeichnet

$M$  das an der Stoßstelle auftretende Gesamtmoment in cmt,

$M_s$  den von dem Steg zu übertragenden Momentenanteil in cmt,

$J$  das gesamte Trägheitsmoment des Schweißträgers in  $\text{cm}^4$ ,

$J_s$  das Trägheitsmoment des Steges in  $\text{cm}^4$ ,  
dann ist

$$M_s = M \frac{J_s}{J}$$

Die weitere Berechnung erfolgt nach Teil A, 7.

#### b) Zahlenbeispiel.

Für den in Abb. 92 dargestellten Stegstoß eines Schweißträgers ist die Festigkeit nachzuweisen. Alle Abmessungen und Bezeichnungen sind aus der Abbildung ersichtlich.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

$Q$  die Querkraft = 18,6 t,

$M$  das an der Stoßstelle auftretende größte Moment = 12700 cmt,

$J$  das gesamte Trägheitsmoment des Schweißträgers =  $(30,0 \cdot 105,0^3 - 28,8 \cdot 100,0^3) \frac{1}{12} = 494060 \text{ cm}^4$ ,

$J_s$  das Trägheitsmoment des Steges  
=  $\frac{t h^3}{12} = \frac{1,2 \cdot 100,0^3}{12} = 100000 \text{ cm}^4$ ;

$M_s$  der vom Steg zu übertragende Momentenanteil  
=  $M \frac{J_s}{J} = 12700 \frac{100000}{494060} = 2570 \text{ cm}^4$ .

Vorhanden 2 Stoßlaschen  $200 \cdot 10 \dots 900 \text{ lg}$ ;  
4 Stirnnähte, 2 Flankennähte und 8 Rundlöcher.

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm};$$

$$a_{vorh} = 7 \text{ mm.}$$

Schweißfläche:

$$4 \text{ Stirnnähte: } 4 \cdot 0,7 \cdot 10,0 = 28,0 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ Flankennähte: } 2 \cdot 0,7 \cdot 90,0 = 126,0 \text{ ,,}$$

$$8 \text{ Rundlöcher: } 8(d-a) a \pi = 8(3,0 - 0,7) 0,7 \pi = 40,5 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 194,5 \text{ cm}^2.$$

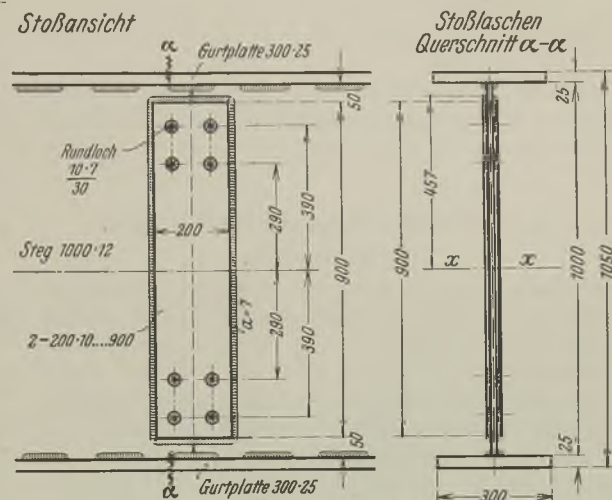


Abb. 92. Stegstoß mittels Flankennähten und Rundlöchern.

Trägheitsmoment:

$$J_z = 2 \cdot 10,0 (91,4^3 - 90,0^3) \frac{1}{12} + 2 \frac{0,7 \cdot 90,0^3}{12} + \frac{40,5}{2} (39,0^2 + 29,0^2) = 191330 \text{ cm}^4.$$

Da bei dem vorliegenden Stegstoß die Laschen verhältnismäßig schmal sind, so braucht nach dem genauen Verfahren (Teil A, 7, d, η) mit Einsetzung des polaren Trägheitsmomentes  $J_p$  nicht gerechnet zu werden.

Die größte Spannung erhält die am weitesten von der Schwerlinie entfernt sitzende Faser der Schweißfläche.

Spannung infolge des Momentes  $M_s$ :

$$\sigma_{H_{\max}} = M_s \frac{h_{\max}}{J_z} = 2570 \frac{45,7}{191330} = 0,614 \text{ t/cm}^2.$$

Spannung infolge der Querkraft  $Q$ :

$$\sigma_v = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{18,6}{194,5} = 0,096 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,614^2 + 0,096^2} = 0,62 \text{ t/cm}^2.$$

Zu beachten ist, daß  $\sigma_{H_{\max}}$  nicht größer sein darf, als das 0,5fache der an der gleichen Stelle auftretenden größten Stegbeanspruchung:

$$\sigma_{H_{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 \frac{45,7}{52,5} = 0,61 \text{ t/cm}^2.$$



Beanspruchung der Stoßlaschen.

Die Stoßlaschen sind am ungünstigsten im Schnitte  $\alpha-\alpha$  beansprucht, da dort die Schwächung durch die Rundlöcher berücksichtigt werden muß.

$$J_n = 2 \frac{1,0 \cdot 90,0^3}{12} - 2 \cdot 3,0 \cdot 1,0 (2 \cdot 39,0^2 + 2 \cdot 29,0^2) = 93160 \text{ cm}^4;$$

$$W_n = \frac{93160}{45,0} = 2070 \text{ cm}^3,$$

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{M_n}{W_n} = \frac{2570}{2070} = 1,24 \text{ t/cm}^2;$$

$$\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \frac{45,0}{52,5} = 1,2 \text{ t/cm}^2.$$

Die vorhandene Spannung wird in Wirklichkeit etwas geringer, da die günstige Wirkung der Stirnnahteile vom Stoß bis zum Schnitte  $\alpha-\alpha$  vernachlässigt ist.

### 5. Stoßverbindungen der Gurtplatten.

#### a) Allgemeines.

Im allgemeinen richtet sich im Hochbau die Stoßdeckung nach der an der Stoßstelle vorhandenen Beanspruchung.

Bezeichnet

$F_G$  den Querschnitt der zu deckenden Gurtplatte,  $\sigma_{\text{vorh}}$  die vorhandene Beanspruchung in  $\text{t/cm}^2$ , dann ist die zu übertragende Gurtkraft

$$P = F_G \sigma_{\text{vorh}}.$$

Zweckmäßiger ist es, wie auch im Brückenbau üblich, die Stoßdeckungen nach dem vorhandenen Querschnitt vorzusehen. Denn, ist sowieso schon die Gurtung nicht ausgenutzt, dann kann auch der etwaige Überschuß an Querschnitt zur Deckung gebracht werden. Danach wird die zu übertragende Gurtkraft

$$P = F_G \sigma_{\text{zul}},$$

bzw.

$$F_{\text{Stoßlasche}} = F_G$$

und

$$F_{\text{Schw}} \geq 2 F_G.$$

Bei Stoßlaschen, die näher an die Trägerschwerachse liegen als die zu stoßende Gurtplatte, ist zu beachten, daß nicht nur die Fläche, sondern auch das auf die Schwerachse  $x-x$  des gesamten Querschnittes bezogene Trägheitsmoment der Decklasche mindestens ebenso groß sein muß, wie bei der Gurtplatte.

#### b) Stoß von gleichhohen Gurtplatten.

##### $\alpha$ ) Allgemeines.

In Abb. 93 ist der unmittelbare Stoß einer Gurtplatte mit einer Lasche dargestellt, die bei Abb. a breiter und bei Abb. b schmaler als die zu stoßende Gurtplatte ist. In beiden Fällen muß der Querschnitt der Stoßlasche mindestens gleich dem Quer-

schnitt der Gurtplatte und die Schweißfläche mindestens zweimal so groß als der Gurtplattenquerschnitt sein:

$$F_{\text{Lasche, st}} \geq F_G,$$

$$F_{\text{Schw, erf}} = \Sigma(a l) = 2 a_1 l_1 + a_2 l_2 \geq 2 F_G.$$

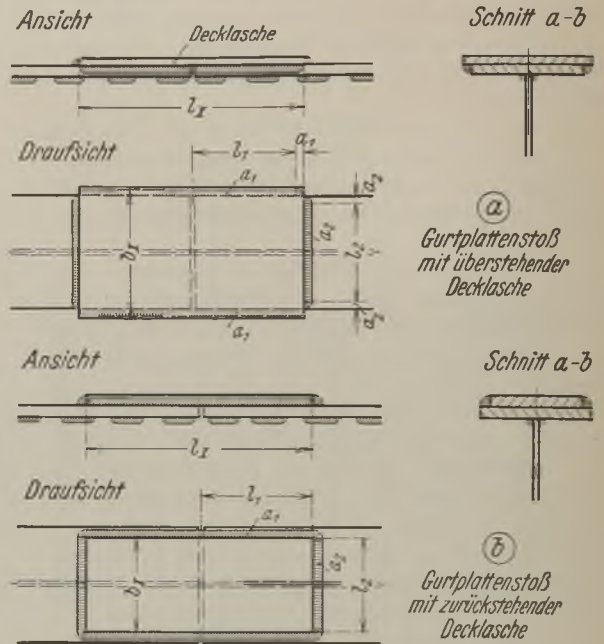


Abb. 93. Unmittelbare Stoßdeckung einer gleichhohen Gurtplatte mittels Decklasche.

Abb. 94 veranschaulicht den Stoß zweier Gurtplatten. Die unterste Gurtplatte  $G_1$  ist durch eine unmittelbar darüberliegende Lasche I gedeckt. Gegen

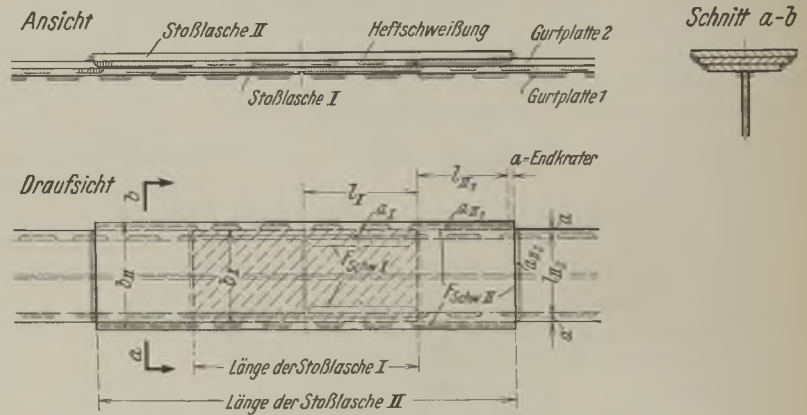


Abb. 94. Unmittelbare Stoßdeckung mehrerer Gurtplatten mit mehreren Stoßlaschen.

die Stoßlasche, die in der Abbildung schraffiert angegeben ist, laufen an beiden Seiten die oberen Gurtplatten  $G_2$  stumpf dagegen. Die beiden Stoßfugen werden dann wieder durch eine unmittelbar aufliegende Lasche II gestoßen und damit die Gurtplatte  $G_2$  gedeckt. Da bei dieser Stoßanordnung überall eine unmittelbare Kraftübertragung vorhanden ist, so kommt nur die ordnungsgemäße Deckung der einzelnen Gurtplatten in Betracht. Für eine Stoßseite:

Decklasche I.

$$F_{\text{Lasche I,ert}} \geq F_{G_1},$$

$$F_{\text{Schw I,ert}} = \Sigma(a_1 l_1) = 2 a_1 l_1 \geq 2 F_{G_1}.$$

Decklasche II.

$$F_{\text{Lasche II,ert}} \geq F_{G_2},$$

$$F_{\text{Schw II,ert}} = \Sigma(a_{II} l_{II}) = 2 a_{II} l_{II} + a_{II_2} l_{II_2} \geq 2 F_{G_2}.$$

Die Stoßlasche II braucht an die Stoßlasche I nur geheftet zu werden, da ja in bezug auf Lasche II auf dieser Strecke eine Kraftübertragung nicht stattfindet.

In Abb. 95 sind zwei Gurtplatten mit einer einzigen Stoßlasche gedeckt. Gegenüber der Ausführung nach Abb. 94 wird jedoch nichts gespart, da nach den Vorschriften § 4, Ziffer 7, die Stoßlasche am linken Ende

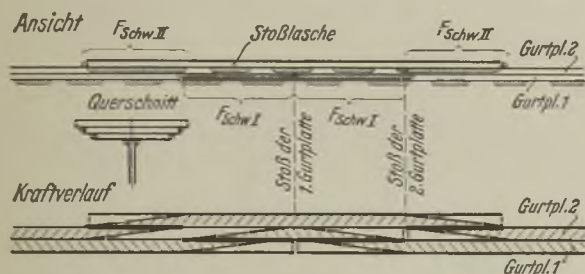


Abb. 95. Zum Teil mittelbare Stoßdeckung mehrerer Gurtplatten mit einer Stoßlasche.

wegen der vorliegenden mittelbaren Kraftübertragung um eine Anschlußlänge vergrößert werden muß. Durch die schraffierten Flächen soll der gedachte Kraftfluß dargestellt werden.

Die Berechnung des Stoßes nach Abb. 95 erfolgt sinngemäß wie die nach Abb. 94. Die Stoßlaschenfläche muß mindestens ebenso groß sein, wie die größte Gurtplattenfläche. Ist also  $F_{G_1}$  größer als  $F_{G_2}$ , dann muß  $F_{\text{Lasche,ert}} \geq F_{G_1}$ ; umgekehrt, ist  $F_{G_2}$  größer als  $F_{G_1}$ , dann ist  $F_{\text{Lasche,ert}} \geq F_{G_2}$ , also

$$F_{\text{Lasche,ert}} = F_{G_{\text{max}}},$$

$$F_{\text{Schw I}} = F_{\text{Schw II}} = 2 F_{G_{\text{max}}}.$$

β) Zahlenbeispiel.

Für den in Abb. 94 dargestellten Gurtplattenstoß soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden. Die erste Gurtplatte ( $G_1$ ) wird aus einem Breitstahl 200 · 10 und die zweite Gurtplatte aus einem Breitstahl 250 · 10 gebildet.

$$t_{\text{min}} = 10 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 10 = 7 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 7 \text{ mm}.$$

Stoßlasche I.

Die Fläche der Stoßlasche I aus einem Breitstahl 250 · 10 ist größer als der Querschnitt der Gurtplatte  $G_1$  aus einem Breitstahl 200 · 10.

Der zum Anschluß erforderliche Schweißquerschnitt

$$F_{\text{Schw I,ert}} = 2 F_{G_1} = 2 \cdot 1,0 \cdot 20,0 = 40,0 \text{ cm}^2.$$

Die erforderliche Länge der beiden Kehlnähte:

$$l_1 = \frac{F_{\text{Schw I,ert}}}{2a} = \frac{40,0}{2 \cdot 0,7} = 28,6 \text{ cm},$$

(zulässig ist  $40a = 40 \cdot 0,7 = 28,0 \text{ cm}$ ; die geringe Überschreitung ist noch ausführbar).

Stoßlasche II.

Die Fläche der Stoßlasche II aus einem Breitstahl 280 · 10 ist größer als der damit zu stoßende Querschnitt der Gurtplatte  $G_2$  aus einem Breitstahl 250 · 10.

Der zum Anschluß erforderliche Schweißquerschnitt

$$F_{\text{Schw II,ert}} = 2 F_{G_2} = 2 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 50,0 \text{ cm}^2.$$

Die Länge  $l_{II_2}$  der Stirnnaht ist  $25,0 - 2 \cdot 0,7 = 23,6 \text{ cm}$ ; die Länge der Flankennaht:

$$l_{II_1} = \frac{F_{\text{Schw II,ert}} - a_{II_2} l_{II_2}}{2 a_{II_1}} = \frac{50,0 - 0,7 \cdot 23,6}{2 \cdot 0,7} = 23,9 \text{ cm}.$$

Eine Schlitzschweißung wird nicht erforderlich, da das Verhältnis  $\frac{b}{t} = \frac{28,0}{1,0} = 28 \text{ cm}$  kleiner als 30 und die Anschlußlänge  $l$  nicht größer als  $40a$  ist.

### c) Stoß von ungleich hohen Gurtplatten.

#### α) Allgemeines.

Die Abb. 96 veranschaulicht verschiedene Stoßausbildungen von ungleich hohen Gurtplatten. Diese Ausführungen ergeben sich bei Schweißträgern, deren Gurte durchweg aus einer Platte bestehen (vgl. auch Abb. 86, Träger „b“ und „c“). Wie schon im Teil 1 an Hand einer Gegenüberstellung nachgewiesen, ist die Gurtplattenanordnung trotz aller Bevorzugung im Schrifttum nicht so wirtschaftlich wie die Anordnung mit aufeinander gelegten Gurtplatten (Abb. 86, Träger „a“).

Die Berechnung und Ausführung der verschiedenen Stoßausbildungen gestaltet sich wie folgt:

Bei dem Stumpfstoß nach Abb. 96a mit V- oder X-Naht ist die Schweißnahtdicke gleich der kleineren zum Stoß kommenden Gurtplattendicke. Gemäß der Vorschriften ist die zulässige Spannung für Stumpfschweißungen bei einem Druckgurt gleich  $0,75 \sigma_{\text{zul}}$  und bei einem Zuggurt gleich  $0,6 \sigma_{\text{zul}}$ , so daß die Stoßstellen der Ober- und Untergurtung entsprechend nach den Auflagern hinrücken, bis die zulässigen Spannungen überschritten werden. Die Gurtplatten sind durch die Herabminderung der Spannung in der Stoßnaht nicht ausgenutzt.

Die Abb. 96b zeigt einen verstärkten Stumpfstoß. Damit als Schweißnahtdicke  $a$  die größte Gurtplattendicke  $t_{\text{max}}$  eingesetzt werden kann, ist die dünnere Gurtplatte am Stoß durch eine Ausgleichplatte verstärkt. Die Dicke der Ausgleichplatte ergibt sich aus dem Dickenunterschied der beiden aneinanderstoßenden Gurtplatten. Der Anschluß der Ausgleichplatte erfolgt mit der Kraft

$$P' = (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) l_A \sigma_{\text{zul}},$$

hierin ist  $l_A$  die zulässige Länge der Stumpfnaht.

Bei dem Stoß nach Abb. 96c ist außer der Stumpfnaht noch eine geknickte Decklasche vorgesehen. Die dickere Gurtplatte ist am Stoßende abgeschragt, so daß die Decklasche ohne Anordnung eines Futter-



stückes mit einer mäßigen Knickung aufgeschweißt werden kann. Durch die Decklaschen werden die Gurtungen besser ausgenutzt, jedoch nach den Angaben im Teil I auch keine wirtschaftlichen Verbesserungen gegenüber den Ausführungen nach Abb. a und b erzielt. Die Kosten der Decklaschen und der Anschlußnähte überwiegen die an Gurtquerschnitt erzielten Ersparnisse. Dazu kommt noch, daß gemäß

darin, daß die Stoßlasche gerade durchgeführt und ein entsprechendes Futterstück angeordnet wird. Hierbei ist der Umstand sehr ungünstig, daß das Futterstück — im Gegensatz zu Nietausführungen — nochmals mit der vollen Laschenkraft angeschlossen werden muß. Dazu kommt, daß die verhältnismäßig dünnen Futterstücke an der einen Stoßseite keine stärkeren Kehlnähte zulassen ( $\alpha_{zul} = 0,707 t_{min}$ ) und

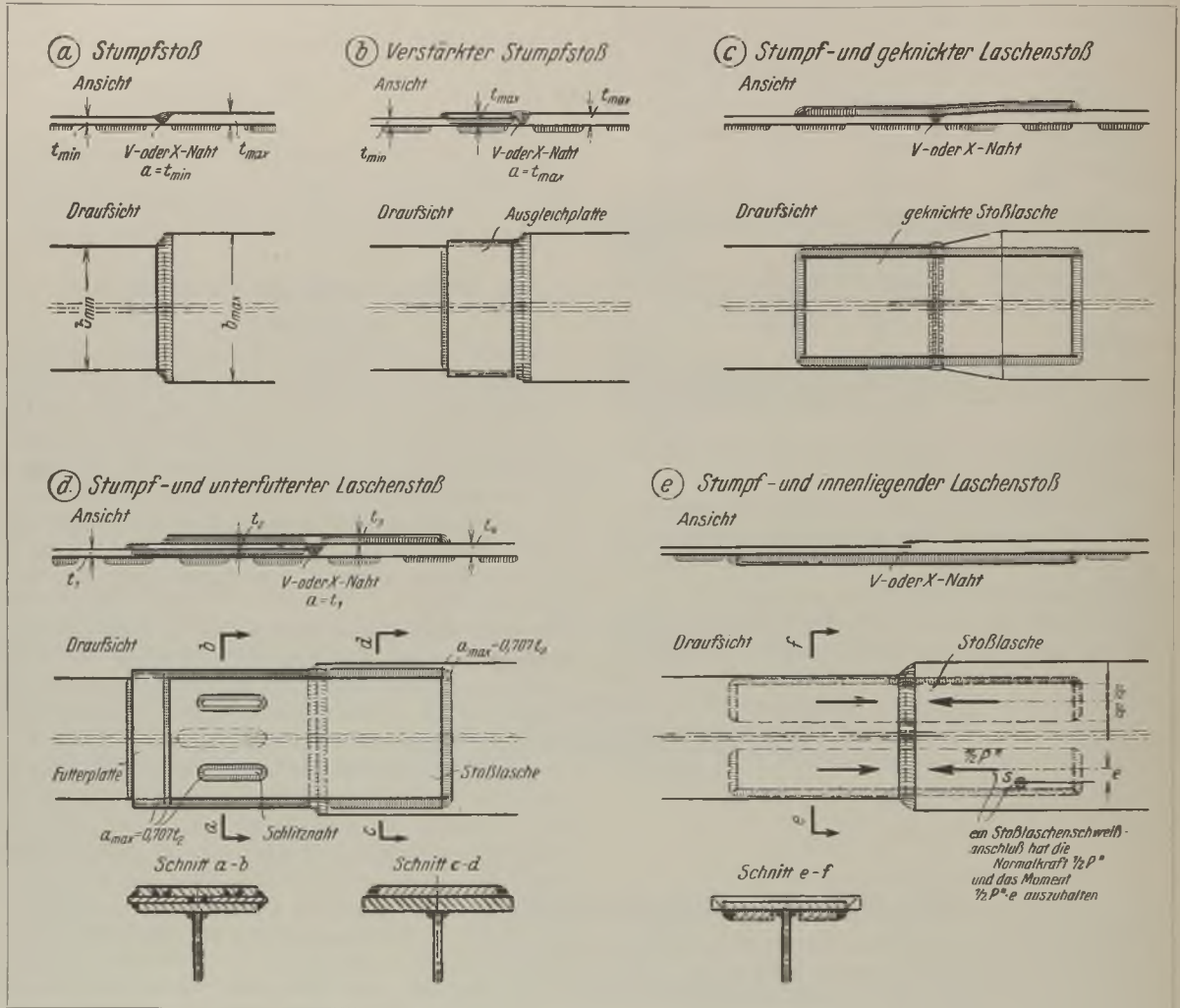


Abb. 96. Verschiedene Stoßausführungen von aneinander gestoßenen, in Dicke und Breite abgesetzten Gurtplatten.

der Vorschriften bei einem Anschluß mit Stumpf- und Kehlnähten nur die für die Kehlnähte zulässige Spannung einzusetzen ist; mit anderen Worten: Die Stumpfnähte, die ohne Decklaschenanordnung mit einer Spannung von  $0,6 \sigma_{zul}$  bei Zug und  $0,75 \sigma_{zul}$  bei Druck berechnet werden können, sind bei gleichzeitiger Anwendung von Stoßlaschen durchweg nur mit  $0,5 \sigma_{zul}$  zu beanspruchen.

Die in Abb. 96d dargestellte Stoßausbildung ist im Grunde genommen die gleiche wie die in Abb. c veranschaulichte. Die Verschiedenheit besteht lediglich

dadurch der erforderliche Anschluß sehr lang wird. Da er meistens das zulässige Maß von  $40a$  überschreitet, so müssen, wie auch in der Abb. d angedeutet, außer den Kehlnähten auch noch Schlitznähte zur Anwendung kommen.

In Abb. 96e ist schließlich noch eine Stoßausbildung dargestellt, bei der die Stoßlasche in zwei Teilen unterhalb der Gurtung angebracht ist. Hierbei ist zu beachten, daß der Laschenstoß entsprechend des geringeren Trägheitsmomentes (in bezug auf die  $x-x$ -Achse des Gesamtträgerquerschnittes) stärker als bei



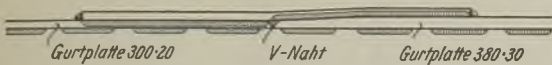
den Ausführungen gemäß Abb. *c* und *d* hergestellt werden muß. Bei der Ausführung nach Abb. *e* ist angenommen, daß die Laschen erst nach Anschweißung der Gurtplatten angebracht werden; in diesem Fall können an den Lascheninnenkanten keine Schweißnähte angebracht werden. Der Anschluß der Laschen erfolgt dann durch eine winkelförmige Schweißfläche, die außer der Normalkraft noch ein Moment zu übertragen hat (vgl. Teil A, 7, e). Die Laschen können auch an den Innenkanten eine Schweißnaht erhalten, wenn die gesamte Gurtung vor der Anbringung zusammengeschweißt wird.

### β) Zahlenbeispiel.

1) Allgemeines.

Für den Gurtplattenstoß nach Abb. 97 soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden.

Ansicht



Draufsicht



Abb. 97. Gurtplattenstoß mit Stumpfnah und Lasche.

Eine Gurtplatte 300 · 20 soll mit einer Gurtplatte 380 · 30 derartig verbunden werden, daß an der Stoßstelle die Gurtplatte 380 · 30 als voll angeschlossen zu betrachten ist.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

Die anschließende gesamte Stoßkraft:

$$P = F_{\sigma_{max}} \sigma_{zul} = 3,0 \cdot 38,0 \cdot 1,4 = 159,6 \text{ t.}$$

2) Bestimmung der Stumpfnah.

$$t_{min} = 20 \text{ mm}; \quad a = t_{min} = 20 \text{ mm.}$$

$$l = b_1 - \text{Endkrater};$$

als Endkraterabzug wird  $2 \cdot 15 = 30 \text{ mm}$  angenommen:

$$l = 300 - 30 = 270 \text{ mm.}$$

$$F_{Schw} = al = 2,0 \cdot 27,0 = 54,0 \text{ cm}^2.$$

Die Stumpfnah überträgt somit eine Kraft:

$$P' = F_{Schw} \sigma_{zul} = 54,0 \cdot 0,7 = 37,8 \text{ t.}$$

3) Bestimmung des Stoßlaschenanschlusses.

Die Stoßlasche hat folgende Kraft zu übertragen:

$$P'' = P - P' = 159,6 - 37,8 = 121,8 \text{ t.}$$

Vorhanden ist eine Lasche 340 · 26

$$\sigma_{vorh} = \frac{P''}{F_{Lasche}} = \frac{121,8}{2,6 \cdot 34,0} = 1,38 \text{ t/cm}^2.$$

$$t_{min} = 20 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 20 = 14,14 \text{ mm};$$

$$a_{vorh} = 14 \text{ mm.}$$

Da die Stirnnahtlänge  $l_2$  mit Berücksichtigung der Endkrater  $30,0 - 2 \cdot 1,4 = 27,2 \text{ cm}$  beträgt, so wird die Kehlnahtlänge:

$$l_1 = \frac{P'' - a_2 l_2 \sigma_{zul}}{2 a_1 \sigma_{zul}} = \frac{121,8 - 1,4 \cdot 27,2 \cdot 0,7}{2 \cdot 1,4 \cdot 0,7}$$

$$= 48,5 \text{ cm,}$$

$$l_{1zul} = 40a = 40 \cdot 1,4 = 56,0 \text{ cm.}$$

4) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Schnitt a-b



Bei Ausführung des Stoßes nach Abb. 97 *d* mit Futterstück müßte die Dicke desselben  $30 - 20 = 10 \text{ mm}$  betragen. Da für diese Blechdicke die zulässige Schweißnahtdicke nur 7 mm ist, so würde sich folgende Stirnnahtlänge ergeben:

$$l_1 = \frac{P'' - a_2 l_2 \sigma_{zul}}{2 a_1 \sigma_{zul}} = \frac{121,8 - 0,7 \cdot 28,6 \cdot 0,7}{2 \cdot 0,7 \cdot 0,7}$$

$$= 110,0 \text{ cm};$$

$$l_{zul} = 40a = 40 \cdot 0,7 = 28,0 \text{ cm.}$$

Es müßten also außer den Kehlnähten noch mindestens zwei Schlitznähte angeordnet werden.

## 6. Baustellenstoß.

Ist der Schweißträger in einer derartigen Länge auszuführen, daß die Beförderung von der Werkstatt bis zur Baustelle unmöglich ist, dann muß ein Baustellenstoß angeordnet werden. Die Ausführung und Berechnung eines Baustellenstoßes bietet nichts Neues, sie setzt sich — wie im Vorangehenden gezeigt — aus dem Stoß des Steges und der Gurtplatten zusammen. Die Stoßanordnung der Gurtplatten nach Abb. 94 hat gegenüber der Anordnung nach Abb. 95 den Vorteil, daß keine Teile über Stoßmitte hinausragen.

Soll auf der Baustelle ein Umdrehen des Schweißträgers und trotzdem Überkopfschweißungen vermieden werden, so sind die Gurtplatten gemäß Abb. 85 *c* anzuordnen: am Obergurt werden die Platten nach und nach schmaler und am Untergurt dagegen nach und nach breiter ausgeführt.

## C. Zusätze und Erweiterungen für Kranträgerausführungen.

### 1. Berechnung und Ausführung der Kranträger-Auflager.

#### a) Allgemeines.

Die Lagerung der Kranträger auf massive Pfeiler erfolgt sinngemäß der im Teil A, 1 gemachten Angaben.

Besteht die Stütze aus nur einem I- oder IP-Stiel, dann kann der Kranträgeranschluß mit Hilfe eines am Stiel angeschweißten Kragbleches erfolgen (Abb. 99). Zur Ermöglichung eines Schraubenschlusses des Kranträgers ist an der Außenseite des Kragbleches ein Breitstahl angeschweißt. Damit

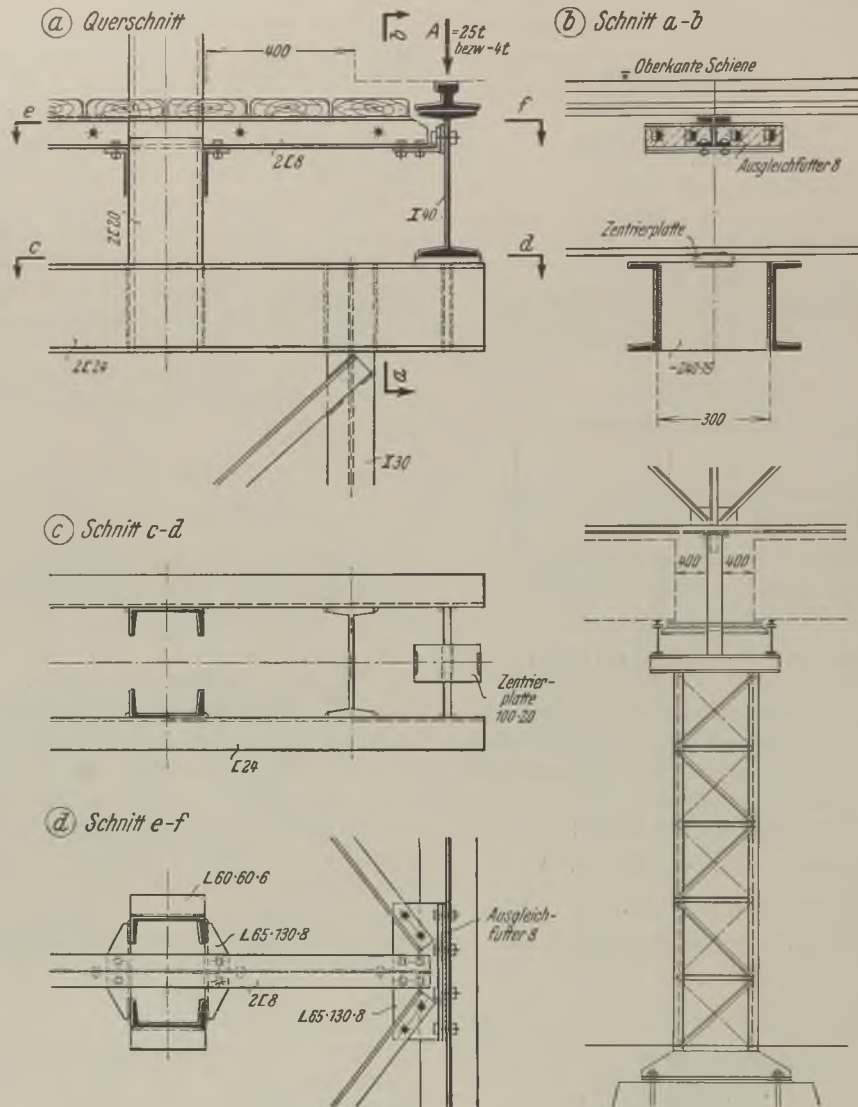


Abb. 98. Kranträger-Stützenkopf.

In Abb. 99 ist das Auflager auf einem Kranträgerstützenkopf dargestellt. Die Lagerung erfolgt mittig durch eine lotrecht stehende Platte mit oben angeschweißtem Zentrierstück. Die Befestigung des durchlaufenden Kranträgers erfolgt durch zwei Schweißstriche, die für eine negative Auflagerkraft von 40 t zu bestimmen sind. Natürlich kann der Kranträger auch mit Schrauben befestigt werden.

Liegt der Kranträger unmittelbar über dem Stützenstiel, so erfolgt die Ausführung nach Teil A, 5.

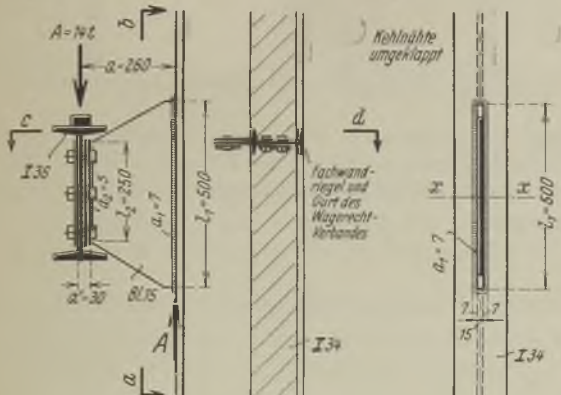
bei der Aufstellung ein Ausrichten der Kranbahn möglich ist, sind zwischen Kranträgersteg und Kragstück Ausgleichfütter in verschiedenen Stärken vorzusehen. Damit die Übertragungsschrauben nicht über die zulässige Grenze hinaus auf Biegung beansprucht werden, sind die Ausgleichfütter noch besonders an den Kranträgersteg anzuschließen. Zur Aufnahme des Seitenschubes ist ein fachwerkartiger Waagrechtträger angeordnet. Für den Schweißanschluß des Kragstückes an die Stütze ist im

folgenden Teil der Festigkeitsnachweis durchgeführt.

Abb. 100 zeigt noch eine andere Ausführungsart. Infolge des größeren Auflagerdruckes ist hier das Kragstück aus einem kup I-Träger gebildet. Der

(a) Querschnitt

(b) Schnitt a-b



(c) Schnitt c-d

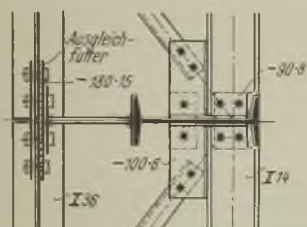


Abb. 99. Kranträgeranschluss mittels Kragblech.

Waagrechtträger ist als vollwandiger Schweißträger ausgebildet; zwecks Haltung der 1/2 Stein starken Ausfachung sind außer dem Außengurt noch kurze Flachstahlstücke an den Waagrechtträgersteg angeschweißt. Der Kran- und Waagrechtträger kann in der Werkstatt fertig zusammengeschweißt werden; damit während der Beförderung und Aufstellung eine gewisse Steifigkeit erzielt wird, sind zweckmäßig einige Zwischenstäbe einzuschweißen.

b) Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Für den in Abb. 99 dargestellten Schweißanschluss des Kragbleches soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden. Die Auflagerkraft  $A$  beträgt 14 t. Alle Abmessungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

β) Anschluß des Kragbleches an die Stütze.

Die Schweißnähte haben außer der auf Abscheren wirkenden Kraft  $A$  noch das Biegemoment

$$M = A a = 14,0 \cdot 26,0 = 364 \text{ cmt}$$

aufzunehmen.

$$l_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 7 \text{ mm.}$$

Gregor, Stahlhochbau IV.

In Abb. 99b sind die Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt. Da um die Blechkanten herumgeschweißt wird, brauchen Endkrater nicht berücksichtigt zu werden.

$$F_{\text{Schw}} = 2 a_1 l_1 = 2 \cdot 0,7 \cdot 50,0 = 70,0 \text{ cm}^2,$$

$$W_{\text{Schw}} = 2 \frac{a_1 l_1^2}{6} = 2 \frac{0,7 \cdot 50,0^2}{6} = 584 \text{ cm}^3.$$

Spannung infolge des Momentes:

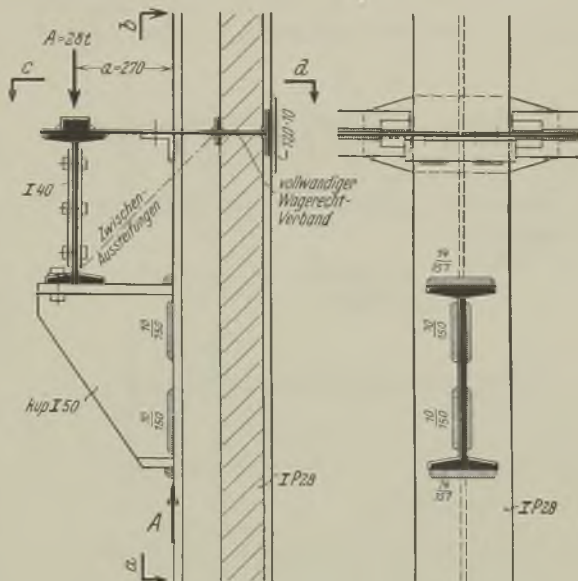
$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{364}{584} = 0,624 \text{ t/cm}^2.$$

Spannung infolge der Auflagerkraft:

$$\sigma_2 = \frac{A}{F_{\text{Schw}}} = \frac{14,0}{70,0} = 0,200 \text{ t/cm}^2.$$

(a) Querschnitt

(b) Schnitt a-b



(c) Schnitt c-d

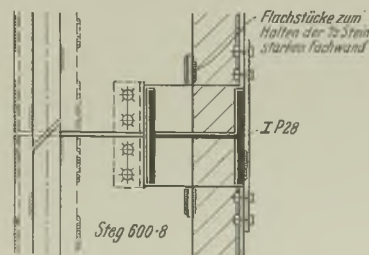


Abb. 100. Kranträgerauflagerung mit Hilfe eines Kragträgerstückes; Kranträger und Waagrechtträger sind in der Werkstatt zusammengeschweißt.

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,624^2 + 0,200^2} = 0,66 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Anschluß des Breitstahles 180 · 15 an das Kragblech.

Der Schweißanschluss hat für die Auflagerkraft  $A$  und das Moment  $A a' = 14,0 \cdot 3,0 = 42,0 \text{ cmt}$  zu erfolgen.



$$F_{\text{Schw}} = 2 a_2 l_2 = 2 \cdot 0,5 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ cm}^2.$$

$$W_{\text{Schw}} = 2 \frac{a_2 l_2^2}{6} = 2 \frac{0,5 \cdot 25,0^2}{6} = 104,0 \text{ cm}^3.$$

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{42,0}{104} = 0,404 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{A}{F_{\text{Schw}}} = \frac{14,0}{25,0} = 0,560 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,404^2 + 0,560^2} = 0,69 \text{ t/cm}^2.$$

## 2. Befestigung der Schienen.

In Abb. 101 ist der Schweißanschluß von verschiedenen Laufkranschienen dargestellt. Der Schweißanschluß ist bedeutend bequemer als die Niet- bzw.

Schraubenbefestigung. Während man z. B. ohne Hilfe der Schweißtechnik die Vierkantschienen mit versenkten Gewindeschrauben anschließen muß, kann

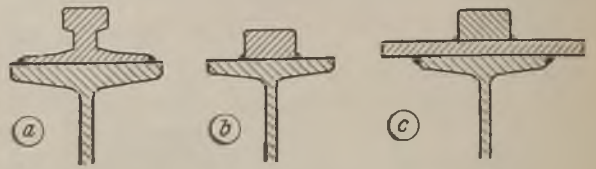


Abb. 101. Schweißanschluß von verschiedenen Laufkranschienen.

hier in einfachster Weise die Befestigung durch Schweißstriche erfolgen; die Schweißstriche können in Abständen von 200 bis 300 mm versetzt angeordnet werden.

# Der Stahlskelettbau.

## A. Allgemeines.

### 1. Berechnung und Ausführung der Stiefüße.

Die Berechnung und Ausführung der Stiefüße erfolgt nach den Angaben im fünften Abschnitt, Teil A, 1.

### 2. Berechnung und Ausführung der Stielstöße.

Die Berechnung und Ausführung der Stielstöße erfolgt nach dem Teil A, 3 im fünften Abschnitt.

### 3. Berechnung und Ausführung der Bindebleche und Vergitterungen.

Bestehen die Stiele aus einem zusammengesetzten Querschnitt, dann müssen die Einzelstäbe durch Bindebleche oder Schrägen entsprechend verbunden werden. Die Berechnung und Ausführung der Bindeplatten erfolgt nach dem Teil A, 4 im fünften Abschnitt.

### 4. Berechnung und Ausführung der einfachen Riegel- und Trägeranschlüsse.

Die Berechnung und Ausführung der einfachen Trägeranschlüsse sind im dritten Abschnitt, Teil A, 4 behandelt.

### 5. Berechnung und Ausführung der biegefesten Riegelanschlüsse.

#### a) Allgemeines.

Im nachfolgenden Teil B sind fünf Zahlenbeispiele für die Berechnung und Ausführung von biegefesten Riegelanschlüssen (Rahmenecken) gegeben. In den Betrachtungen zu den Beispielen sind noch weitere Ausführungsarten besprochen.

Hier sollen noch einige bemerkenswerte bereits veröffentlichte Rahmenknoten betrachtet werden.

Im „Bauingenieur“ 1931, Heft 41/42, empfiehlt Dr. Schmuckler die Ausführung der Rahmenknoten gemäß Abb. 102. Vom Standpunkt des Praktikers ist die vollständige Zerschneidung der Stielflansche und der Riegel kaum zu empfehlen. Außerdem müssen bei jedem Riegel noch zwei besondere Baustellenstöße vorgesehen werden. Wenn auch die Stöße in die Nähe der Momentennullpunkte verlegt werden, so sind dennoch ansehnliche Verbindungen vorzusehen, da sich ja die Nullpunkte durch die veränderlichen Belastungen (Nutzlasten, Wind usw.) ständig verschieben. Die an und für sich umständliche Rahmen-

knotenausbildung mit den vielen Ausklinkungen, Einschnitten, dem beträchtlichen Schweißstoffaufwand und den erforderlich werdenden Baustellenstößen ist sehr kostspielig, so daß es ratsam erscheint, die Rahmenknoten so auszubilden, daß Stiele und Riegel

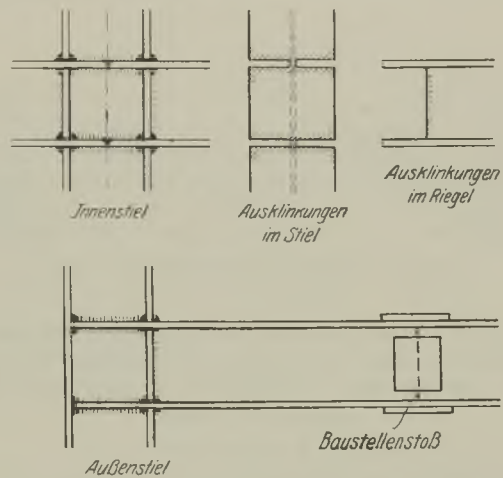


Abb. 102. Rahmenknoten nach Dr. Schmuckler (DRP. a.).

glatt bleiben und besondere Baustellenstöße vermieden werden.

Im „Stahlbau“ 1931, Heft 21 veröffentlicht Prof. Unold eine Knotenausbildung gemäß Abb. 103. Die gedachte Umwandlung des Rahmens in ein fachwerkartiges Gebilde ist zur Klarstellung des Kräfteflusses sehr lehrreich. Nur ist hier wieder die Zerschneidung der Stiele und Riegel, sowie die erforderlich werdende Anordnung von Baustellenstößen vom Nachteil. Außerdem ist der Schweißanschluß der abgebogenen Riegelflanschenden nicht ganz einwandfrei herzustellen. Beachtenswert sind die Zuschriften an die Schriftleitung im „Stahlbau“ 1931, Heft 26.

In Abb. 113 bis 115 sind sinngemäße Ausführungen gegeben, die den Stiel und den Riegel unverletzt lassen und Baustellenstöße überflüssig machen. Es wird dort nur ein Teil der Schubspannungen umgeleitet, da ja der unzerschnittene Stiel an und für sich ein Teil der Schubkraft überträgt. Es ist so vorzugehen, daß man die Schub- und Hauptspannung im Knotenbereich des Stieles berechnet und nach

Feststellung einer Überbeanspruchung des Stieles den Teil der Querkraft, den der Stiel nicht zu übertragen imstande ist, durch andere Ausführungsmaßnahmen ableitet. Im folgenden Teil B sind verschiedene Anordnungen eingehend besprochen

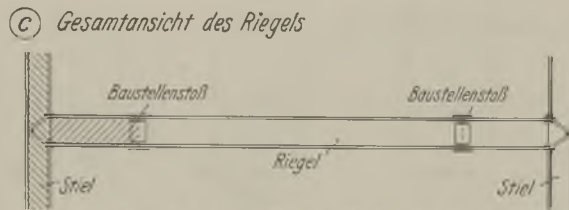
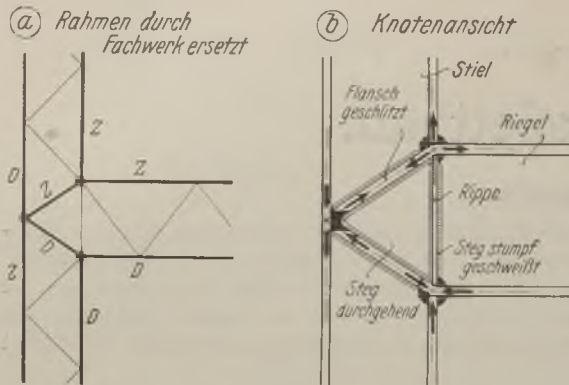


Abb. 103. Rahmenknoten nach Professor G. Unold.

b) Die Dresdener Versuche der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und des Deutschen Stahlbau-Verbandes mit geschweißten biegefesten Anschlüssen von Trägern an Stützen.

α) Allgemeines.

Für diese Verbindungen sind acht Versuche unternommen worden. Die Anschlüsse sind spiegelbildlich ausgeführt und spiegelbildlich belastet. Der Stiel besteht aus 1 IP 22 und die beiden Trägerkragarme bestehen aus je 1 IP 20 (vgl. „Der Stahlbau“ 1931, Heft 12). Es sollen nachstehend nur zwei Versuche betrachtet werden.

β) Versuchskörper nach Abb. 104.

Bei dem Versuchsträger nach Abb. 104 erfolgte die Verbindung der Riegel durch zwei äußere Flanschkehlnähte.

Biegemoment  $M = Pa = P \cdot 22,5$ ,

Querkraft  $Q = P$ .

In Abb. 104b sind die Dicken  $a$  der Schweißnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

$$F_{Schw} = 2 \cdot 0,6 \cdot 19,2 = 23,0 \text{ cm}^2,$$

$$J_{Schw} = 19,2 (21,2^3 - 20,0^3) \frac{1}{12} = 2445 \text{ cm}^4.$$

$$W_{Schw} = \frac{2445}{10,6} = 231 \text{ cm}^3.$$

Spannung aus dem Moment und der Querkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{22,5 P}{231} = 0,0974 P,$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{Schw}} = \frac{P}{23,0} = 0,0435 P.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = P \sqrt{0,0974^2 + 0,0435^2} = 0,1067 P.$$

Mit einer zulässigen Spannung  $\sigma = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,2 = 0,6 \text{ t/cm}^2$  wird

$$P_{zul} = \frac{\sigma_{zul}}{0,1067} = \frac{0,6}{0,1067} = 5,62 \text{ t}.$$

Bei dem Versuch trat der Bruch bei einer Belastung  $P_B = 28,0 \text{ t}$  ein; der Sicherheitsgrad beträgt daher:

$$v = \frac{P_B}{P_{zul}} = \frac{28,0}{5,62} = 4,98 \text{ fach}.$$

Die verhältnismäßig geringe Bruchbeanspruchung ist dahin zu erklären, daß durch das Fehlen von Stegnähten die Flanschnähte infolge der noch aufzunehmenden Schubkraft  $Q$  auch noch in sich Biegespannungen erhalten.

Bei den folgenden Zahlenbeispielen ist bei derartigen Anschlüssen ohne Stegnähte, die nur bei Anordnung von Auflagerknaggen anzuwenden sind, so vorgegangen worden, daß das Biegemoment  $M$  durch ein waagrecht gerichtetes Kräftepaar ersetzt ist. Damit wird (vgl. Abb. 104a):

$$S_o = S_w = \frac{M}{c} = \frac{22,5 P}{20,0} = 1,125 P.$$

Rechnet man nun mit dieser Kraft, dann wird für die Kehl­nähte die Spannung

$$\sigma_1 = \frac{1,125 P}{F'_{Schw}} = \frac{1,125 P}{0,6 \cdot 19,2} = 0,0977 P;$$

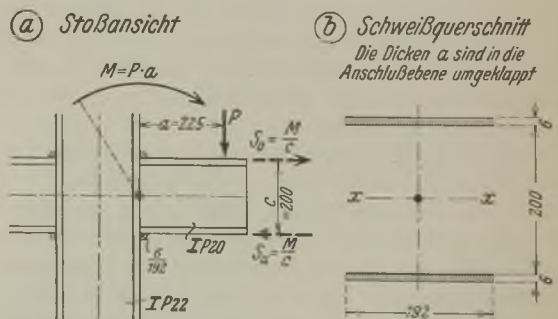


Abb. 104. Biege­fester Träger­anschluß durch zwei äußere Flanschkehl­nähte. (Dresdener Versuch 1a<sub>1</sub>.)

es ergibt sich also fast derselbe Wert wie vorher aus dem Moment und dem Widerstandsmoment der gesamten Schweißfläche mit  $0,0974 P$  berechnet. Damit ist in einem solchen Falle das vereinfachte Rechenverfahren gut anwendbar.



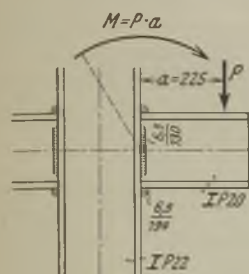
γ) Versuchskörper nach Abb. 105.

Bei dem Versuchskörper nach Abb. 105 erfolgte die Verbindung durch zwei äußere Flanschkehlnähte und zwei Stegkehlnähte.

$$\text{Biegemoment } M = Pa = P \cdot 22,5,$$

$$\text{Querkraft } Q = P.$$

(a) Stoßansicht



(b) Schweißquerschnitt

Die Dicken  $a$  sind in die Anschlußebene umgeklappt

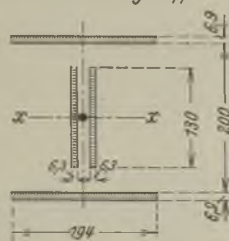


Abb. 105. Biegeester Trägeranschluß durch zwei äußere Flanschkehlnähte und zwei Stegkehlnähte. (Dresdener Versuch I<sub>c1</sub>.)

In Abb. 105b sind die Dicken  $a$  der Schweißnähte umgeklappt.

$$F_{\text{Schw}} = 2 \cdot 0,69 \cdot 19,4 + 2 \cdot 0,63 \cdot 13,0 = 43,15 \text{ cm}^2,$$

$$J_{\text{Schw}} = 2 \frac{0,63 \cdot 13,0^3}{12} + 19,4 (21,38^3 - 20,0^3) \frac{1}{12}$$

$$= 3097 \text{ cm}^4,$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{3097}{10,69} = 290 \text{ cm}^3$$

Spannung aus dem Moment und der Querkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{22,5P}{290} = 0,0776P,$$

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{P}{43,15} = 0,0232P.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = P \sqrt{0,0776^2 + 0,0232^2} = 0,081P.$$

Mit einer zulässigen Spannung  $\sigma = 0,6 \text{ t/cm}^2$  wird:

$$P_{\text{zul}} = \frac{\sigma_{\text{zul}}}{0,081} = \frac{0,60}{0,081} = 7,41 \text{ t/cm}^2.$$

Bei dem Versuch trat der Bruch bei einer Belastung  $P_B = 38,2 \text{ t}$  ein; der Sicherheitsgrad beträgt daher:

$$v = \frac{P_B}{P_{\text{zul}}} = \frac{38,2}{7,41} = 5,16 \text{ fach.}$$

Das Ergebnis der Versuche mit Stegnähten ist besser als das der Versuche ohne Stegnähte. Der biegeester Anschluß nach Abb. 105 ist somit dem Anschluß nach Abb. 104 vorzuziehen. Werden jedoch zur Aufnahme der Querkraft bzw. der Auflagerkraft besondere Maßnahmen getroffen (z. B. Anordnung von Auflagerknaggen gemäß Abb. 108), dann ist auch die Ausführung nach Abb. 104 gut anwendbar.

## B. Fünf Zahlenbeispiele zur Berechnung und Ausführung von Stockwerkrahmen-Knotenpunkten.

### 1. Erstes Zahlenbeispiel.

#### a) Allgemeines.

Nachstehend wird der in Abb. 106 dargestellte Knotenpunkt eines Stockwerkrahmens auf seine Festigkeit untersucht. Im vorliegenden Beispiel soll auch auf der Baustelle geschweißt werden. Im nachfolgenden Beispiel ist für denselben Knotenpunkt nur Werkstattschweißung vorgesehen. Alle Belastungen, Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

#### b) Die Aufnahme der Stoßmomente und Querkräfte.

Bei beiden Belastungsfällen wird das Stoßmoment und die Querkraft durch eine äußere und eine innere Flanschkehlnaht und durch zwei Stegkehlnähte aufgenommen. Am unteren Trägerflansch ist die Kehlnaht aus dem Grunde innen angeordnet, damit der Träger glatt auf den Aufstellungswinkel verlegt werden kann und außerdem eine Überkopfschweißung vermieden wird.

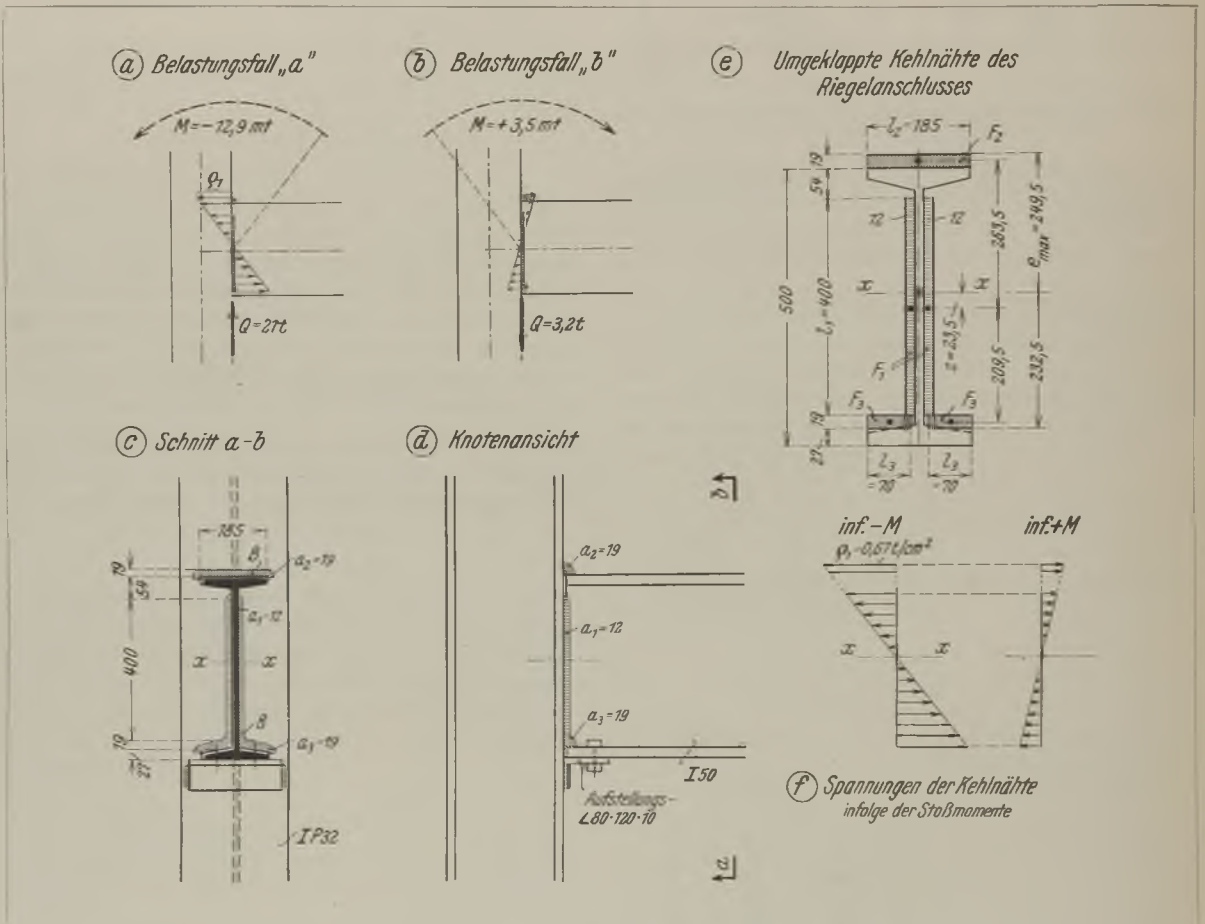


Abb. 106. Rahmenknoten mit Baustellen-Schweißanschluß des Riegels.

#### α) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast (Abb. a).

(Größtes negatives Stoßmoment und größte Querkraft).  $M = -12,9 \text{ mt}$ ;  $Q = +21 \text{ t}$ .

#### β) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast (Abb. b).

(Größtes positives Stoßmoment und kleinste Querkraft).  $M = +3,5 \text{ mt}$ ;  $Q = -3,2 \text{ t}$ .

#### c) Berechnung der Kehlnähte.

In der Abb. 106e sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebeine umgeklappt. Mit genügender Annäherung sind die am Steg und am unteren Flansch in einem Zuge herumgeschweißten Nähte in einzelne Rechtecke zerlegt. Zwecks besserer Ausnutzung der vorhandenen Anschlußlängen sind an den Flanschen die Kehlnähte etwas herumgeschweiß, wodurch eine Verlängerung erzielt wird; es kann somit als Naht-

länge die gesamte Flanschbreite genommen werden.

$$\begin{aligned}
 l_1 &= 18 \text{ mm}; & a_{1\text{zul}} &= 0,707 \cdot 18 = 12,7 \text{ mm}; \\
 a_{1\text{vorh}} &= 12 \text{ mm}. \\
 l_2 &= l_3 = \infty 27 \text{ mm}; \\
 a_{2\text{zul}} &= a_{3\text{zul}} = 0,707 \cdot 27 = 19,1 \text{ mm}; \\
 a_{2\text{vorh}} &= a_{3\text{vorh}} = 19 \text{ mm}. \\
 l_4 &= 400 \text{ mm}; & l_2 &= 185 \text{ mm}; & l_3 &= 70 \text{ mm}.
 \end{aligned}$$

Spannungen aus dem Moment und der Querkraft:

$$\begin{aligned}
 e_1 &= \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{1290}{1926} = 0,670 \text{ t/cm}^2, \\
 e_2 &= \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{21,0}{157,8} = 0,133 \text{ t/cm}^2.
 \end{aligned}$$

Gesamtspannung:

$$\begin{aligned}
 e &= \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,670^2 + 0,133^2} = 0,683 \text{ t/cm}^2, \\
 e_{\text{zul}} &= 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.
 \end{aligned}$$

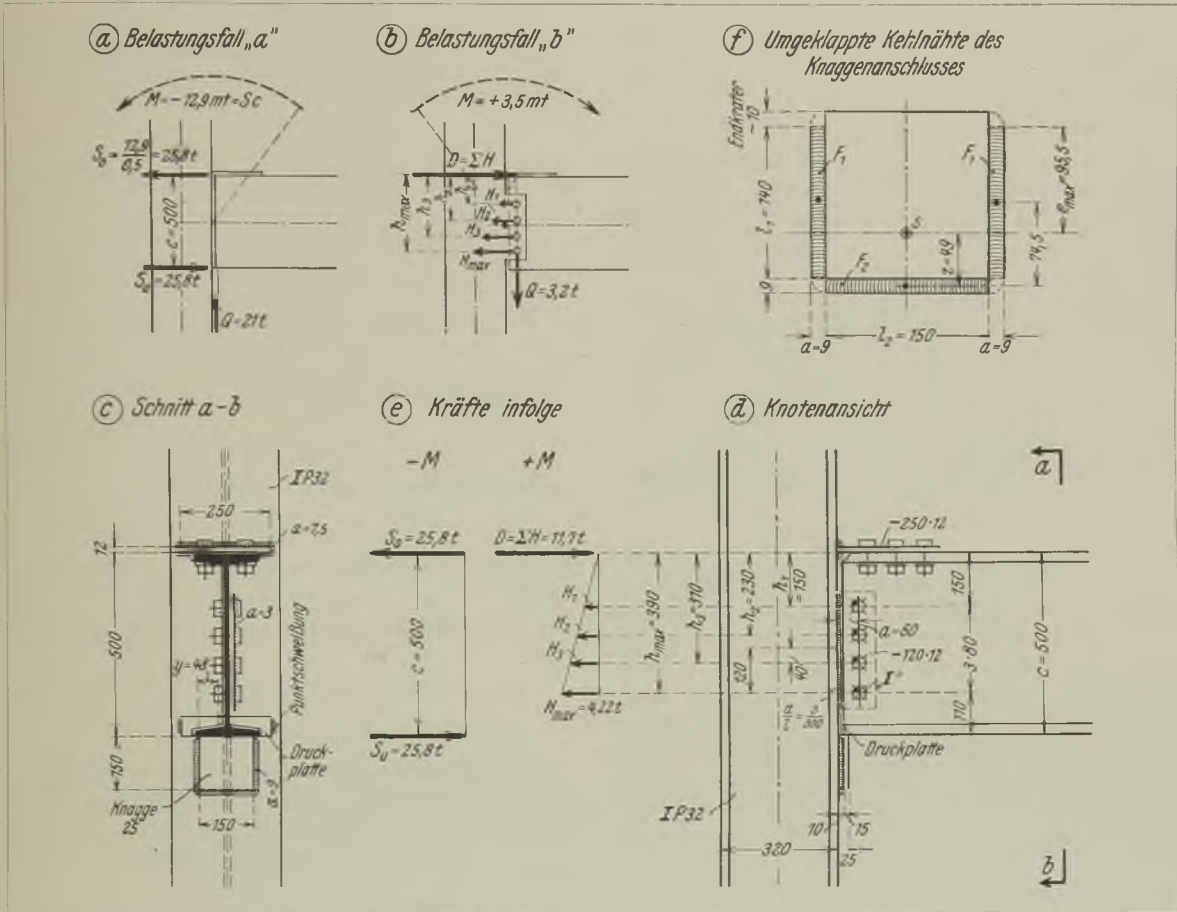


Abb. 107. Rahmenknoten mit Werkstattschweißung und Baustellenverschraubung.

Schweißfläche:

$$\begin{aligned}
 2F_1 &= 2a_1l_1 = 2 \cdot 1,2 \cdot 40,0 &= 96,0 \text{ cm}^2 \\
 F_2 &= a_2l_2 = 1,9 \cdot 18,5 &= 35,2 \text{ „} \\
 2F_3 &= 2a_3l_3 = 2 \cdot 1,9 \cdot 7,0 &= 26,6 \text{ „} \\
 & &F_{\text{Schw}} &= 157,8 \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_1$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{35,2 \cdot 26,35 - 26,6 \cdot 20,95}{157,8} = 2,35 \text{ cm},$$

$$\begin{aligned}
 J_{\text{Schw}} &= 2 \frac{1,2 \cdot 40,0^3}{12} + 96,0 \cdot 2,35^2 + 35,2 (26,35 - 2,35)^2 \\
 &+ 26,6 (20,95 + 2,35)^2 = 48046 \text{ cm}^4,
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_{\text{max}}} = \frac{48046}{24,95} = 1926 \text{ cm}^3.$$

## 2. Zweites Zahlenbeispiel.

### a) Allgemeines.

Der im vorangehenden Beispiel behandelte Knotenpunkt soll nunmehr nur für eine Werkstattschweißung eingerichtet werden; auf der Baustelle soll nur geschraubt werden. Alle Belastungen, Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abb. 107 hervor.  $e_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

$\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast (Abb. a).

(Größtes negatives Stoßmoment und größte Querkraft).

$$\begin{aligned}
 M &= -12,9 \text{ mt}; \\
 Q &= +21,0 \text{ t}.
 \end{aligned}$$



β) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast (Abb. b).

(Größtes positives Stoßmoment und kleinste Querkraft).  
 $M = +3,5 \text{ mt}$ ;  $Q = -3,2 \text{ t}$ .

b) Die Aufnahme der Stoßmomente und Querkräfte.

α) Belastungsfall „a“.

Bei dem Belastungsfall „a“ wird das Stoßmoment durch ein waagrecht gerichtetes Kräftepaar ersetzt gedacht, das im Abstände  $c = 500 \text{ mm}$  am oberen und unteren Riegeflansch zur Wirkung kommt (vgl. Abb. a):

$$S_o = S_u = \frac{M}{c} = \frac{12,9}{0,5} = 25,8 \text{ t}.$$

Zur Übertragung der Zugkraft  $S_o$  ist in der Werkstatt am Stützenstiel ein Flachstahl  $250 \cdot 12$  angeschweißt, der bei der Aufstellung mit dem oberen Riegeflansch durch eine entsprechende Anzahl Schrauben verbunden wird.

Zur Übertragung der Druckkraft  $S_u$  sind einfach zwischen der unteren glatt bearbeiteten Riegeflansch- und dem Stieflansch Druckstücke eingepaßt.

Die Querkraft  $Q$  wird durch unmittelbare Auflagerung des Riegels auf eine Stahlknagge übertragen; der Steganschluß, der bei dem Belastungsfall „b“ gebraucht wird, soll hierbei vernachlässigt werden.

β) Belastungsfall „b“.

Bei dem Belastungsfall „b“ ist das Stoßmoment positiv, so daß am Anschluß der obere Riegeflansch gedrückt und der untere gezogen wird. Da jedoch das positive Stoßmoment bedeutend geringer als das vorher besprochene negative Moment ist, so kann im vorliegenden Fall von der Anordnung einer besonderen Zugübertragung, so wie es bei der Aufnahme des negativen Momentes am oberen Flansch durch einen Flachstahl  $250 \cdot 12$  vorgesehen ist, Abstand genommen werden. Es genügt in diesem Fall zur Übertragung der Momentenzugkräfte die Flachstahlverbindung des Stieflansches mit dem Riegelsteg. Der Flachstahl  $120 \cdot 12$  wird in der Werkstatt am Stützenstiel angeschweißt und auf der Baustelle mit dem Riegelsteg verschraubt; das durch den einseitigen Anschluß hervorgerufene Moment kann vernachlässigt werden. Zur Berechnung der Zugkräfte wird Oberkante Riegeflansch als Druckauflager bzw. Drehpunkt angenommen (vgl. Abb. b).

Die Stegverbindung hat somit folgende waagerechten Kräfte zu übertragen:

$$H_{\max} = M \frac{h_{\max}}{\sum h^2} = 350,0 \frac{39,0}{15,0^2 + 23,0^2 + 31,0^2 + 39,0^2} = 4,22 \text{ t},$$

$$H_2 = \frac{H_{\max} h_3}{h_{\max}} = \frac{4,22 \cdot 31,0}{39,0} = 3,34 \text{ t},$$

$$H_o = \frac{H_{\max} h_2}{h_{\max}} = \frac{4,22 \cdot 23,0}{39,0} = 2,49 \text{ t},$$

$$H_1 = \frac{H_{\max} h_1}{h_{\max}} = \frac{4,22 \cdot 15,0}{39,0} = 1,62 \text{ t}.$$

Die Druckkraft

$$D = \sum H = 4,22 + 3,34 + 2,49 + 1,62 = 11,67 \cong 11,7 \text{ t},$$

muß, da der obere Flansch kein Berührungsaufleger hat, durch die Schraubenverbindung mit dem Flachstahl  $250 \cdot 12$  in den Stieflansch gebracht werden. Da die Kraft  $D = 11,7 \text{ t}$  geringer ist als die Kraft  $S_o = 25,8 \text{ t}$ , so ist hierfür der Anschluß des Flachstahles  $250 \cdot 12$  an den oberen Riegeflansch und auch am Stieflansch ohne weiteres ausreichend.

Der Steganschluß soll außerdem noch die geringe negative Querkraft  $Q = -3,2 \text{ t}$  allein aufnehmen; obwohl zweifellos auch der Flachstahl  $250 \cdot 12$  dabei mitwirkt.

c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der positiven Querkraft  $Q$ .

α) Unmittelbare Kraftübertragung.

Die Berechnung der Pressung zwischen Riegeflansch und oberer Knaggenkante, sowie die Bestimmung der Biegebeanspruchung im Riegeflansch geschieht nach Teil A, 3 im dritten Abschnitt. Die besondere Ausrechnung erübrigt sich hier, so daß nur die Ergebnisse angegeben werden:

$$\text{Pressung: } \sigma = 0,93 \text{ t/cm}^2.$$

Biegebeanspruchung des Riegeflansches:

$$\sigma = 0,76 \text{ t/cm}^2.$$

β) Berechnung der Schweißnähte zum Anschluß der Auflagerknagge an die Stütze.

Vorhanden sind zwei Flankennähte und eine Stirnnaht.

$$t_{\min} = 22 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 22 = 15,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 9 \text{ mm}.$$

Für die Flankennähte ist  $l_1 = 140 \text{ mm}$  und für die Stirnnaht ist  $l_2 = 150 \text{ mm}$  (an den unteren Knaggen-ecken brauchen keine Endkrater berücksichtigt zu werden, da die Nähte um die Ecke herumgeführt werden).

In Abb. 107f sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebeine umgeklappt:

Schweißfläche:

$$2F_1 = 2al_1 = 2 \cdot 0,9 \cdot 14,0 = 25,2 \text{ cm}^2$$

$$F_2 = al_2 = 0,9 \cdot 15,0 = 13,5 \text{ „}$$

$$F_{\text{Schw}} = \frac{25,2 + 13,5}{2} = 38,7 \text{ cm}^2.$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_2$ :

$$z = \frac{\sum Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{25,2 \cdot 7,45}{38,7} = 4,9 \text{ cm},$$

$$J_{\text{Schw}} = 2 \frac{0,9 \cdot 14,0^3}{12} + 25,2(7,45 - 4,9)^2 + 13,5 \cdot 4,9^2$$

$$= 899 \text{ cm}^4.$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{z_{\max}} = \frac{899}{9,55} = 94 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:

$$M = Qe = 21,0 \cdot 1,75 = 36,7 \text{ cmt},$$

$$Q = 21,0 \text{ t}.$$

Spannungen aus dem Moment und der Querkraft:

$$e_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{36,7}{94} = 0,390 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{21,0}{38,7} = 0,542 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,390^2 + 0,542^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_{\text{zul}} = 0,5 \sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

d) Die Verbindung des Riegelflansches mit dem Stiel durch einen Flachstahl 250 · 12.

α) Schweißanschluß am Stielflansch.

Vorhanden ist eine ringsherum laufende Stirnnaht.

$$t_{\text{min}} = 12 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 12 = 8,5 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 7,5 \text{ mm}.$$

Die Nahtlänge beträgt  $2(250 + 12) = 524 \text{ mm}$ .

Spannung:

$$e = \frac{S_0}{F_{\text{Schw}}} = \frac{25,8}{0,75 \cdot 524} = 0,66 \text{ t/cm}^2.$$

β) Schraubenanschluß am Riegelflansch.

Vorhanden sind 6 einschnittige Schrauben von 1" Durchmesser;

$$\tau = \frac{S_0}{n f_s} = \frac{25,8}{6 \cdot 5,07} = 0,85 \text{ t/cm}^2,$$

bei  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$  ist  $\tau_{\text{zul}} = 0,933 \text{ t/cm}^2$ .

γ) Untersuchung des Flachstahles.

Vorhanden ein Flachstahl 250 · 12 mit

$$F_n = (25,0 - 2 \cdot 2,6) 12 = 23,76 \text{ cm}^2,$$

$$\sigma = \frac{S_0}{F_n} = \frac{25,8}{23,76} = 1,09 \text{ t/cm}^2.$$

e) Verbindung des Riegelsteges mit dem Stiel durch einen Flachstahl 120 · 12.

α) Schweißnahtanschluß am Stielflansch.

Vorhanden zwei Kehlnähte mit  $l = 300 \text{ mm}$ .

$$t_{\text{min}} = 12 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 12 = 8,5 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 3 \text{ mm}.$$

Schweißfläche:

$$F_{\text{Schw}} = 2al = 2 \cdot 0,3 \cdot 30,0 = 18,0 \text{ cm}^2,$$

$$W_{\text{Schw}} = 2 \frac{al^2}{6} = 2 \frac{0,3 \cdot 30,0^2}{6} = 90 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:  
das Biegemoment

$$M = 4,22 \cdot 12,0 + 3,34 \cdot 4,0 - 2,49 \cdot 4,0 - 1,62 \cdot 12,0 \\ + 3,2 \cdot 6,0 = 53,8 \text{ cmt},$$

die Querkraft  $Q = 3,2 \text{ t}$ .

Spannung aus dem Moment und der Querkraft:

$$e_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{55,0}{90,0} = 0,612 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{3,2}{18,0} = 0,178 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,612^2 + 0,178^2} = 0,64 \text{ t/cm}^2.$$

β) Schraubenanschluß am Riegelsteg.

Vorhanden sind 4 einschnittige  $\frac{7}{8}$ " eingepaßte Schrauben; diese haben die negative Querkraft  $Q = 3,2 \text{ t}$  und außerdem noch die im Teil b, β berechneten  $H$ -Kräfte infolge des positiven Momentes von 3,5 mt aufzunehmen.

Hier ist noch zu bemerken, daß die Querkraft  $Q = -3,2 \text{ t}$  auf den Schraubenanschluß kein Moment hervorruft, da ja der Anschlußflachstahl durch die Schweißverbindung mit der Stütze als fester Stützteile anzusehen ist.

Jede Schraube erhält somit eine lotrecht nach oben gerichtete Kraft

$$V = \frac{Q}{n} = \frac{3,2}{4} = 0,8 \text{ t},$$

und durch das Moment von +3,5 mt eine waagrecht gerichtete Kraft  $H$ ; die größte waagrecht gerichtete Kraft erhält die unterste Schraube I:

$$H_{\text{max}} = 4,22 \text{ t}.$$

Die größte Schraubenkraft wird daher:

$$R_{\text{max}} = \sqrt{V^2 + H_{\text{max}}^2} = \sqrt{0,8^2 + 4,22^2} = 4,32 \text{ t},$$

$$\tau = \frac{R_{\text{max}}}{f} = \frac{4,32}{4,15} = 1,04 \text{ t/cm}^2,$$

$\tau_{\text{zul}}$  bei eingepaßten Schrauben und  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$  ist nach den Bestimmungen 1,167 t/cm<sup>2</sup>:

$$\sigma_i = \frac{R_{\text{max}}}{t d} = \frac{4,32}{1,2 \cdot 2,3} = 1,57 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{i \text{ zul}} = 2 \tau_{\text{zul}} = 2 \cdot 1,167 = 2,334 \text{ t/cm}^2.$$

f) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Bei der vorliegenden Ausführung ist ein Halte- winkel nicht unbedingt erforderlich, da man zur Fest- stellung des Trägers sofort eine Stegschraube ein- ziehen kann.

Betreffs Aussteifung der Stiel- und Riegelflansche sowie der Stielflansche vgl. Teil 4, e, β. Im durch- gerechneten Beispiel sind bei dem verhältnismäßig geringen Kräften Aussteifungen nicht erforderlich.

### Drittes Zahlenbeispiel.

a) Allgemeines.

Nachstehend wird der in Abb. 108 dargestellte Knotenpunkt untersucht, bei dem nur Werkstatt- schweißungen vorhanden sind. Auf der Baustelle sind nur Schraubenverbindungen vorgesehen. Alle Belastungen, Abmessungen und Bezeichnungen sind aus der Abbildung ersichtlich.  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .



α) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast (Abb. a).

(Größtes negatives Stoßmoment und größte Querkraft).

$$M = -26,5 \text{ mt}; \quad Q = +40,0 \text{ t.}$$

β) Die Aufnahme der Stoßmomente und der Querkräfte.

Da bei dem vorliegenden Beispiel die Aufnahme des negativen und positiven Stoßmomentes am oberen und unteren Riegelflansch durch vollen An-

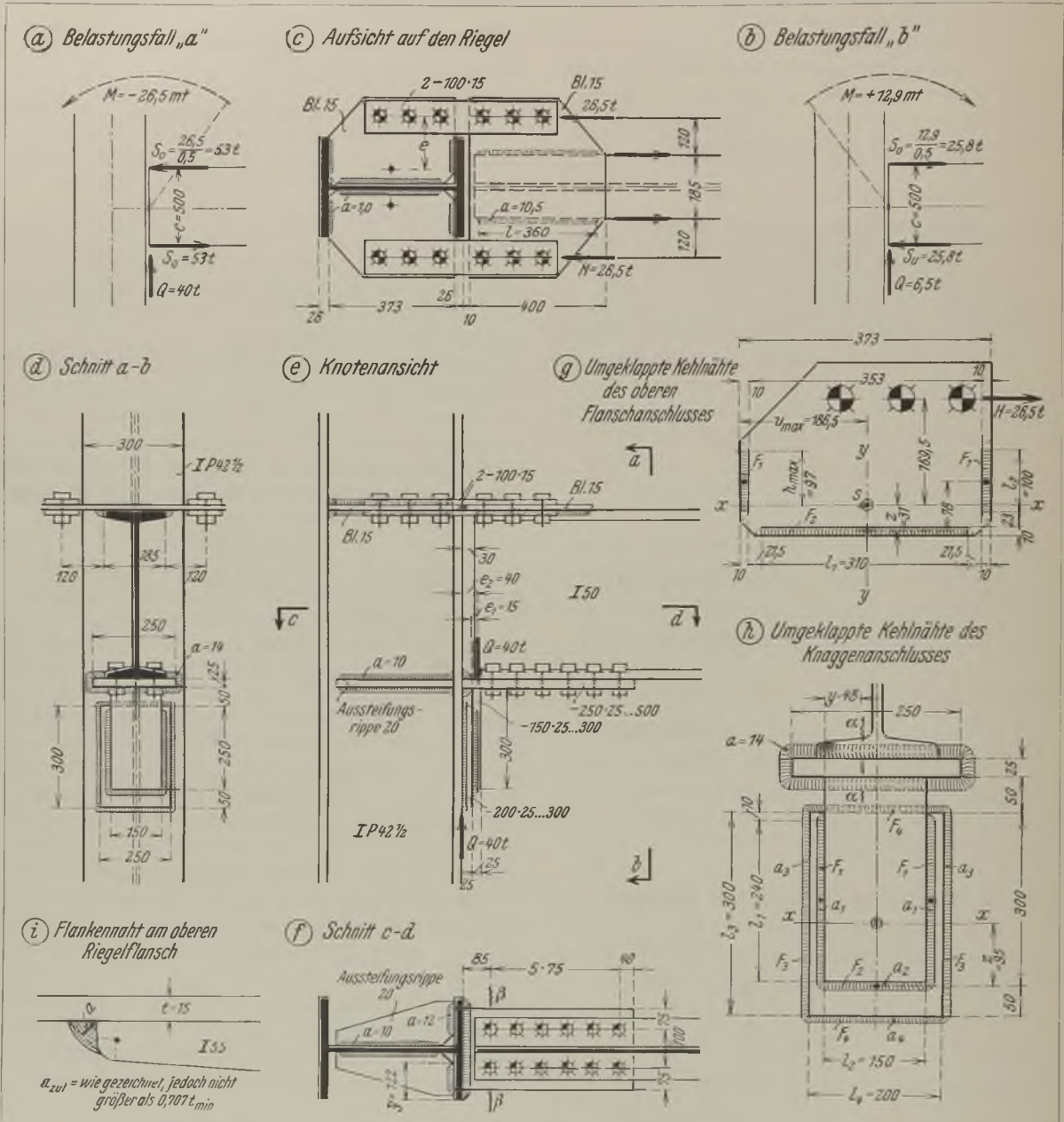


Abb. 108. Rahmenknoten mit Werkstattsschweißung und Baustellenverschraubung.

β) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast (Abb. b).

(Größtes positives Stoßmoment infolge Eigengewicht und Windlast).

$$M = +12,9 \text{ mt}; \quad Q = 6,5 \text{ t.}$$

schluß erfolgt, so ist nur die Untersuchung infolge des größten Stoßmomentes erforderlich.

Das Stoßmoment wird durch ein waagrecht gerichtetes Kräftepaar ersetzt gedacht, das im Abstand  $c \cong 500 \text{ mm}$  am oberen und unteren Riegelflansch



zur Wirkung kommt (vgl. Abb. a und b):

$$S_o = S_u = \frac{M}{e} = \frac{26,5}{0,5} = 53,0 \text{ t.}$$

Die Kraft  $S_u$  am unteren Riegeflansch wird durch einen am Stieflansch angeschweißten und am Riegeflansch angeschraubten Flachstahl übertragen. Diese Ausführung ist zur Übertragung der Kraft  $S_o$  am oberen Flansch nicht anwendbar, denn dann müßte bei der Aufstellung der Riegel zwischen die beiden waagrecht stehenden Flachstähle eingefädelt werden. Die Kraft  $S_o$  wird daher durch eine mehrteilige Bauweise zur Übertragung gebracht. Am oberen Riegeflansch ist eine seitliche, überstehende Platte und am Stiel sind zwei entsprechend auskragende Bleche, die gleichzeitig als Stielaussteifungen dienen, angeschweißt. Die Verbindung der Stiel- und Riegelplatten erfolgt durch angeschraubte Flachstahl.

Die Querkraft  $Q = 40 \text{ t}$  wird durch die unmittelbare Riegelauflagerung auf die am Stieflansch angeschweißten Knaggen übertragen.

### c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der Kraft $Q$ .

#### α) Unmittelbare Kraftübertragung.

Die Berechnung der Pressung zwischen Riegeflansch und oberer Knaggenkante, sowie die Bestimmung der Biegebeanspruchung im Riegeflansch geschieht nach Teil A, 3 im dritten Abschnitt. Die besondere Ausrechnung erübrigt sich hier, so daß nachstehend nur die Ergebnisse bekanntgegeben werden:

$$\text{Pressung: } \sigma = 1,33 \text{ t/cm}^2.$$

Biegebeanspruchung des Riegeflansches:

$$\sigma = 0,43 \text{ t/cm}^2.$$

#### β) Schweißanschluß der äußeren an die innere Knagge.

Vorhanden sind zwei Flankennähte und eine Stirnnaht.

$$t_{\min} = 25 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 25 = 17,7 \text{ mm};$$

$$a_{1\text{vorh}} = a_{2\text{vorh}} = 10 \text{ mm.}$$

Für die Flankennähte ist  $l_1 = 240 \text{ mm}$  und für die Stirnnaht ist  $l_2 = 150 \text{ mm}$  (an den unteren Knaggen-ecken brauchen keine Endkrater berücksichtigt werden, da die Nähte um die Ecken herumgeschweißt werden).

In Abb. h sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebeine umgeklappt:

Schweißfläche:

$$\begin{aligned} 2F_1 &= 2a_1l_1 = 2 \cdot 1,0 \cdot 24,0 &= 48,0 \text{ cm}^2 \\ F_2 &= a_2l_2 = 1,0 \cdot 15,0 &= 15,0 \text{ ,,} \\ & & \underline{F_{\text{Schw}}} &= 63,0 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Fläche  $F_2$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{48,0 \cdot 12,5}{63,0} = 9,5 \text{ cm,}$$

$$\begin{aligned} J_{\text{Schw}} &= 2 \frac{1,0 \cdot 24,0^3}{12} + 48,0(12,5 - 9,5)^2 + 15,0 \cdot 9,5^2 \\ &= 4087 \text{ cm}^4, \end{aligned}$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_{\max}} = \frac{4087}{15,0} = 272 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:

$$M = Qe_1 = 40,0 \cdot 1,5 = 60,0 \text{ cmt.}$$

$$Q = 40,0 \text{ t.}$$

Spannungen aus dem Moment und der Querkraft:

$$e_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{60,0}{272} = 0,221 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{40,0}{63,0} = 0,635 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,221^2 + 0,635^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_{\text{zul}} = 0,5\sigma_{\text{zul}} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

#### γ) Schweißanschluß der inneren Knagge an den Stützenflansch.

Vorhanden sind zwei Flanken- und zwei Stirnnähte, mit anderen Worten: die Knagge ist ringsherum an den Stieflansch angeschweißt.

$$t_{\min} = 25 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 25 = 17,7 \text{ mm};$$

$$a_{3\text{vorh}} = a_{4\text{vorh}} = 6,5 \text{ mm.}$$

$$\text{Länge der Flankennähte: } l_3 = 300 \text{ mm,}$$

$$\text{Länge der Stirnnähte: } l_4 = 200 \text{ mm.}$$

In der Abb. h sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebeine umgeklappt:

Schweißfläche:

$$2F_3 = 2a_3l_3 = 2 \cdot 0,65 \cdot 30,0 = 39,0 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} 2F_4 &= 2a_4l_4 = 2 \cdot 0,65 \cdot 20,0 &= 26,0 \text{ ,,} \\ & & \underline{F_{\text{Schw}}} &= 65,0 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{\text{Schw}} &= 2 \frac{0,65 \cdot 30,0^3}{12} + 20,0(31,3^2 - 30,0^2) \frac{1}{12} \\ &= 9032 \text{ cm}^4, \end{aligned}$$

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_{\max}} = \frac{9032}{15,65} = 577 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen:

$$M = Qe_2 = 40,0 \cdot 4,0 = 160,0 \text{ cmt,}$$

$$Q = 40,0 \text{ t.}$$

Spannungen aus dem Moment und der Querkraft:

$$e_1 = \frac{M}{W_{\text{Schw}}} = \frac{160,0}{577} = 0,277 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{40,0}{65,0} = 0,616 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,277^2 + 0,616^2} = 0,68 \text{ t/cm}^2.$$

#### d) Die Verbindung des oberen Riegeflansches mit dem Stiel.

##### α) Schweißanschluß der Riegelplatte.

Vorhanden sind zwei auf Abscheren beanspruchte Flankenkehlnähte.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10,5 \text{ mm.}$$

Die gewählte Nahtdicke von 10,5 mm paßt sich auch gemäß Abb. i der Trägerflanschabrundung an, so daß

eine verstärkte Naht (vgl. Abb. 15b) nicht erforderlich wird.

Die Nahtlänge:

$$l = 360 \text{ mm } (l_{\text{zul}} = 40 \cdot 10,5 = 425 \text{ mm}).$$

Spannung:

$$\varrho = \frac{S_s}{F_{\text{Schw}}} = \frac{S_s}{2al} = \frac{53,0}{2 \cdot 1,05 \cdot 36,0} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

β) Untersuchung des Riegelplattenquerschnittes.

Nach Abb. c wird das größte Biegemoment

$$M = 26,5 \cdot 12,0 = 318 \text{ cmt},$$

das vorhandene Widerstandsmoment

$$W = \frac{1,5 \cdot 40,0^2}{6} = 400 \text{ cm}^3,$$

und die vorhandene Beanspruchung

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{318}{400} = 0,8 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Schweißanschluß der Stielplatten.

$$t_{\text{min}} = 14 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 14 = 9,9 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10 \text{ mm}.$$

In Abb. g sind die Dicken der Schweißnähte einer Platte in die Anschlußebene umgeklappt.

Schweißfläche:

$$4F_1 = 4 \cdot 1,0 \cdot 10,0 = 40,0 \text{ cm}^2$$

$$2F_2 = 2 \cdot 1,0 \cdot 31,0 = 62,0 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 102,0 \text{ cm}^2.$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von dem Schwerpunkt der Flächen  $F_2$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{40,0 \cdot 7,8}{102,0} \cong 3,1 \text{ cm}.$$

Das polare Trägheitsmoment (vgl. Teil A, 7, d, η im dritten Abschnitt):

$$J_p = J_x + J_y,$$

$$J_x = 4 \frac{1,0 \cdot 10,0^3}{12} + 40,0(7,8 - 3,1)^2 + 62,0 \cdot 3,1^2 = 1810 \text{ cm}^4,$$

$$J_y = 2 \frac{1,0 \cdot 31,0^3}{12} + 2 \cdot 10,0(37,3^3 - 35,3^3) \frac{1}{12} = 18160 \text{ ,,}$$

$$J_p = 19970 \text{ cm}^4.$$

Das von den Schweißnähten aufzunehmende Biegemoment (Abb. g)

$$M = 26,5 \cdot 16,95 = 450 \text{ cmt},$$

und die Querkraft  $Q = 26,5 \text{ t}$ .

Die größte Beanspruchung erhält die am weitesten vom Schwerpunkt sitzende Faser der Schweißfläche:

$$\varrho_{N_{\text{max}}} = M \frac{h_{\text{max}}}{J_p} + \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = 450 \frac{9,7}{19970} + \frac{26,5}{102,0} = 0,48 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_{V_{\text{max}}} = M \frac{v_{\text{max}}}{J_p} = 450 \frac{18,65}{19970} = 0,42 \text{ t/cm}^2,$$

$$\varrho_{\text{max}} = \sqrt{\varrho_{N_{\text{max}}}^2 + \varrho_{V_{\text{max}}}^2} = \sqrt{0,48^2 + 0,42^2} = 0,64 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Untersuchung des Stielplattenquerschnittes.

Die Plattenquerschnitte brauchen nicht besonders untersucht zu werden, da die vorhandene Beanspruchung mindestens unter der 1,4fachen größten Schweißnahtspannung liegt.

ε) Schraubenanschluß der Verbindungsflachstahl 100 · 15.

$$P = H = 26,5 \text{ t}.$$

Vorhanden sind 3 doppelschnittige eingepaßte 1"-Schrauben:

$$\tau_{\text{vorh}} = \frac{P}{n2f} = \frac{26,5}{3 \cdot 2 \cdot 5,31} = 0,83 \text{ t/cm}^2;$$

$$\tau_{\text{zul}} = 0,933 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{1_{\text{vorh}}} = \frac{P}{n1d} = \frac{26,5}{3 \cdot 1,5 \cdot 2,6} = 2,26 \text{ t/cm}^2;$$

$$\sigma_{1_{\text{zul}}} = 2,334 \text{ t/cm}^2.$$

ζ) Untersuchung der Flachstahlquerschnitte.

Vorhanden sind je 2 Flachstahl 100 · 15.

Infolge des Belastungsfalles „a“ erhalten die einzelnen Verbindungen je 26,5 t Zug; infolge des Belastungsfalles „b“ dagegen  $\frac{1}{2} \cdot 25,8 = 13,9 \text{ t}$  Druck.

Größte Zugbeanspruchung:

Der Nutzquerschnitt:

$$F_n = 2 \cdot 1,5(10,0 - 2,6) = 22,2 \text{ cm}^2,$$

$$\sigma_z = \frac{+P}{F_n} = \frac{26,5}{22,5} = 1,19 \text{ t}.$$

Größte Druckbeanspruchung:

$$F = 2 \cdot 1,5 \cdot 10,0 = 30,0 \text{ cm}^2,$$

$$i_y = 0,3 \text{ cm}; \quad s_k = 13 \text{ cm},$$

$$\lambda = \frac{s_k}{i_y} = \frac{13,0}{0,3} = 43; \quad \omega = 1,12,$$

$$\sigma_a = \frac{-P\omega}{F} = \frac{13,9 \cdot 1,12}{30,0} = 0,52 \text{ t/cm}^2.$$

e) Die Verbindung des unteren Riegelflansches mit dem Stiel durch einen Flachstahl 250 · 25.

Die größte Druckkraft beträgt 53 t und die größte Zugkraft = 25,8 t.

α) Schweißanschluß am Stieflansch.

Vorhanden ist eine rings um den Flachstahl herumlaufende Kehlnaht.

$$t_{\text{min}} = 25 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 25 = 17,7 \text{ mm}.$$

Die gesamte Nahtlänge  $l$  beträgt  $2(250 + 25) = 550 \text{ mm}$  (Kraterenden brauchen hier nicht berücksichtigt zu werden).

$$a_{\text{erf}} = \frac{S_s}{l\varrho_{\text{zul}}} = \frac{53,0}{55,0 \cdot 0,7} = 1,38 \text{ cm}; \quad a_{\text{vorh}} = 1,4 \text{ cm}.$$

Spannung:

$$\varrho = \frac{S_s}{F_{\text{Schw}}} = \frac{53,0}{1,4 \cdot 55,0} = 0,69 \text{ t/cm}^2.$$

β) Schraubenanschluß am Stieflansch.

Vorhanden sind 12 einschneittige eingepaßte  $\frac{7}{8}$ "-Schrauben.

$$\tau_{\text{vorh}} = \frac{S_u}{n f} = \frac{53,0}{12 \cdot 4,15} = 1,06 \text{ t/cm}^2;$$

bei eingepaßten Schrauben und  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$  ist  $\tau_{\text{zul}} = 1,167 \text{ t/cm}^2$ .

γ) Untersuchung des Flachstahlquerschnittes.

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{S_u}{F} = \frac{53,0}{2,5 \cdot 25,0} = 0,85 \text{ t/cm}^2.$$

f) Aussteifung des Stieles.

Durch die unmittelbare Übertragung der Kraft  $S_u$  hat der Stieflansch (zunächst ohne Aussteifung angenommen) ein Biegemoment auszuhalten. Der gefährliche Querschnitt befindet sich an der Stelle, an der die Abrundung zwischen Flansch und Steg beginnt. Angenommen wird, daß sich die Kraft  $S_u$  durch die Schweißnähte gleichmäßig auf die ganze Flanschbreite überträgt. Da das Maß  $y$  von Außenkante Flansch bis zur Abrundung (vgl. Abb. f) 122 mm beträgt, so wird das Moment

$$M = \frac{S_u}{\text{Flanschbreite}} \frac{y^2}{2} = \frac{53,0}{30,0} \frac{12,2^2}{2} = 131,5 \text{ cm}.$$

Nimmt man weiter an, daß das Biegemoment auf eine Flanschlänge von  $2 \cdot 3y = 2 \cdot 3 \cdot 12,2 = 73,2 \text{ cm}$  gleichmäßig verteilt wirkt, dann ist das vorhandene Widerstandsmoment

$$W = \frac{\delta^2 \cdot 73,2}{6} = \frac{2,6^2 \cdot 73,2}{6} = 82,5 \text{ cm}^2,$$

und die vorhandene Beanspruchung

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{131,5}{82,5} = 1,6 \text{ t/cm}^2.$$

Die errechnete Beanspruchung ist unzulässig, daher muß der Stieflansch ausgesteift werden. Da die durchgeführte Berechnung nur auf eine grobe Annäherung beruht, so wird man bei derartig hohen Pressungen zweckmäßig Verstärkungen vorsehen, auch wenn die auf dieser Grundlage berechneten Spannungen unter der zulässigen Grenze liegen:

In Wirklichkeit wird eine gleichmäßige Übertragung der Kraft  $S_u$  auf die ganze Flanschbreite  $b$  und Flanschhöhe  $2 \cdot 3y$  nicht erzielt. Die weit abstehenden Flansche geben an den Enden nach, so daß die Spannungsverteilung eine ungleichmäßige wird. In der Mitte der Druckstelle verstärken sich die Spannungen und nach den Enden zu nehmen sie ab (Abb. 109).

Die Verstärkung des Stieflansches kann entweder durch aufgelegte Längsplatten, oder aber, wie in Abb. 108f gezeichnet, durch Querstege erfolgen. Im vorliegenden Falle würde die Queraussteifung für eine Last von etwa  $\frac{1}{2} S_u = \frac{1}{2} \cdot 53,0 = 26,5 \text{ t}$  zu berechnen sein. Die Untersuchung erfolgt sinngemäß nach Teil A, 1, d im dritten Abschnitt. Die Ausstei-

fungsrippen können auch entsprechend der Abb. 110k an beiden Flanschinnenseiten anliegend ausgeführt werden.

Bei dem oberen Flansch wird die Kraft  $S_o$  (+53,0 t bzw. -25,8 t) durch die Umgehungsanführung nach den beiden Stieflanschen und den Stielsteg gebracht und dadurch eine gleichmäßige Kraftübertragung und eine gute Stielaussteifung erzielt.

Es ist zu beachten, daß der Stiel im Knotenbereich zwischen den Kräften  $S_o$  und  $S_u$  eine größere Querkraft erhält und daher auf Schubfestigkeit untersucht werden muß; gegebenenfalls ist auch die Hauptspannung zu ermitteln. Im nachfolgenden vierten Zahlenbeispiel ist die genaue Untersuchung des stark bean-

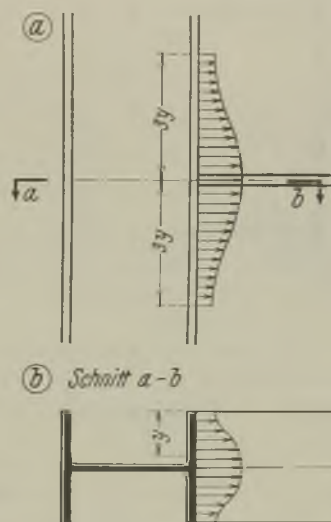


Abb. 109. Spannungsverteilung.

spruchten Stieles durchgeführt. Im vorliegenden Beispiel bleibt die Schub- und Hauptspannung noch unter der zulässigen Grenze.

g) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Der Schweißanschluß der Platte am oberen Riegel flansch kann auch so bewerkstelligt werden, daß außer den beiden Flankennähten noch eine Stirnnaht oder auch zwei Stirnnähte angeordnet werden. Die Kehlnahtdicken können dadurch schwächer oder aber die Platte kann kürzer gehalten werden.

Bei Betrachtung der Abb. 108e hat man den Eindruck, daß der am Stieflansch angeschweißte Flachstahl 250 · 25 leicht verbiegbare ist. Dem ist jedoch nicht so: Der Flachstahlstab bzw. der Schweißanschluß hält an der Stabaußenkante eine Last von etwa 1,0 t aus, so daß z. B. bei der Aufstellung der Riegel ohne Schaden auf die äußerste Flachstahlkante abgesetzt werden kann.

Der Anschluß der Stielplatten zur Übertragung der Kraft  $S_o$  kann auch so ausgeführt werden, daß die Platten und die Schweißnähte den Abrundungen zwischen Stieflansch und Steg angepaßt werden, so daß



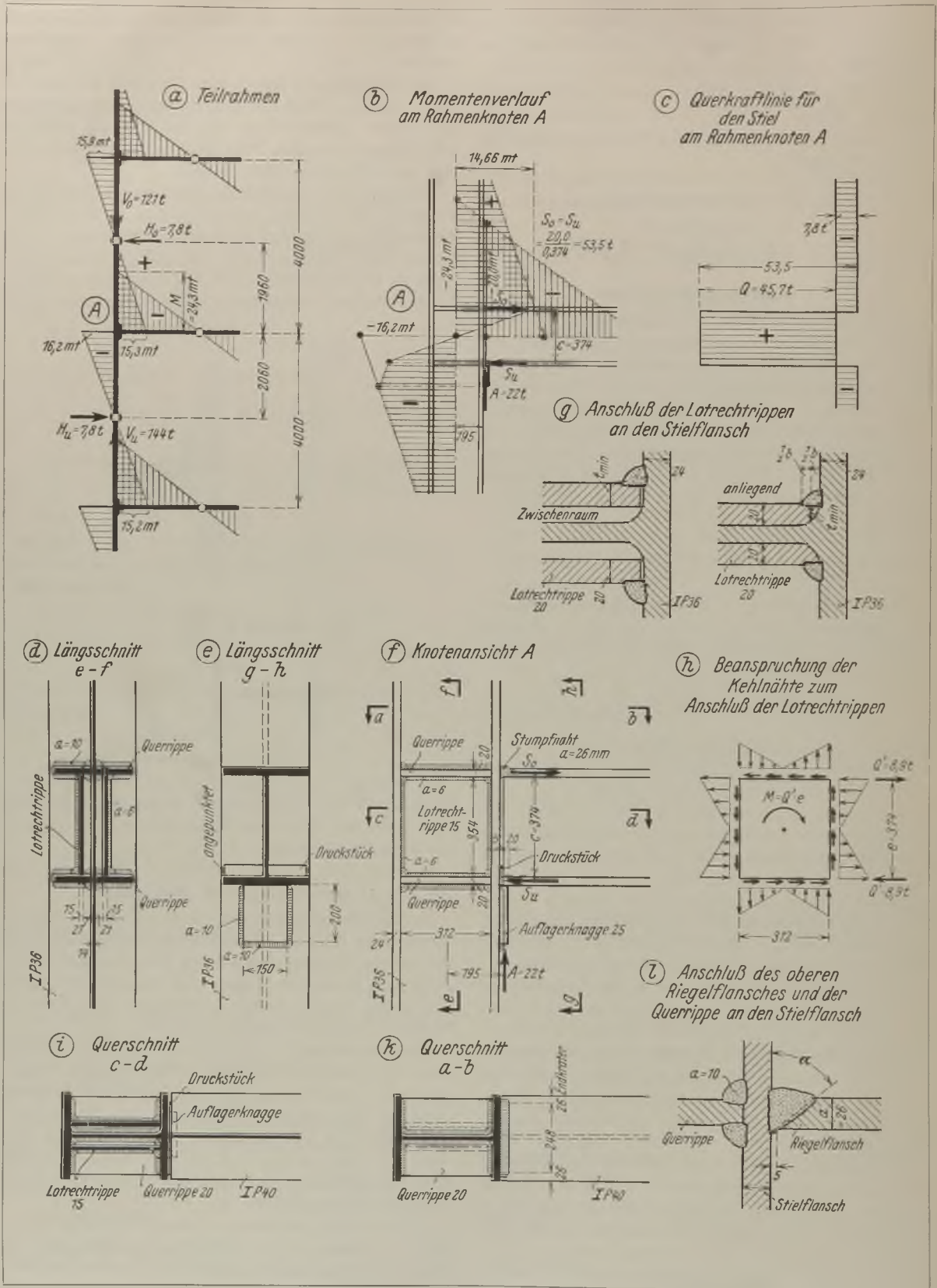


Abb. 110. Rahmenknoten mit Baustellenschweißung.

eine Vergrößerung der Schweißfläche und damit eine größere Kraftübertragung ermöglicht wird.

Eine größere Kraftübertragung ist auch dadurch zu erzielen, indem man die Platten stärker wählt und die Schweißnähte an den Stielanschlüssen entsprechend den vorhandenen Stahldicken vergrößert.

#### 4. Viertes Zahlenbeispiel.

##### a) Allgemeines.

Der in Abb. 110 dargestellte Rahmenknoten, bei dem auch eine Schweißung auf der Bacstelle angenommen ist, soll nachstehend auf seine Festigkeit untersucht werden. Die Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

Da bei dem angenommenen Stockwerkrahmen der Wind durch die Decken und durch entsprechende Giebelrahmen aufgenommen wird, so kommt nur ein negatives Einspannmoment in Betracht.

Das größte negative Stoßmoment beträgt 20,0 mt und die größte Auflagerkraft  $A = 22 \text{ t}$ .

Da hier die Spannungsverteilung im Stiel durch die im Knotenbereich wirkenden Momente, Normal- und Querkraften näher betrachtet werden soll, so ist in der Abb. 110a bis c der Momentenverlauf des Rahmens und die Querkraftlinie des Stieles deutlicher herausgezeichnet.

##### b) Die Aufnahme des Stoßmomentes und der Auflagerkraft.

Das Stoßmoment wird durch ein waagrecht gerichtetes Kräftepaar ersetzt gedacht, das im Abstande  $c = 374 \text{ mm}$  in der Mitte des oberen und unteren Riegelanschlusses zur Wirkung kommt (vgl. Abb. b):

$$S_o = S_u = \frac{M}{c} = \frac{20,0}{0,374} = 53,5 \text{ t.}$$

Die am oberen Flansch wirkende Kraft  $S_o$  soll unmittelbar durch eine Stumpfnah in den Stiel geleitet werden.

Zur Übertragung der am unteren Riegelanschlüssen wirkenden Kraft  $S_u$ , die drückend auf den Stiel wirkt, sind einfach zwischen der unteren winkelrecht und glatt geschnittenen Riegelanschlussskante und dem Stielanschlüssen Druckstäbe eingepaßt.

Die Auflagerkraft  $A$  wird durch die unmittelbare Lagerung des Riegels auf eine Knagge übertragen.

##### c) Die Knaggenauflagerung zur Übertragung der positiven Querkraft $Q$ .

Die Ausführung ist aus der Abb. e und f zu ersehen. Der Nachweis erübrigt sich hier, da sinngemäße Fälle bereits mehrmals ausführlichst behandelt sind.

##### d) Berechnung der Stumpfnah zur Übertragung der Kraft $S_o$ .

In Abb. l ist die Stumpfnah in einem größeren Maßstabe herausgezeichnet; bei der einfach gehobelten Stumpfnah kann der Öffnungswinkel  $\alpha$  mit 45 bis 60° angenommen werden. Diese Annahme entspricht den

amerikanischen Richtlinien für geschweißte Brücken. In den deutschen Vorschriften ist bekanntlich für regelrechte V- und X-Nähte als Öffnungswinkel 60° bis 90° angegeben.

$$t = 26 \text{ mm}; \quad a_{\text{vorh}} = 26 \text{ mm.}$$

$$l = 300 - 2a = 300 - 2 \cdot 26 = 248 \text{ mm,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 2,6 \cdot 24,8 = 64,5 \text{ cm}^2.$$

Spannung:

$$\varrho = \frac{S_o}{F_{\text{Schw}}} = \frac{53,5}{64,5} = 0,83 \text{ t/cm}^2.$$

$\varrho_{zul}$  ist bei auf Zug beanspruchten Stumpfnähten  $0,6 \sigma_{zul} = 0,6 \cdot 1,4 = 0,84 \text{ t/cm}^2$ .

##### e) Aussteifung des Stieles.

###### α) Allgemeines.

Im Knotenbereich wirkt nach Abb. 110a bis c auf den Stiel eine Normalkraft  $N = V_o = 121 \text{ t}$ , ein Moment  $M = 14,66 \text{ mt}$  und eine Querkraft  $Q = 45,7 \text{ t}$ .

Infolge der großen Querkraft soll hier auch die Schubbeanspruchung untersucht werden.

###### β) Ermittlung der größten Schub- und Hauptspannung des zunächst unverstärkt angenommenen Stieles.

###### 1) Allgemeines.

Die Schubspannung kann mit Hilfe der folgenden bekannten Formel an jeder Querschnittsstelle berechnet werden:

$$\tau = \frac{QS}{Jb},$$

hierin ist

$Q$  die Schub- oder Querkraft in dem zu untersuchenden Querschnitt;

$S$  das statische Moment des auf die Stabschwerachse bezogenen Querschnittsteiles, der von der äußeren Faser „e“ bis zu dem Flächenteil im Abstand  $y_a$  reicht

$$(S = F_1 y_1 + F_2 y_2; \text{ vgl. Abb. 111a});$$

$J$  das Trägheitsmoment des gesamten Querschnittes in bezug auf die Schwerachse;

$b$  die im Abstand  $y_a$  vorhandene Querschnittsbreite.

###### 2) Größte vorhandene Schubspannung.

Die größte Schubspannung ergibt sich in der Schwerachse des Stieles (Abb. 111b):

$$\tau = \frac{QS}{Jb};$$

$$Q_{\text{max}} = 45,7 \text{ t}; \quad J = 45120 \text{ cm}^4; \quad b = 1,4 \text{ cm.}$$

$$S = 1410 \text{ cm}^3;$$

das statische Moment des halben Querschnittes ergibt sich aus den Querschnittstafeln.

Die Werte in obige Gleichung eingesetzt:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{45,7 \cdot 1410}{45120 \cdot 1,4} = 1,02 \text{ t/cm}^2.$$

Die zulässige Schubspannung bei  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$  beträgt  $1,167 \text{ t/cm}^2$ .



## 3) Hauptspannung in Stielmitte.

In Stielmitte tritt außer der vorher gerechneten Schubspannung noch folgende Normalspannung infolge der Kraft  $N$  auf:

$$\sigma = \frac{N}{F} = \frac{121,0}{192} = 0,63 \text{ t/cm}^2.$$

## a) Querschnitt

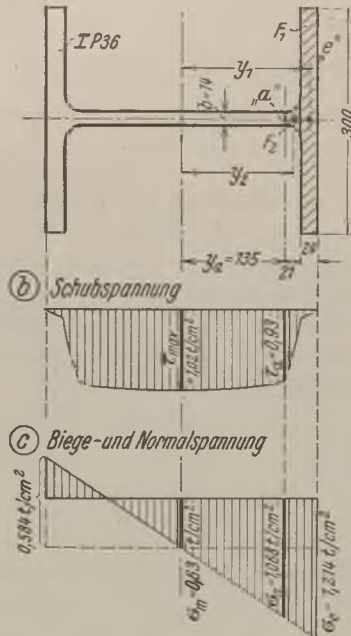


Abb. 111. Zur Bestimmung der Schub- und Hauptspannungen.

Die Hauptspannung ergibt sich aus der größten gemeinsamen Wirkung von Normal- und Schubspannung:

$$\sigma_{\min}^{\max} = 0,35\sigma + 0,65\sqrt{\sigma^2 + 4(\alpha_0\tau)^2};$$

hierin ist

$$\alpha_0 = \frac{\sigma_{\text{zul}}}{1,3\sigma_{\text{zul}}} = \frac{1,4}{1,3 \cdot 1,167} = 0,923.$$

Die Werte in obige Gleichung eingesetzt:

$$\sigma_{\min}^{\max} = 0,35 \cdot 0,63 + 0,65\sqrt{0,63^2 + 4(0,923 \cdot 1,02)^2} = 1,51 \text{ t/cm}.$$

## 4) Hauptspannung an der Übergangsstelle vom Steg zum Flansch.

Wie aus der Abb. 111b ersichtlich, ist bei I-Querschnitten die Schubspannung  $\tau$  an den Übergangsstellen der Flansche zum Steg ziemlich ebenso groß wie die in der Schwerachse auftretende größte Schubspannung  $\tau_{\max}$ . Da nun an den Übergangsstellen die Biege- bzw. Normalspannung  $\sigma_a$  ebenfalls nicht viel geringer als die in der äußersten Faser „e“ auftretenden größten Normalspannung ist, so ergibt sich im allgemeinen die größte Hauptspannung an der Übergangsstelle (Faser „a“, Abb. 111a) zwischen Steg- und Flanschausrundung.

Normalspannung in der Außenfaser „e“.

In der Außenfaser „e“ beträgt (vgl. Abb. 111):

$$\text{die Normalspannung} = \frac{N}{F} = \frac{121}{192} = 0,630 \text{ t/cm}^2,$$

$$\text{und die Biegespannung} = \frac{M}{W} = \frac{1466}{2510} = 0,584 \text{ t/cm}^2.$$

Die Gesamtspannung:

$$\sigma_e = 0,630 + 0,584 = 1,214 \text{ t/cm}^2.$$

Normalspannung in der Übergangsfaser „a“.

In der Faser „a“ beträgt die Gesamtspannung (vgl. Abb. 111):

$$\sigma_a = \frac{0,584 \cdot 135}{180} + 0,630 = 1,068 \text{ t/cm}^2$$

Schubspannung in der Faser „a“.

$$\tau = \frac{QS}{Jb},$$

hierin ist (vgl. Abb. 111):

$$Q = 45,7 \text{ t}; \quad J = 45120 \text{ cm}^4; \quad b = 1,4 \text{ cm}.$$

$$S = F_1y_1 + F_2y_2 = 72,0 \cdot 16,8 + 5,0 \cdot 14,8 = 1284 \text{ cm}^3.$$

Die Werte in die obige Gleichung eingesetzt:

$$\tau_a = \frac{45,7 \cdot 1284}{45120 \cdot 1,4} = 0,93 \text{ t/cm}^2.$$

Hauptspannung in der Faser „a“.

$$\sigma_{\min}^{\max} = 0,35 \cdot 1,068 + 0,65\sqrt{1,068^2 + 4(0,923 \cdot 0,93)^2} = 1,69 \text{ t/cm}^2.$$

Da die Hauptspannung verringert werden soll, wird der Querschnitt gemäß Abb. 110 verstärkt. Die Verstärkung soll nachstehend näher betrachtet werden.

### γ) Die Verstärkung des Stützenstieles im Knotenbereich.

Nach den vorstehenden Untersuchungen erhält der unverstärkte Stielquerschnitt eine größere Hauptspannung, so daß der Stiel verstärkt werden soll. Aber abgesehen von der Hauptspannung, die man schließlich noch bis  $1,7 \text{ t/cm}^2$  zulassen könnte, ist die Biegesteifigkeit der Stielflansche infolge der unmittelbaren Druck- bzw. Zugübertragung zu gering (vgl. die Untersuchungen im Teil f des vorstehenden dritten Zahlenbeispiels). Der Stiel soll daher im Knotenbereich durch Quer- und Lotrechtrippen verstärkt werden. Die Querrippen sind in gleicher Höhe der Riegelflansche und die Lotrechtrippen zwischen den Querrippen angeordnet. Der Abstand der Lotrechtrippen vom Steg ist gleich dem Rundungshalbmesser angenommen. Man kann natürlich auch die Lotrechtversteifungen unmittelbar an den Stielsteg legen (vgl. Abb. 110g, rechts), jedoch müssen dann die Platten infolge der Trägersausrundung an den zwei Lotrechtanten bearbeitet und eingepaßt werden. Durch die Verschwächung der Platten wird die zulässige Nahtdicke sehr gering, da hier als  $t_{\min}$  nicht die volle Plattendicke angenommen werden darf; als  $t_{\min}$  kann man etwa die auf die Schweißnahtmitte bezogene Plattendicke annehmen. Bei erforderlich werdenden größeren Nahtdicken müssen entsprechend dickere Platten gewählt werden. Die Anordnung absteher Lotrechtrippen ist jedoch der Ausführung mit anliegenden Platten vorzuziehen. Es wird eine viel einfachere Herstellung und eine bedeutend bessere Kräftever-



teilung erzielt. Günstig ist auch die damit erreichte Aussteifung der gedrückten Querrippen. Auch schweißtechnisch läßt sich die Aussteifung gut ermöglichen: Nach dem Einschweißen aller Querrippen werden die Lotrechtrippen eingeschoben und mit einer ringsherum laufenden Kehlnaht angeschweißt. Als Anlage der Platten dient der Beginn der Abrundung zwischen Steg und Flansch des Stieles. Man kann auch die Lotrechtrippen vom Steg weiter ablegen (etwa  $\frac{1}{4}$  der Flanschbreite), dann werden zu ihrer Feststellung entsprechende Holzstücke eingelegt oder aber an den Stielflanschinnenseiten kleine Stahlringe von etwa 10 mm Durchmesser und 10 mm Stärke angepunktet.

Durch den schroffen Momentenwechsel und der dadurch bedingten großen Querkraft ist der Verlauf der Spannungen im Stiel ziemlich unklar. Eine sog. „genaue“ Untersuchung aufzustellen ist unmöglich, es soll daher nur ein Annäherungsverfahren gegeben werden, damit der Konstrukteur nicht ganz im Dunkeln tappt. Hier könnten Versuche sehr nützlich sein.

Angenommen soll werden, daß die Querrippen  $\frac{2}{3}$  der Kraft  $S_o$  bzw.  $S_u$  zu übernehmen haben; das fehlende Drittel kann ohne weiteres dem Innenflansch des Stieles durch unmittelbare Übertragung zugemutet werden. Die Querrippen sollen nun von der Kraft  $\frac{2}{3} S$  die Hälfte, also  $\frac{1}{3} S$ , nach dem Stielsteg und den Außenstielflansch und die andere Hälfte in die Lotrechtrippen übertragen.

Die Berechnung der Querrippen, die danach oben  $\frac{2}{3} \cdot 53,5 = 35,6$  t Zug und unten 35,6 t Druck zu übernehmen haben, bietet keinerlei Schwierigkeiten. Zu beachten ist jedoch, daß bei den oberen Querrippen der Kehlnahtanschluß an der Stielinnenflanschseite die gesamte Zugkraft von 35,6 t aufzunehmen hat. Bei den unteren Querrippen, die ja nur eine Druckkraft zu übertragen haben, kann man durch genaues Einpassen und die dadurch gegebene unmittelbare Kraftübertragung die Kehlnähte an den Innenflanschseiten schwächer ausführen. Vorzuziehen ist jedoch der volle Anschluß, so daß die Ausführung der oberen und unteren Querrippen gleich wird.

Von den 35,6 t sind nunmehr 17,8 t am Riegelsteg und Außenflansch und 17,8 t von den Lotrechtrippen aufzunehmen.

Die auf den glatten (unverstärkten) Stiel im Knotenbereich wirkende Querkraft wird dann anstatt 45,7 t nur  $45,7 - 17,8 = 27,9$  t, so daß die Schub- und Hauptspannungen, die im Vorangehenden mit einer Querkraft von 45,7 t bestimmt sind, bedeutend geringer werden.

Die Lotrechtrippen haben die von den oberen und unteren Querrippen übernommenen Kräfte in die Stielflansche zu übertragen. Betrachtet man nur eine Lotrechtrippe, dann wird die in angenäherter Weise von den Waagerechnähten aufzunehmende Kraft

$$P_N = \frac{17,8}{2} = 8,9 \text{ t.}$$

und die von den Lotrechtnähten zu übertragende Kraft

$$P_V = 8,9 \frac{35,4}{31,2} = 10,1 \text{ t.}$$

In Wirklichkeit werden die Nähte etwas anders belastet: durch die starre Einspannung der Lotrechtplatten erhalten die Waagrecht- und Lotrechtnähte schräge Belastungen, die etwa rechtwinklig zum Plattenschwerpunkt gerichtet sind. Das Belastungsbild zeigt die Abb. h. Rechnet man nur mit den normal gerichteten Kräften  $P_H$  bzw.  $P_V$ , dann ist es ratsam, die Kehlnähte nur mit 0,35 bis 0,40  $\sigma_{zul}$  zu beanspruchen.

Im vorliegenden Falle ergeben sich dann die Schweißnahtdicken wie folgt:

für die Waagerechnähte:

$$a_{1zul} = \frac{P_H}{\sigma_{zul} l_1} = \frac{8,9}{0,35 \cdot 1,4 \cdot 31,2} = 0,58 \text{ cm,}$$

für die Lotrechtnähte:

$$a_{2zul} = \frac{P_V}{\sigma_{zul} l_2} = \frac{10,1}{0,35 \cdot 1,4 \cdot 35,4} = 0,58 \text{ cm.}$$

Gewählt ist durchweg eine Schweißnahtdicke von 0,6 cm.

Zu beachten ist, daß die Querrippen durch die starr eingeschweißten Lotrechtrippen Biegebeanspruchungen erleiden; diese sind daher ziemlich kräftig auszubilden und die Schweißanschlüsse ebenfalls stärker auszuführen.

Durch die Lotrechtrippen ist nun ein Teil der Querkraft in die Stielflansche umgesetzt und dadurch der Stielsteg entlastet worden. Man hat nunmehr im Knotenbereich, in Länge der großen Querkraftwirkung, nicht einen, sondern drei Stege zur Kraftübertragung.

#### f) Betrachtungen zu dem Beispiel.

Bei einer größeren Kraft  $S_o$  kann die Länge der Stumpfnah am oberen Riegelflansch anstatt 248 mit etwa 275 mm angenommen werden, wenn gemäß

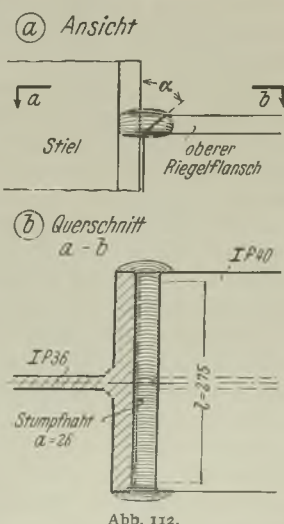


Abb. 112.

Reicht diese Maßnahme auch noch nicht zum Anschluß der Kraft  $S_o$  aus, so muß ein entsprechendes Flachstahlstück ähnlich Abb. 96 b angeordnet werden.

Eine andere Ausführung zeigt die Abb. 113; bei dieser Anordnung wird durch die beiden lotrecht

stehenden Laschen ein Teil der Kraft  $S_0$ , unmittelbar vom Riegelflansch nach den Querrippen übermittle. Bezeichnet man die von den Laschen zu übertragende Kraft mit  $S'_0$ , dann müssen die Laschen außer der Normalkraft  $S'_0$  auch noch das Moment  $M = S'_0 e$  aufnehmen (vgl. auch Teil B, 2 im zweiten Abschnitt). Zu beachten ist, daß bei dieser Bauart die Stumpfnah mit  $0,5 \sigma_{zul}$  beansprucht werden darf, da ja gleichzeitig Kehlnähte zur Wirkung kommen.

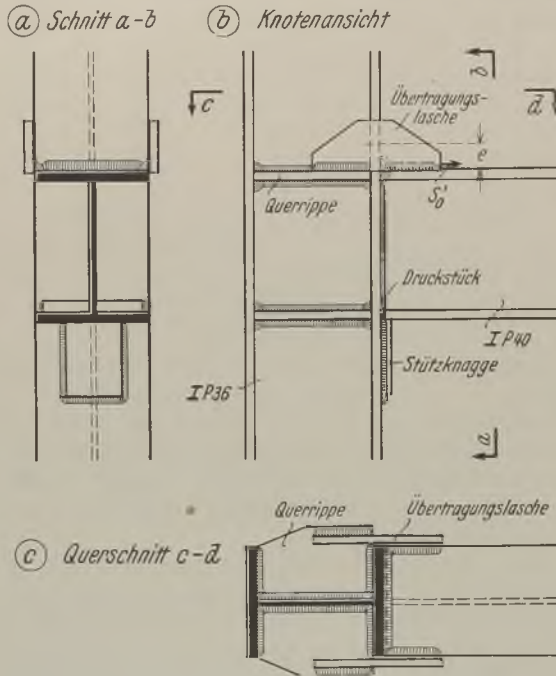


Abb. 113. Rahmenknoten mit Baustellenschweißung und seitlich angebrachten Übertragungslaschen zur Verbesserung der Zugverbindung.

Bei einer kleineren Kraft  $S_0$  kann die Dicke der Stumpfnah entsprechend verringert werden.

Bei der im Beispiel gewählten Ausführungsart mit einer Stielverstärkung durch ringsherum angeschweißte Lotrechtruppen ist der Kräfteverlauf nicht ganz klar. In der Abb. 114 sind nun weitere Bauarten dargestellt, bei denen ein klarerer Kräftefluß gewährleistet ist.

In Abb. 114a bis c sind die Vollwandrahmen durch Fachwerke ersetzt gedacht. Die verschiedenen Strichstärken sollen die entsprechenden Stabkraftgrößen sichtbar machen. Hier ist deutlich zu ersehen, daß die im Knotenbereich liegenden Schrägstäbe die größten Stabkräfte erhalten. Entsprechend der gedachten Fachwerke sind bei den Anordnungen nach Abb. d bis n Schrägstäbe angebracht, die zur Entlastung des Stielsteges einen Teil der Querkraft in die Stielflansche leiten sollen. Man hat es hier sozusagen mit zusammengesetzten vollwandigen und fachwerkartigen Ausführungen zu tun.

Die Ausführung nach Abb. 114d und e mit flachliegenden Stäben ist schlecht, da an den Stabanschlüssen die Schweißnähte nicht gut zugänglich sind. Ein durchgehender Schweißanschluß in Länge der

Schrägen ist nicht angebracht, da dann der Kräfteverlauf nicht mehr klar ist: Durch Abgabe der „Stabkräfte“ in den Stielsteg werden die waagerechten Seitenkräfte wieder als Querkraft in den Stielsteg geleitet und somit keine Entlastung des Stielsteges herbeigeführt.

Bei der Ausführung nach Abb. 114f und g sind hochkant liegende Flachstähle als Schrägstäbe angeordnet. Der Schweißanschluß ist hier bequem auszuführen. Durch den unmittelbaren Anschluß der Schrägstäbe an die Stielflansche ergeben sich Schrägnähte, wodurch wiederum die Schrägkräfte, wie aus der Abb. f und g ersichtlich ist, auf die Anschlußstreifen quer und längs gerichtet sind. Dieser Anschluß ist schon zusammengedrängter, aber immerhin kommt noch etwa die Hälfte der eigentlich zu übertragenden Querkraft wieder in den Stielsteg hinein; außerdem werden auch die Querrippen auf Verbiegung beansprucht.

Einen einwandfreien Kräfteverlauf erzielen die Ausführungen nach Abb. 114h bis l; hier sind noch besondere kleine Knotenbleche vorgesehen, so daß die Schrägkräfte durch die Knotenbleche in Richtung der lotrechten und waagerechten Schweißnähte umgeleitet werden.

In den Abb. 114m und n sind die Schrägen im Viereck angeordnet; der mittlere Teil zwischen den vier Stäben kann bestehen bleiben, da bei einer Vollwandscheibe durch die kurzen jeweils in Plattenmitte gedrängten Schweißnahtanschlüsse die Kräfte fast normal zur Übertragung kommen. Bei den in Abb. 114 gezeigten Ausführungen ist die Bauart nach Abb. m am zweckmäßigsten; gegenüber den anderen Ausführungen wird hier an Schweißnähten gespart.

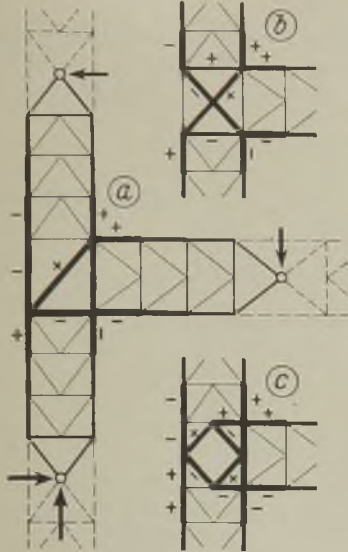
Wie aus den Abb. i und n ersichtlich, können die Schrägstäbe bzw. die Stabscheiben in gewissen Abständen nebeneinander angeordnet werden, so daß zwei bis drei Stäbe die größten Querkraft als Stabkräfte umzuleiten imstande wären.

Die bisher besprochenen Stielverstärkungen dienen nur zur Aussteifung des Stieles im Knotenbereich und können daher zur Querschnittsverringern nicht benutzt werden.

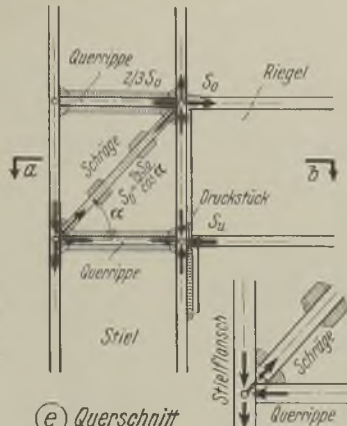
Mit der Ausführung nach Abb. 115 wird nunmehr ein Vorschlag gegeben, der wesentliche Vorteile bringt. Die nach beiden Seiten verlängerten Lotrechtruppen dienen nicht nur zur Entlastung des Stielsteges und zur Aussteifung des Stielflansches, sie bilden vielmehr einen Bestandteil des Stieles in der Länge der größten Momentenwirkung (vgl. Abb. 110a und b), und ermöglichen somit eine Querschnittsverringern der Stiele. Querrippen sind hier nicht erforderlich, da ja im Knotenbereich ein einheitlicher dreistegiger Querschnitt vorhanden ist, der nicht nur die größten Querkraft aufzunehmen imstande ist, sondern auch größere Biegemomente im Flansch nicht aufkommen läßt. Diese Ausführung, die statisch und konstruktiv klar ist, besticht mit ihrer Sparsamkeit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit; sie ist allen bisher gezeigten Bauarten weit überlegen.



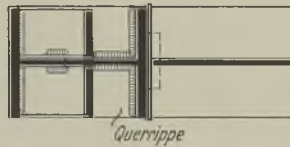
gedachter Ersatz der  
Vollwandquerschnitte durch  
Fachwerke



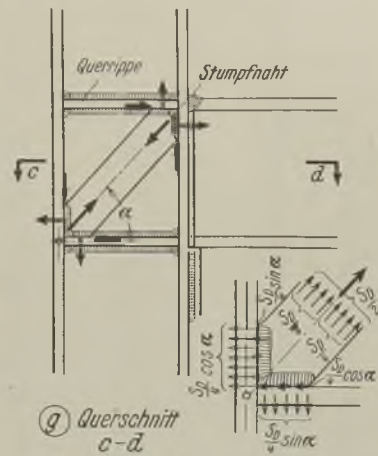
(d) Knotenansicht A



(e) Querschnitt  
a-b



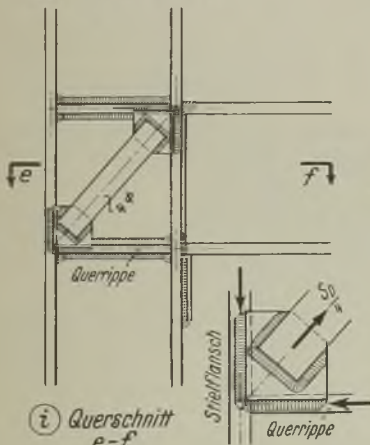
(f) Knotenansicht B



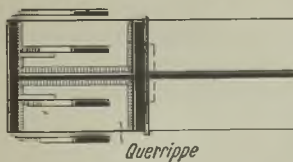
(g) Querschnitt  
c-d



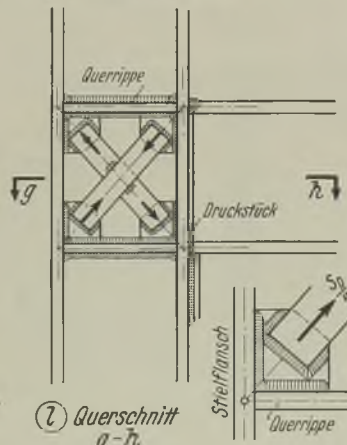
(h) Knotenansicht C



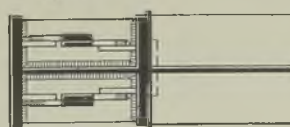
(i) Querschnitt  
e-f



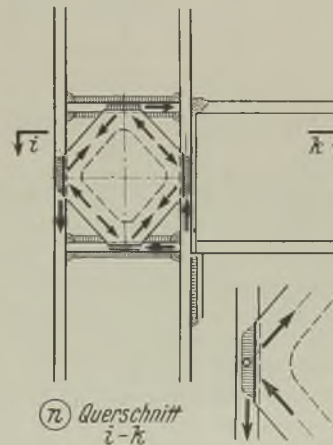
(k) Knotenansicht D



(l) Querschnitt  
g-h



(m) Knotenansicht E



(n) Querschnitt  
i-k



Abb. 114. Verschiedene Knotenausführungen mit Entlastung des Stieles durch besondere Schrägstäbe.



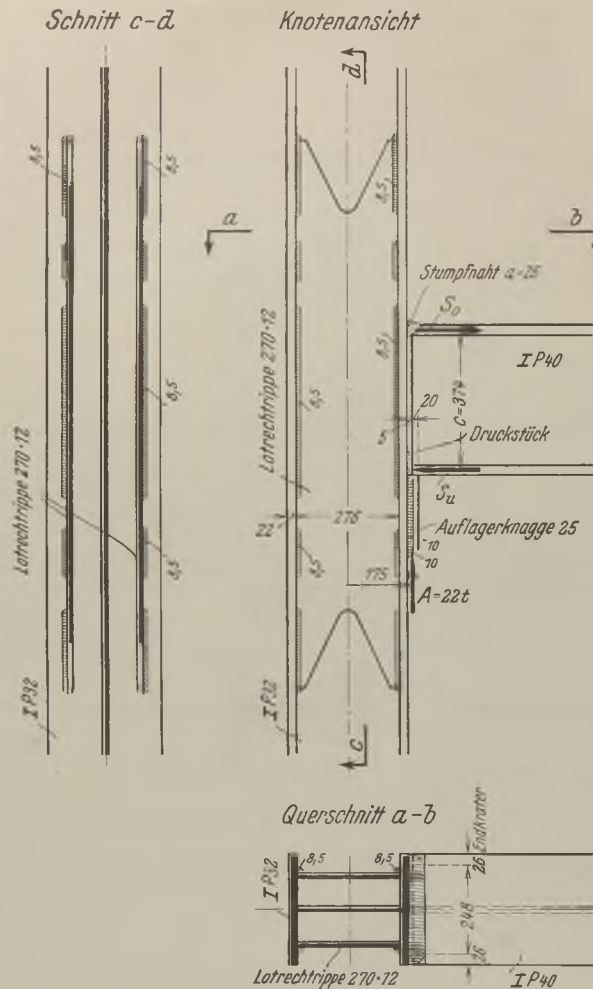


Abb. 115. Rahmenknoten mit dreistufiger Ausbildung des Stielquerschnittes; einfach, klar und wirtschaftlich!

5. Fünftes Zahlenbeispiel.

a) Allgemeines.

Der in Abb. 116 dargestellte Knotenpunkt eines Stockwerkrahmens soll nachstehend untersucht werden. Schweißungen auf der Baustelle sind nicht erforderlich. Die Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abbildung hervor.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ . Es sind zwei Belastungsfälle in Betracht zu ziehen.

$\alpha$ ) Belastungsfall „a“ infolge Gesamt- und Windlast.

(Größtes negatives Stützmoment und größter Auflagerdruck).

$$M = -78,1 \text{ mt}; \quad A = 51,0 \text{ t.}$$

$\beta$ ) Belastungsfall „b“ infolge Eigengewicht und Windlast.

(Größtes positives Stützmoment und kleinster Auflagerdruck).

$$M = +21,15 \text{ mt}; \quad A = 14,0 \text{ t.}$$

b) Die Aufnahme der Stützmomente und der Auflagerkräfte.

Die Stützmomente werden durch lotrecht gerichtete Kräftepaare ersetzt gedacht, die in einem Abstand von  $c = 450 \text{ mm}$  an der linken und rechten Stielflanschseite zur Wirkung kommen (vgl. Abb. a und b):

$$P = \frac{M}{c}$$

Die lotrecht gerichteten Gesamtanschlußkräfte  $S_r$  an der rechten und  $S_l$  an der linken Stielkante ergeben sich dann für beide Belastungsfälle wie folgt:

$\alpha$ ) Belastungsfall „a“.

$$S_r = -\frac{M}{c} + \frac{A}{2} = -\frac{(-78,1)}{0,45} + \frac{51,0}{2} = 199 \text{ t,}$$

$$S_l = \frac{M}{c} + \frac{A}{2} = \frac{-78,1}{0,45} + \frac{51,0}{2} = -148 \text{ t.}$$

$\beta$ ) Belastungsfall „b“.

$$S_r = -\frac{M}{c} + \frac{A}{2} = -\frac{21,15}{0,45} + \frac{14,0}{2} = -40 \text{ t,}$$

$$S_l = \frac{M}{c} + \frac{A}{2} = \frac{21,15}{0,45} + \frac{14,0}{2} = 54 \text{ t.}$$

Der Riegel lagert an beiden Stielflanschseiten oben und unten unmittelbar auf. Die angesetzten Winkel sind, da sie nur zum Halten des Riegels dienen, mit etwa 5 mm Zwischenraum angeordnet.

Die Auflagerknaggen müssen, da ja durch die Berührungsflächen die Kräfteübertragung erfolgt, an ihrer Auflagerkante gefräst werden. Damit die Berührungsflächen auch überall wirksam anliegen, werden zwischen Knaggenkante und Oberfläche des Riegels Keile mit entsprechenden Ausgleichfuttern eingetrieben.

c) Die Knaggenauflagerung am rechten Stielflansch unterhalb des Riegels zur Übertragung der positiven Kraft  $S_r$ .

$\alpha$ ) Unmittelbare Kraftübertragung zwischen dem unteren Riegelflansch und der Knaggenkante.

Die Pressung zwischen Riegelflansch (Breite  $b = 240 \text{ mm}$ ) und der Knagge (Länge  $l = 30 \text{ mm}$ ):

$$\sigma = \frac{S_r}{bl} = \frac{199}{24,0 \cdot 3,0} = 2,76 \text{ t/cm}^2.$$

Durch die Pressung wird der Riegelflansch auf Biegung beansprucht. Die Berechnung erfolgt sinngemäß des Teiles A, 3, b im dritten Abschnitt. Infolge der dreistufigen Ausführung des eingespannten Riegelendes bleibt die Biegebeanspruchung unter der zulässigen Grenze.

$\beta$ ) Schweißanschluß der Auflagerknagge an den Stützenflansch.

Vorhanden sind 4 Flanken- und 4 Stirnnähte.

$$t_{\min} = 20 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 20 = 14,14 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 13 \text{ mm.}$$



|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| Länge der äußeren Flankennähte = | 500 mm, |
| „ „ inneren „ =                  | 475 „ „ |
| „ „ Stirnnähte =                 | 95 „ „  |

An den äußersten Knaggenecken sind die Nähte herumgeführt, so daß dort für Endkrater keine Abzüge gemacht werden brauchen.

$$l_{zul} = 40a = 40 \cdot 13 = 520 \text{ mm.}$$

Denkt man sich die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt, dann wird (Abb. 116c):

$$F_{Schw} = \Sigma al = 1,3(2 \cdot 50,0 + 2 \cdot 47,5 + 4 \cdot 9,5) = 302,9 \text{ cm}^2,$$

$$J_{Schw} = 2 \frac{1,3 \cdot 50,0^3}{12} + 2 \frac{1,3 \cdot 47,5^3}{12} + 2 \cdot 9,5(52,6^3 - 50,0^3) \frac{1}{12} = 82822 \text{ cm}^4,$$

$$W_{Schw} = \frac{J_{Schw}}{e_{max}} = \frac{82822}{26,3} = 3149 \text{ cm}^3.$$

Von der Schweißverbindung ist aufzunehmen das Biegemoment:

$$M = S_r \frac{3,0}{2} = 199 \cdot 1,5 = 298,5 \text{ cmt},$$

die Normalkraft:  $S_r = 199 \text{ t.}$

Spannungen aus dem Moment und der Normalkraft:

$$\sigma_1 = \frac{M}{W_{Schw}} = \frac{298,5}{3149} = 0,095 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_2 = \frac{S_r}{F_{Schw}} = \frac{199}{302,9} = 0,657 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,095^2 + 0,657^2} = 0,66 \text{ t/cm}^2,$$

$$\sigma_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,5 \cdot 1,4 = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Untersuchung des Knaggenquerschnittes.

Sieht man von der durch die doppelten äußeren Flankennähte bewirkten Einspannung ab, so kann in angenäherter Weise das in Abb. g gezeichnete Belastungsbild der Berechnung zugrunde gelegt werden. Das Biegemoment wird damit

$$M = \frac{S_r}{8} (b + 4a) = \frac{199}{8} (24,0 + 4 \cdot 7,5) = 1344 \text{ cmt},$$

das vorhandene Widerstandsmoment der Knagge

$$W = \frac{3,0 \cdot 50,0^2}{6} = 1250 \text{ cm}^3,$$

und die vorhandene Beanspruchung

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1344}{1250} = 1,08 \text{ t/cm}^2.$$

Die größte vorhandene Schubspannung für die Knagge ist (Rechteckquerschnitt):

$$\tau_{max} = 1,5 \frac{Q}{F} = 1,5 \frac{1/2 S_r}{3,0 \cdot 50,0} = 1,5 \frac{99,5}{150} = 0,995 \text{ t/cm}^2,$$

$$\tau_{zul} = 1,167 \text{ t/cm}^2.$$

d) Die weiteren Knaggenauflagerungen.

Die Knaggenauflagerung am rechten Stielflansch oberhalb des Riegels, sowie die Auflagerungen an der linken Stielseite ober- und unterhalb des Riegels werden sinngemäß wie vor berechnet. Die Ergebnisse sind aus der Abb. 116 zu ersehen.

e) Verstärkung des infolge der Schub- und der Hauptspannung unzulässig hoch beanspruchten Riegels.

Die im vorangehenden Zahlenbeispiel vorgenommenen Untersuchungen des Stieles auf Schub- und Hauptspannung sind sinngemäß auch bei dem Riegel anwendbar. Bei dem Riegel beträgt gemäß Abb. a die größte Querkraft  $Q = 148 \text{ t}$  und das größte Moment

$$M_a = M + A \frac{c}{2} = -78,1 + 51 \frac{0,45}{2} = -66,5 \text{ mt};$$

damit ergibt sich für den unverstärkten Riegel die größte Schubspannung

$$\tau_{max} = 1,52 \text{ t/cm}^2,$$

und die größte Hauptspannung

$$\sigma_{\frac{max}{min}} = 1,94 \text{ t/cm}^2.$$

Da diese Spannungen unzulässig hoch sind, ist der Riegel am Ende durch zwei Aussteifungsrippen gemäß Abb. 116c und d verstärkt worden. Diese Aussteifung erfolgt sinngemäß der Stielverstärkung nach Abb. 115. Die Aussteifungsrippen sind nochmals durch Zwischenstege gehalten, damit bei den großen Querkraften ein Ausbeulen verhindert wird. Die Zwischenstege sind an dem Riegelsteg angeschweißt; die Aussteifungsrippen, die entsprechende Schlitze erhalten, werden über die Zwischenstege geschoben und dann mit den Stielflanschen und den Zwischenstegen verschweißt.



# Stützen.

## A. Geschoßbau- und Pendelstützen.

### 1. Berechnung und Ausführung der Stützenfüße.

#### a) Allgemeines.

Hier sind die im dritten Abschnitt, Teil A, 1 gemachten Angaben zu verwenden. Zu den dort angegebenen Bezeichnungen und Grundformeln ist bei den Stützenfüßen noch die Ermittlung der Stützenfußaussteifungen von Bedeutung.

Durch die Stiele und Aussteifungen wird die Platte in einzelne rechteckige Felder geteilt (Abb. 117). Diese Plattenteile sind mit der gleichmäßig verteilten Fundamentpressung  $k$  belastet und müssen auf Bie-

(Diese Formeln sind in der „Hütte“ zur Berechnung von Behälterböden in entsprechender Weise gegeben.)

Aus der Tafel 7 sind für verschiedene Fundamentpressungen  $k$  und Plattenstärken  $\delta = 10$  bis 50 mm die Werte für die Längen der Lote zu entnehmen.

Die Plattenfelder an den Enden sind nur an drei Seiten eingespannt (Abb. 117a). Für diese Endfelder macht man die Länge  $l' = 0,35 \cdot$  der Länge  $l$ , die sich bei gleicher Breite  $b$  mit allseitiger Einspannung ergibt. Sollte  $l$  sehr klein werden, so kann die Länge  $l'$

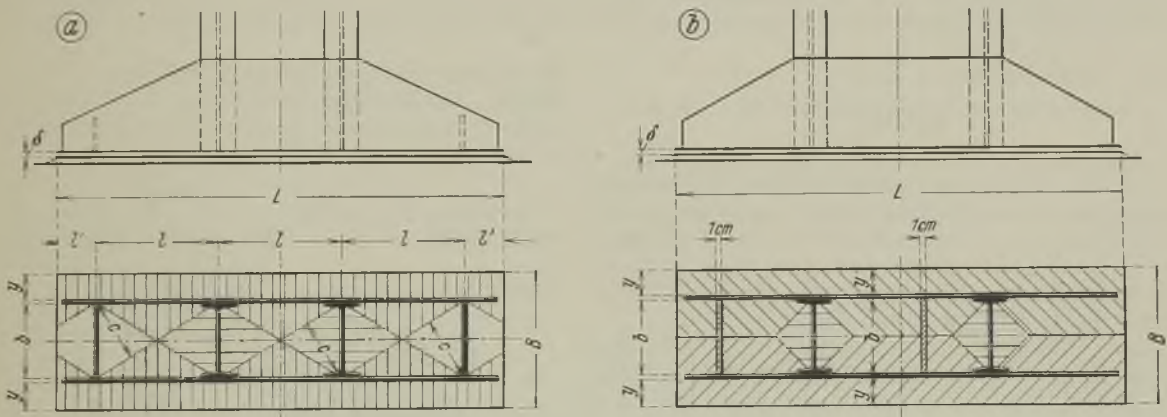


Abb. 117. Zur Bestimmung der Fußaussteifungen und Verteilung der Anschlußkräfte.

gung untersucht werden. Trapezlasten können als gleichmäßig verteilt angenommen werden. Bezeichnet

$l$  die Länge des Plattenfeldes von Mitte zu Mitte Stiel oder Aussteifung in cm,

$b$  die Breite des Plattenfeldes von Innenkante zu Innenkante Stieg,

$c$  die Länge des Lotes von der Ecke eines Plattenfeldes auf die Diagonale in cm,

dann darf für das an allen vier Seiten als eingespannt angesehene Plattenfeld die Länge des Lotes nicht größer werden als

$$c = \sqrt{\frac{2 \delta^2 \sigma_{zul}}{0,75 k}}$$

und daraus

$$l = \frac{bc}{\sqrt{b^2 - c^2}}$$

nach Tafel 6 bestimmt werden, indem man von der Einspannung an den beiden Längsseiten absieht und sich dort die Platte durchschnitten denkt.

Umgekehrt kann man auch bei schmalen Plattenfeldbreiten  $b$  von der Einspannung am Stiel bzw. von der Aussteifung absehen und an diesen Stellen die Platte durchschnitten annehmen. Man hat es dann mit einem beiderseits eingespannten Träger zu tun. Das größte Moment ergibt sich an der Einspannstelle:

$$M = \frac{k b^2}{12}$$

Zur Vereinfachung der Berechnung kann man sich einen Plattenstreifen von 1 cm Breite herausgeschnitten denken (Abb. 117b). Das Widerstandsmoment

Tafel 7. Die zulässigen Längen der Lote „c“ und der Feldbreiten „b“ (Abb. 117).

Stahlbeanspruchung  $\sigma = 1,4 \text{ t/cm}^2$

| Plattendicke $\delta$<br>mm | Die zulässigen Längen der Lote „c“ in mm bei einer Pressung $k$ des unterliegenden Mauerwerkes in $\text{kg/cm}^2$ (nach Abb. 117a) |     |     |     |     |     |     |     | Plattendicke $\delta$<br>mm | Die zulässigen Feldbreiten „b“ in mm bei einer Pressung $k$ des unterliegenden Mauerwerkes in $\text{kg/cm}^2$ (nach Abb. 117b) |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             | 7                                                                                                                                   | 10  | 14  | 18  | 20  | 25  | 35  | 40  |                             | 7                                                                                                                               | 10  | 14  | 18  | 20  | 25  | 35  | 40  |
| 10                          | 231                                                                                                                                 | 193 | 163 | 144 | 137 | 122 | 103 | 97  | 10                          | 200                                                                                                                             | 167 | 141 | 125 | 118 | 106 | 90  | 84  |
| 11                          | 254                                                                                                                                 | 212 | 180 | 158 | 151 | 134 | 114 | 106 | 11                          | 220                                                                                                                             | 184 | 156 | 137 | 130 | 116 | 98  | 92  |
| 12                          | 277                                                                                                                                 | 232 | 196 | 173 | 164 | 147 | 124 | 116 | 12                          | 240                                                                                                                             | 201 | 170 | 150 | 142 | 127 | 107 | 100 |
| 13                          | 300                                                                                                                                 | 251 | 212 | 187 | 178 | 159 | 135 | 126 | 13                          | 260                                                                                                                             | 218 | 184 | 162 | 154 | 138 | 116 | 109 |
| 14                          | 324                                                                                                                                 | 271 | 229 | 202 | 192 | 171 | 145 | 136 | 14                          | 280                                                                                                                             | 234 | 198 | 176 | 166 | 148 | 125 | 117 |
| 15                          | 347                                                                                                                                 | 290 | 245 | 216 | 205 | 183 | 155 | 145 | 15                          | 300                                                                                                                             | 251 | 212 | 188 | 178 | 159 | 134 | 126 |
| 16                          | 370                                                                                                                                 | 309 | 261 | 230 | 219 | 196 | 165 | 155 | 16                          | 320                                                                                                                             | 268 | 226 | 201 | 189 | 169 | 143 | 134 |
| 17                          | 393                                                                                                                                 | 328 | 278 | 245 | 233 | 208 | 176 | 165 | 17                          | 340                                                                                                                             | 285 | 240 | 213 | 201 | 180 | 152 | 142 |
| 18                          | 416                                                                                                                                 | 348 | 294 | 259 | 246 | 220 | 186 | 174 | 18                          | 360                                                                                                                             | 301 | 255 | 225 | 213 | 191 | 161 | 151 |
| 19                          | 439                                                                                                                                 | 367 | 310 | 274 | 260 | 232 | 196 | 184 | 19                          | 380                                                                                                                             | 318 | 269 | 238 | 225 | 201 | 170 | 160 |
| 20                          | 462                                                                                                                                 | 386 | 327 | 288 | 274 | 244 | 207 | 194 | 20                          | 400                                                                                                                             | 335 | 283 | 250 | 237 | 212 | 179 | 167 |
| 25                          | 578                                                                                                                                 | 483 | 408 | 360 | 342 | 305 | 259 | 242 | 25                          | 500                                                                                                                             | 419 | 354 | 313 | 296 | 265 | 224 | 210 |
| 30                          | 693                                                                                                                                 | 579 | 490 | 432 | 411 | 366 | 310 | 291 | 30                          | 600                                                                                                                             | 502 | 424 | 375 | 355 | 318 | 269 | 252 |
| 35                          | 809                                                                                                                                 | 676 | 572 | 504 | 479 | 427 | 362 | 339 | 35                          | 700                                                                                                                             | 586 | 495 | 438 | 414 | 371 | 314 | 294 |
| 40                          | 924                                                                                                                                 | 772 | 653 | 576 | 548 | 488 | 413 | 388 | 40                          | 800                                                                                                                             | 669 | 566 | 500 | 473 | 424 | 359 | 336 |
| 45                          | 1040                                                                                                                                | 869 | 735 | 648 | 616 | 549 | 465 | 436 | 45                          | 900                                                                                                                             | 753 | 636 | 562 | 532 | 477 | 404 | 376 |
| 50                          | 1156                                                                                                                                | 965 | 817 | 720 | 685 | 610 | 516 | 485 | 50                          | 1000                                                                                                                            | 836 | 707 | 625 | 591 | 530 | 449 | 418 |

des Plattenstreifens ist dann

$$W = \frac{1,0 \delta^2}{6}$$

In der Tafel 7 sind für verschiedene Fundamentpressungen  $k$  und Plattenstärken  $\delta = 10$  bis  $50$  mm die Werte für die zulässigen Feldbreiten  $b$  gegeben.

Zu beachten ist, daß die Aussteifungen an die Stege bzw. Stiele auch richtig angeschlossen werden, da sie sonst wenig oder gar nichts nützen.

Die Verteilung der Gesamtbelastung geschieht etwa nach Abb. 117. Danach übernehmen die Stielstege den Druck auf die waagrecht schraffierte Flächen, die Aussteifungen den Druck auf die nicht schraffierte Flächen und die Fußbleche den Druck auf die senkrecht schraffierte Flächen.

b) Stützenfüße für einen Stiel aus 2 L.

α) Allgemeines.

Die Abb. 118 zeigt einen einfachen Stützenfuß ohne besondere Aussteifungen mit zwei Fußblechen, die zugleich als Endbindebleche dienen, und einer Fußplatte. Diese Ausführung, für die nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht wird, läßt sich bis zu Auflagerkräften von etwa 100 t bewerkstelligen.

β) Zahlenbeispiel.

1) Allgemeines.

Die Ausführung nach Abb. 118 soll nachstehend zahlenmäßig durchgerechnet werden. Die Auflagerkraft beträgt 31 t. Die Abmessungen der Platte

30 · 52 cm; die Pressung  $k = \text{rd. } 20 \text{ kg/cm}^2$ . Die zulässige Stahlbeanspruchung  $\sigma_{\text{zul}} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ . Alle anderen Abmessungen und Bezeichnungen sind aus der Abbildung ersichtlich.

2) Anschluß des Stieles an den Fuß.

Vorhanden sind 8 Flanken- und 4 Stirnrihte. Die Flankenrihte werden zweckmäßig vor dem An-

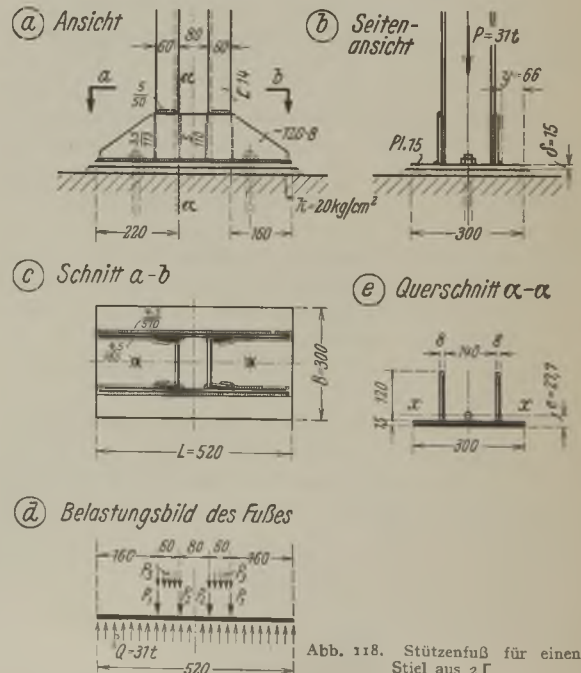


Abb. 118. Stützenfuß für einen Stiel aus 2 L.

schweißen der Fußplatte angebracht.

$$t_{\min} = 8 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 8 = 5,6 \text{ mm}.$$

Für die inneren Flanken- und für die Stirnnähte wird  $a = 5 \text{ mm}$  und für die äußeren Flankennähte wird wegen der abgerundeten Flanschenden nur eine Dicke von  $3,5 \text{ mm}$  gewählt (vgl. Abb. 15).

$$F_{\text{Schw}} = 4[0,5(11,0 + 5,0) + 0,35 \cdot 11,3] = 47,8 \text{ cm}^2,$$

$$e = \frac{31,0}{47,8} = 0,65 \text{ t/cm}^2.$$

3) Nachweis des Stützenfußquerschnittes.

Die Belastung des Stützenfußes ist etwa gemäß der Abb.  $e$  anzunehmen.

$$P_1 = 2 \cdot 0,35 \cdot 11,3 \cdot 0,65 = 5,10 \text{ t},$$

$$P_2 = 2 \cdot 0,5 \cdot 11,0 \cdot 0,65 = 7,15 \text{ ,,},$$

$$P_3 = 2 \cdot 0,5 \cdot 5,0 \cdot 0,65 = 3,25 \text{ ,,}.$$

Der gefährliche Querschnitt liegt im Schnitte  $\alpha-\alpha$ , da an dieser Stelle die Querkraft das Vorzeichen wechselt.

Das größte Moment:

$$M = \frac{31,0 \cdot 22,0}{52,0} - \frac{22,0^2}{2} - (5,10 \cdot 6,0 + 3,25 \cdot 3,0) = 103,9 \text{ cmt.}$$

Vorhanden ist der in Abb.  $e$  gezeichnete Querschnitt mit  $J = 839 \text{ cm}^4$  und  $W = 78,1 \text{ cm}^3$ .

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{M}{W} = \frac{103,9}{78,1} = 1,32 \text{ t/cm}^2.$$

4) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte.

$$t_{\min} = 8 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 8 = 5,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 4,5 \text{ mm}.$$

Vorhanden sind 2 Nähte mit  $l = 510 \text{ mm}$  und 4 Nähte mit  $l = 180 \text{ mm}$ .

$$F_{\text{Schw}} = 2 \cdot 0,45(51,0 + 2 \cdot 18,0) = 78,3 \text{ cm}^2.$$

Lotrecht gerichtete Spannung:

$$e_1 = \frac{P}{F_{\text{Schw}}} = \frac{31,0}{78,3} = 0,392 \text{ t/cm}^2,$$

waagrecht gerichtete Spannung (Schubspannung):

$$e_2 = \frac{QS}{J} \frac{I}{4a} = \frac{31,0 \cdot 16}{52} \cdot \frac{30,0 \cdot 1,5 \cdot 2,02}{839} \frac{1}{4 \cdot 0,45} = 0,575 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,392^2 + 0,575^2} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

(Über den Nachweis der Gesamtspannung an anderen Anschlußstellen ist das dritte Beispiel im Teil B anzusehen.)

5) Untersuchung der frei abstehenden Plattenteile.

Die Plattenstärke  $\delta$  beträgt  $15 \text{ mm}$ . Mit diesem Wert kann nach Tafel 6 der freie Abstand  $y$  der Platte gleich  $73 \text{ mm}$  betragen; vorhanden ist dagegen nur  $66 \text{ mm}$  (vgl. Abb.  $b$ ), so daß die Biegebeanspruchung der frei überstehenden Plattenteile unter der zulässigen Grenze bleibt.

c) Stützenfüße für einen Stiel aus 1 I.P.

In Abb. 119 ist ein Stützenfuß dargestellt, bei dem vier Aussteifungsrippen zwischen Platte und Außenkante Stieflansche eingeschweißt sind. Die Kehlnähte zum Anschluß der Rippen an die Platte und die V-Nähte zum Anschluß der Rippen an die Stieflansche werden nach Teil A, 1, d im dritten Abschnitt bestimmt. Die V-Nahtdicke  $a = 16 \text{ mm}$ .

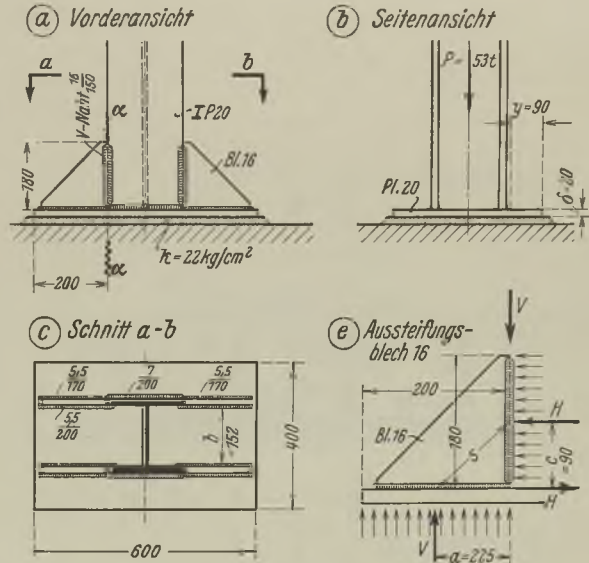


Abb. 119. Stützenfuß mit kragartigen Eckblechsaussteifungen.

Eine weitere Aussteifung ist nicht erforderlich, da nach Tafel 6 der freie Plattenüberstand  $y$  und nach Tafel 7 die zulässige Feldbreite  $b$  nicht überschritten wird.

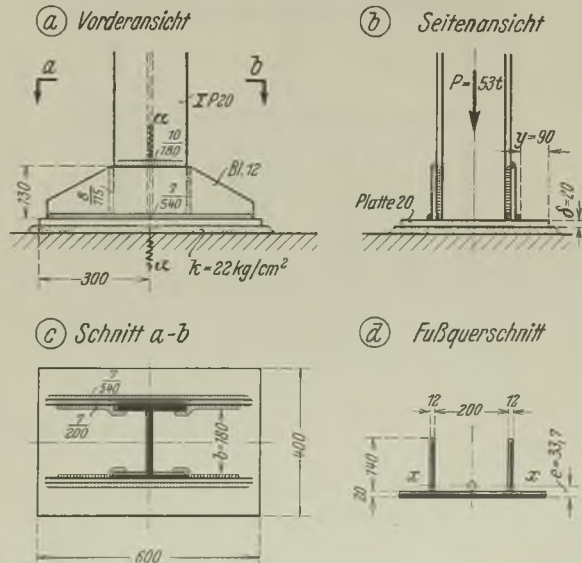


Abb. 120. Stützenfuß mit regelrechten Fußblechen.

In Abb. 120 ist der vorher besprochene Fuß nochmals mit regelrechten Fußblechen veranschaulicht.





mit der Platte ist nach der zur Übertragung kommenden Fundamentpression zu bemessen.

Bei den mittleren Kragblechen sind keine Zwischenbleche angeordnet, da die mit den Fußblechen verbundenen Stieflansche und die aufgeschweißten Aussteifungsflachstahl 80 · 15 die entstehenden Biegemomente aufnehmen. Die Fußbleche werden in bekannter Weise mit der sich ergebenden Belastung als beiderseitig ausladender Kragträger gerechnet (vgl. hierzu das Beispiel im Teil b,  $\beta$ ). Als tragbarer Querschnitt ist für die Fußplatte nur eine Breite von 650 mm eingesetzt.

Das Gewicht des geschweißten Gesamtfußes beträgt 390 kg und das des entsprechend genieteten Fußes (vgl. Band III, Abb. 219) dagegen 730 kg! Dazu kommt noch, daß der geschweißte Fuß 150 mm niedriger ist als der genietete. Der große Unterschied zeigt wieder den großen Vorteil der Schweißausführungen.

d) Stützenfüße für einen Stiel aus 2 I.

$\alpha$ ) Allgemeines.

In Abb. 122 ist eine Stützenfußausführung für einen Stiel aus 2 I-Eisen mit zwei Fußblechen und zwei

Zwischenaussteifungen dargestellt, für die nachstehend der Festigkeitsnachweis geführt wird.

$\beta$ ) Zahlenbeispiel.

1) Allgemeines.

Der Stützenfuß nach Abb. 122 wird nachstehend untersucht. Die Auflagerkraft beträgt 150 t. Die Fußplatte ist 55,0 · 110,0 cm groß. Die Fundamentpression  $k = 24,8 = \text{rd. } 25 \text{ kg/cm}^2$ . Die Verteilung der Gesamtbelastung erfolgt etwa nach Abb. d. Die zulässige Stahlbeanspruchung  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ . Alle sonstigen Abmessungen und Bezeichnungen gehen aus der Abbildung hervor.

2) Anschluß der Stielstange an die Fußplatte.

Gemäß der Belastungsverteilung nach Abb. d überträgt ein Stielsteg etwa folgende Kraft auf die Platte:

$$P_s = \frac{30,0 \cdot 34,0}{2} \cdot 24,8 = 12,650 \text{ kg} = 12,65 \text{ t.}$$

Zum Anschluß ist eine Naht von 260 mm Länge vorhanden, so daß die Schweißnahtdicke:

$$a = \frac{P_s}{l_{\text{Stiel}} \cdot \sigma_{zul}} = \frac{12,65}{260,0 \cdot 0,7} = 0,7 \text{ cm.}$$

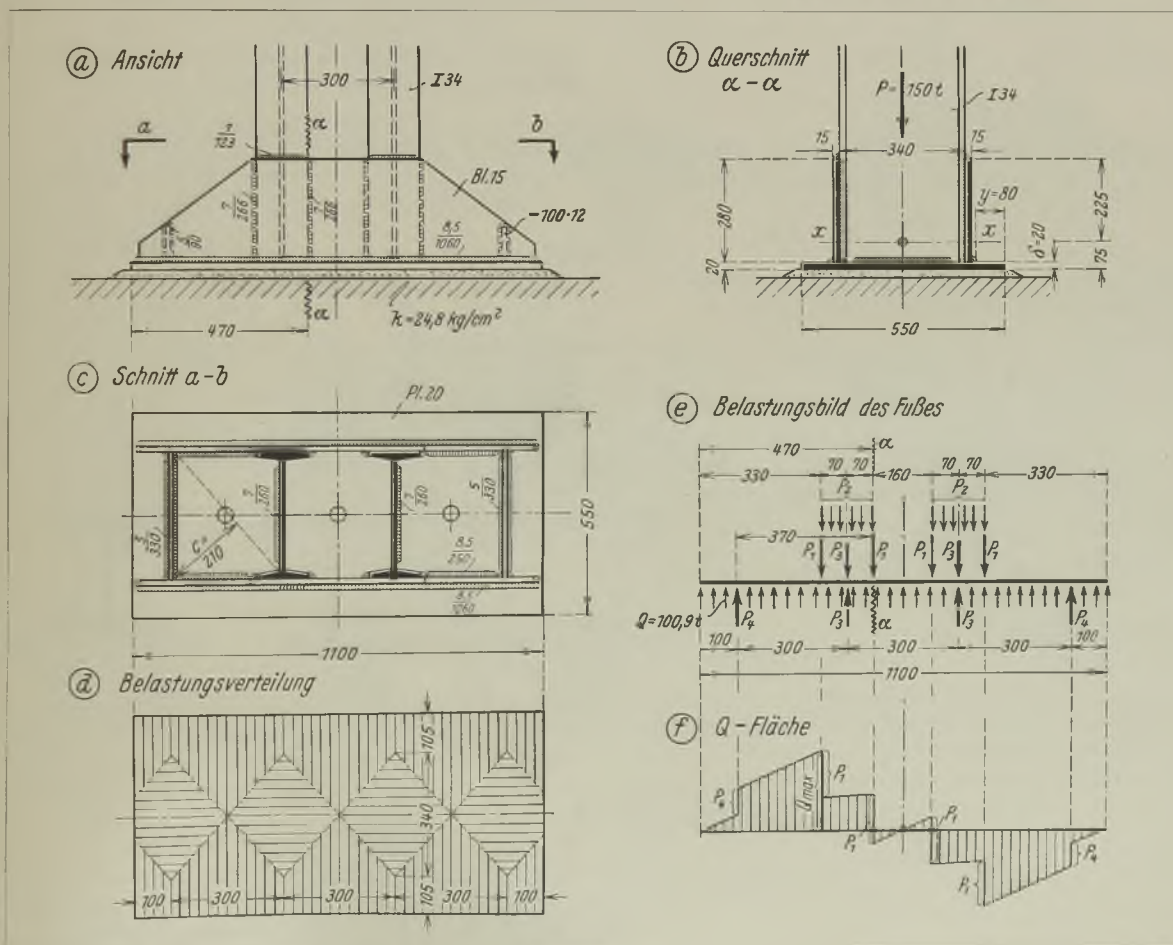


Abb. 122. Stützenfuß mit Fußblechen und zwei Aussteifungen.



3) Anschluß der Stieflansche an die Fußbleche.

Nachdem ein Stielsteg 12,65 t unmittelbar auf die Fußplatte überträgt, bleibt noch für die Stieflansche folgende Kraft zum Anschluß übrig:

$$P_r = P - 2P_s = 150 - 2 \cdot 12,65 = 124,7 \text{ t.}$$

Vorhanden sind 8 Flanken- und 4 Stirnnahte:

$$F_{Schw} = 0,7(8 \cdot 26,6 + 4 \cdot 12,3) = 183,4 \text{ cm}^2,$$

$$\varrho_{vorb} = \frac{P_r}{F_{Schw}} = \frac{124,7}{183,4} = 0,68 \text{ t/cm}^2.$$

4) Untersuchung der Aussteifungsbleche.

Gemäß der Belastungsverteilung nach Abb. d erhält ein Aussteifungsblech etwa folgende Dreiecksbelastung:

$$P_a = \left( \frac{15,0 \cdot 34,0}{2} + 10,0 \cdot 34,0 \cdot \frac{2}{3} \right) 24,8 = \approx 11900 \text{ kg} = 11,9 \text{ t,}$$

$$M = \frac{Pl}{6} = \frac{11,9 \cdot 34,0}{6} = 67,33 \text{ cmt.}$$

Als vorhandener Querschnitt wird außer der Aussteifung aus Flachstahl 100 · 12 noch ein Streifen der Platte in einer Breite von 200 mm hinzugerechnet. Damit ergeben sich folgende Werte: Schwerpunktsabstand  $e$  von Plattenunterkante ist 2,38 cm;  $J = 546 \text{ cm}^4$ ;  $W = 56,7 \text{ cm}^3$ , das statische Moment des Plattenteiles  $S = 55,2 \text{ cm}^3$ .

$$\sigma_{vorb} = \frac{M}{W} = \frac{67,33}{56,7} = 1,19 \text{ t/cm}^2.$$

Zum Anschluß an die Fußbleche sind 4 Kehlnahte mit  $l = 9 \text{ cm}$  vorhanden; die Schweißnahtdicke:

$$a = \frac{P_a}{4l\varrho_{zul}} = \frac{11,9}{4 \cdot 9,0 \cdot 0,7} \approx 0,5 \text{ cm.}$$

Zum Anschluß an die Fußplatte sind 2 Kehlnahte mit  $a = 0,5 \text{ cm}$  und  $l = 33,0 \text{ cm}$  vorhanden.

$$F_{Schw} = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,33 = 33,0 \text{ cm}^2.$$

Lotrecht gerichtete Spannung:

$$\varrho_1 = \frac{P_a}{F_{Schw}} = \frac{11,9}{33,0} = 0,361 \text{ t/cm}^2.$$

Waagrecht gerichtete Spannung (Schubspannung):

$$\varrho_2 = \frac{QS}{J} \frac{1}{2a} = \frac{11,9}{546} \cdot \frac{55,2}{2 \cdot 0,5} = 0,601 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\varrho = \sqrt{\varrho_1^2 + \varrho_2^2} = \sqrt{0,361^2 + 0,601^2} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

5) Nachweis des Fußquerschnittes.

Die Belastung des Stützenfußes ist etwa gemäß Abb. e anzunehmen:

$$P_1 = nal\varrho_{vorb} = 2 \cdot 0,7 \cdot 26,6 \cdot 0,68 = 25,32 \text{ t,}$$

$$P_2 = 2 \cdot 0,7 \cdot 12,3 \cdot 0,68 = 11,70 \text{ ,,}$$

$$P_3 = P_s \text{ nach Teil 2) } = 12,65 \text{ ,,}$$

$$P_4 = P_a \text{ nach Teil 4) } = 11,90 \text{ ,,}$$

$Q$  = (gleichmäßig verteilt angenommen)

$$= P - 2(P_3 + P_4) = 150,0 - 2(12,65 + 11,9) = 100,90 \text{ ,,}$$

Der gefährliche Schnitt liegt im Schnitte  $\alpha-\alpha$  (Abb. e und f), da an dieser Stelle die Querkraft das Vorzeichen wechselt. In Fußblechmitte tritt nochmals ein Querkraftwechsel auf, jedoch ist an dieser Stelle das Biegemoment geringer als im Schnitte  $\alpha-\alpha$ .

$$M_\alpha = \frac{100,9 \cdot 47,0}{110,0} \cdot \frac{47,0}{2} + 11,9 \cdot 37,0$$

$$= (25,32 \cdot 14,0 + 11,7 \cdot 7) = 1017 \text{ cmt.}$$

Vorhanden ist der in Abb. b gezeichnete Querschnitt mit  $J = 16240 \text{ cm}^4$ ,  $W = 723 \text{ cm}^3$ , das statische Moment der Fußplatte in bezug auf den Schwerpunkt des Gesamtfußquerschnittes  $S = 715 \text{ cm}^3$ .

$$\sigma_{vorb} = \frac{M_\alpha}{W} = \frac{1017}{723} = \approx 1,4 \text{ t/cm}^2.$$

6) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte.

$$t_{min} = 15 \text{ mm; } a_{zul} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm;}$$

$$a_{vorb} = 8,5 \text{ mm.}$$

Vorhanden sind 2 Kehlnahte mit 106,0 cm und 4 Kehlnahte mit 25,0 cm Länge:

$$F_{Schw} = 0,85(2 \cdot 106,0 + 4 \cdot 25,0) = 265,2 \text{ cm}^2.$$

Lotrecht gerichtete Spannung:

$$\varrho_1 = \frac{Q}{F_{Schw}} = \frac{100,9}{265,2} = 0,38 \text{ t/cm}^2.$$

Waagrecht gerichtete Spannung (Schubspannung) an Stelle der größten Querkraft:

$$\varrho_2 = \frac{QS}{J} \frac{1}{4a} = \frac{\left( \frac{100,9 \cdot 33,0}{110,0} + 11,9 \right) \cdot 715}{16240} \frac{1}{4 \cdot 0,85} = 0,55 \text{ t/cm}^2.$$

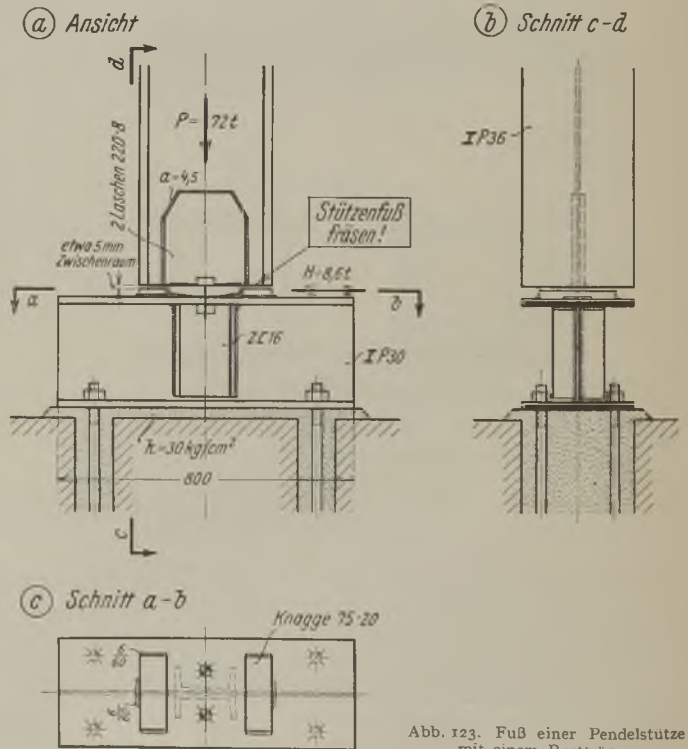


Abb. 123. Fuß einer Pendelstütze mit einem Rostträger.



Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,38^2 + 0,55^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2.$$

(Über den Nachweis der Gesamtspannung an anderen Anschlußstellen ist das dritte Beispiel im Teil B durchzusehen.)

7) Untersuchung der Platte.

Der größte freie Abstand  $y$  der Platte beträgt nach Abb. 6 80 mm; nach Tafel 6 ist der zulässige Abstand bei der vorhandenen Stärke  $\delta = 20$  mm und einer Pressung  $k$  von  $25 \text{ kg/cm}^2$  jedoch 121 mm.

durch Laschen verstärkt und dann gefräst, so daß die Auflagerkraft unmittelbar auf den Rostträger zur Übertragung kommt.

Abb. 123 zeigt eine Fußausführung für eine Pendelstütze mit einem Rostträger IP 30. Auf dem Rostträger sind in einem gegebenen Abstand zwei Knaggen angeschweißt, zwischen denen eine am Stützenfuß angeschweißte Platte eingreift. Diese Platte wird auf der unteren Seite etwas gewölbt ausgeführt, damit ein Pendeln der Stütze in der Richtung des waagerechten Kraftangriffes möglich ist. Die eingreifende

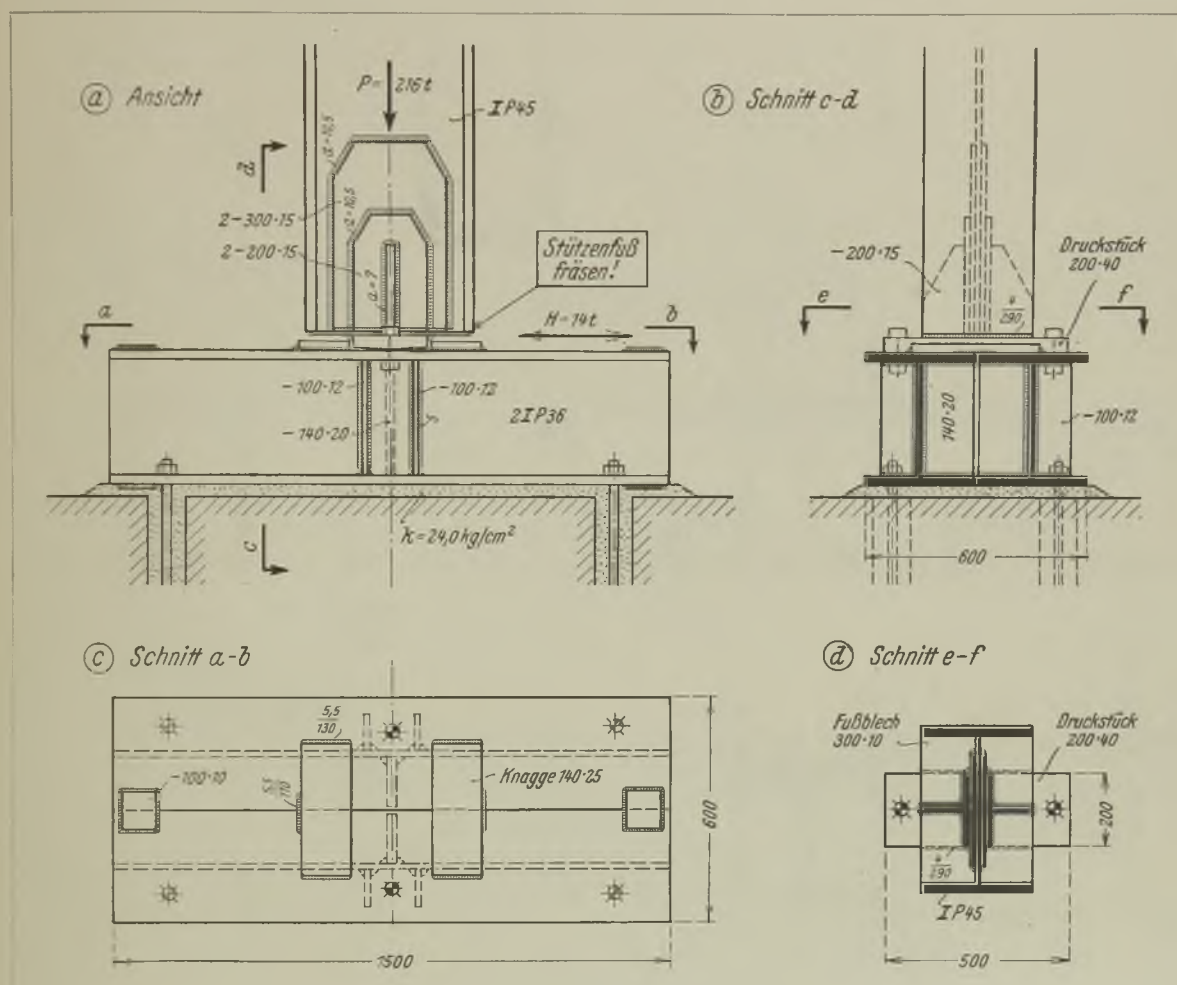


Abb. 124. Fuß einer Pendelstütze mit zwei Rostträgern.

Die inneren freien Plattenfelder sind ebenfalls biegefest: Nach Tafel 7 beträgt das zulässige Lot  $c = 244$  mm; vorhanden ist nur 210 mm. Damit ist die Fußplatte genügend ausgesteift.

#### e) Stützenfüße mit Trägerrost.

Bei Pendelstützen (Abb. 123 und 124) und bei Geschoßbaustützen mit größeren Auflagerkräften werden zweckmäßig als Lagerunterteil ein oder mehrere Rostträger angeordnet. Der Stiel wird unten am Auflager

Platte gibt den lotrechten Auflagerdruck unmittelbar auf den Lagerunterteil ab. Die waagerechte Kraft  $H$  wirkt gegen eine der beiden aufgeschweißten Knaggen, weshalb der Anschluß einer der Knaggen natürlich der vollen auftretenden Kraft  $H$  genügen muß. Damit der Stützenstiel auch in seitlicher Richtung gehalten ist, werden gemäß der Abb. 123 in einfacher Weise zwei Schrauben in der Mitte der Auflagerplatte angeordnet und somit der Stützenstiel mit dem Lagerunterteil zur Verbindung gebracht. Da die Schrauben

im Scheitelpunkt der gewölbten Platte sitzen, so wird die Gelenkigkeit der Stütze nicht behindert.

Die Berechnung des Stützenfußes bietet nichts Neues. Der verstärkte und gefräste Stützenstiel wird wie bei den im Teil A, 5 im dritten Abschnitt behandelten Stützenköpfen berechnet; denn stellt man die Abb. 123 auf den Kopf, dann ist im Grunde genommen der Stützenfuß auch als Stützenkopf anzusehen. Die Berechnung der Lagerunterteile erfolgt nach Teil A, 1, e im dritten Abschnitt.

Laschen verstärkt. Beachtenswert ist die bei dem hohen Auflagerdruck von 608 t erreichte geringe Bauhöhe des Fußes. Die Berechnung des Fußes bietet nichts Neues.

### 2. Berechnung und Ausführung der Trägeranschlüsse und der Stützenköpfe.

Über Trägeranschlüsse und Stützenköpfe sind Angaben im dritten Abschnitt, Teil A, 4 und A, 5 gemacht.

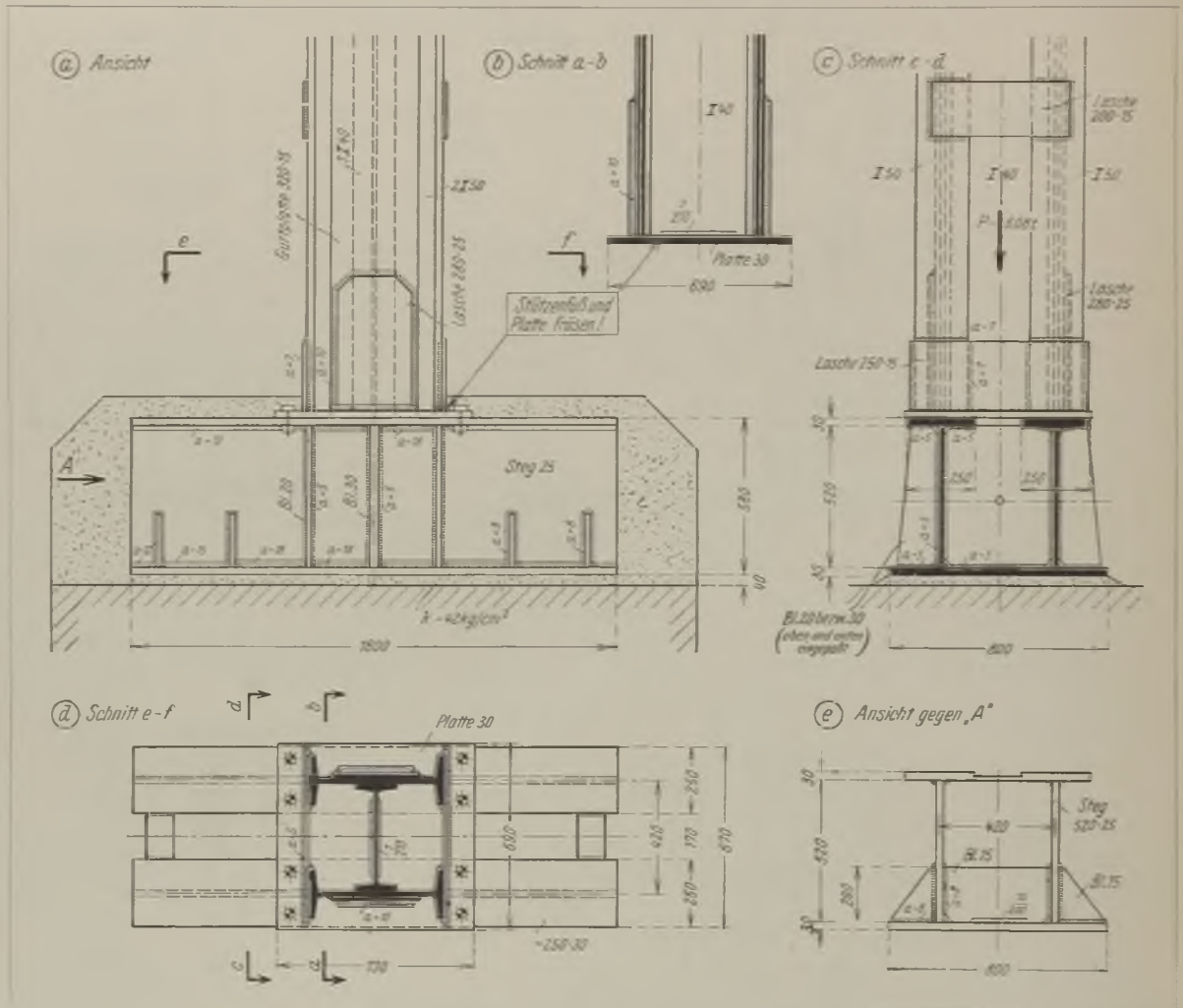


Abb. 125. Fuß einer Geschosbaustütze mit einem geschweißten Rosträger.

In Abb. 124 ist für eine Pendelstütze eine Fußausführung mit zwei Rosträgern dargestellt. Hier gilt dasselbe, was im Vorangehenden für die Fußausführung nach Abb. 123 gesagt worden ist.

In Abb. 125 ist eine Fußausbildung gezeigt, bei der der Stützenquerschnitt unmittelbar auf einen Schweißträgerrost gesetzt ist und die Kraftübertragung durch die gefrästen Auflagerflächen erfolgt. Zur Sicherheit ist das aufsitzende Stielende noch durch angeschweißte

### 3. Berechnung und Ausführung der Stützenstöße.

#### a) Allgemeines.

Die bei den genieteten bzw. geschraubten Stößen bekannten Ausführungen mit Flansch- und Steg-laschen werden hier nicht besonders vorgeführt, da sie für Schweißausführungen nicht gut geeignet sind: Die zum Ausgleich der verschiedenen Querschnittshöhen erforderlichen Futterstücke müssen voll angeschlossen werden, so daß die Stoßkraft

in der oberen Stoßhälfte doppelt anzuschließen ist.

Schweißgerechte Stoßausführungen sind in der Abb. 126 dargestellt. Die Stöße nach Abb. a und b

hierin ist  $P'$  die Kraft, die von einem Stielflansch verursacht ist.

Das Widerstandsmoment der Platte:

$$W = \frac{\delta^2 B}{6},$$

und die vorhandene Biegebeanspruchung der Platte:

$$\sigma = \frac{M}{W}.$$

Wird die Stoßplatte zu dick, so kann gemäß Abb. 127b durch Anbringung von Aussteifungsrippen das Biegemoment und damit die Stärke der Platte verringert werden. Der Anschluß und die Dicke der Aussteifungsrippen sind nach Teil A, 1, d im dritten Abschnitt zu bestimmen.

Während die Ausführungen nach Abb. 126 nur bei Vorhandensein einer Normalkraft  $P$  möglich sind, können die Ausführungen nach Abb. 127 auch bei Belastung durch eine Normalkraft und ein Moment gewählt werden.

Für den Stoß einer Außenstütze eines Stockwerkrahmens ist nachfolgend ein Zahlenbeispiel beigegeben; die dort gegebene Berechnung kann sinngemäß für alle anderen Stoßausführungen verwendet werden.

b) Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Der Stoß der Außenstütze eines Stockwerkrahmens nach Abb. 128 wird nachstehend berechnet. Der Ab-

sind für eine Baustellenverschraubung geeignet. Nachdem die Stielquerschnitte winkelrecht gefräst oder gehobelt sind, wird an jedem Stielende eine 15 bis 25 mm starke Platte angeschweißt, und zwar, da ja die Stoßkraft unmittelbar zur Übertragung kommt, mit nur etwa ein Drittel der vorhandenen Stoßkraft.

Ist eine Schweißung auch auf der Baustelle möglich, dann kann die Stoßausführung nach Abb. 126c erfolgen. Die Stoßplatte wird in der Werkstatt an den unteren Stiel angeschweißt; bei der Aufstellung wird dann der obere Stiel auf die Platte geschweißt; der Anschluß hat beide Male mit der vollen Stoßkraft zu erfolgen. Da bei dieser Anordnung die Kraft unmittelbar durch die Schweißnähte übertragen wird, so brauchen die Stielquerschnitte nicht gefräst zu werden. Zwecks bequemer Aufstellung werden an den oberen Stiel zwei kleine Winkelstücke angeschweißt; durch die in der Stoßplatte und in den Winkelstücken vorzusehenden Löcher kann der obere Stiel passend aufgesetzt, verschraubt und schließlich bequem geschweißt werden.

In Abb. 127 sind zwei Stoßausführungen dargestellt, bei denen der Höhenunterschied der Stielquerschnitte von Belang ist. Hier ist bei Bestimmung der Stoßplattendicke mit dem auftretenden Biegemoment zu rechnen. Man kann annehmen, daß die Platte die von den Flanschen des oberen Stieles zur Übertragung kommende Kraft in die Flanche des unteren Stieles zu verteilen hat. Das auftretende Biegemoment ist angenähert (vgl. Abb. 127):

$$M = P'a,$$

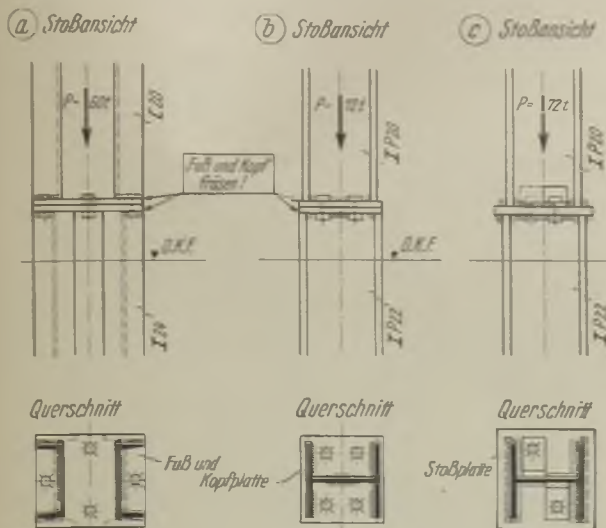


Abb. 126. Verschiedene Stoßanordnungen von Geschoßbaustützen: Abb. a und b für Baustellenverschraubung, Abb. c für Baustellenverschraubung.

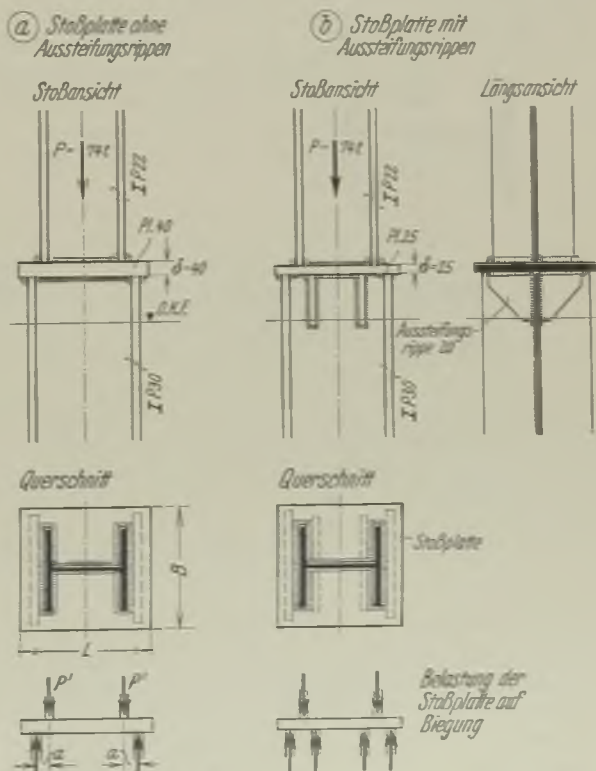


Abb. 127. Zwei Stoßausführungen von Geschoßbaustützen für Baustellenverschraubung: Abb. a mit einfacher Stoßplatte, Abb. b mit ausgesteifter Stoßplatte.



stand  $c$  des Stoßes (Schnitt  $\alpha-\alpha$ ) über Mitte Riegelanschluß ist 1,4 m; an dieser Stelle beträgt gemäß Abb.  $d$  und  $e$  das Biegemoment infolge lotrechter Belastung  $+630$  cmt und infolge Wind  $\pm 480$  cmt. Die Normalkraft  $P$  ist infolge lotrechter Belastung  $-42$  t und infolge Wind  $\mp 8,5$  t. Die größte Querkraft  $Q$  ist 16 t.

Parabel bis zu dem Festwert 1 ab (Abb.  $f$ ), also

$$\omega' = \omega \eta'_p - \eta'_p + 1.$$

Im Beispiel besteht der Stielquerschnitt aus einem I P 42 $\frac{1}{2}$ . Die größte Druckkraft

$$P = 42,0 + 8,5 = 50,5 \text{ t.}$$

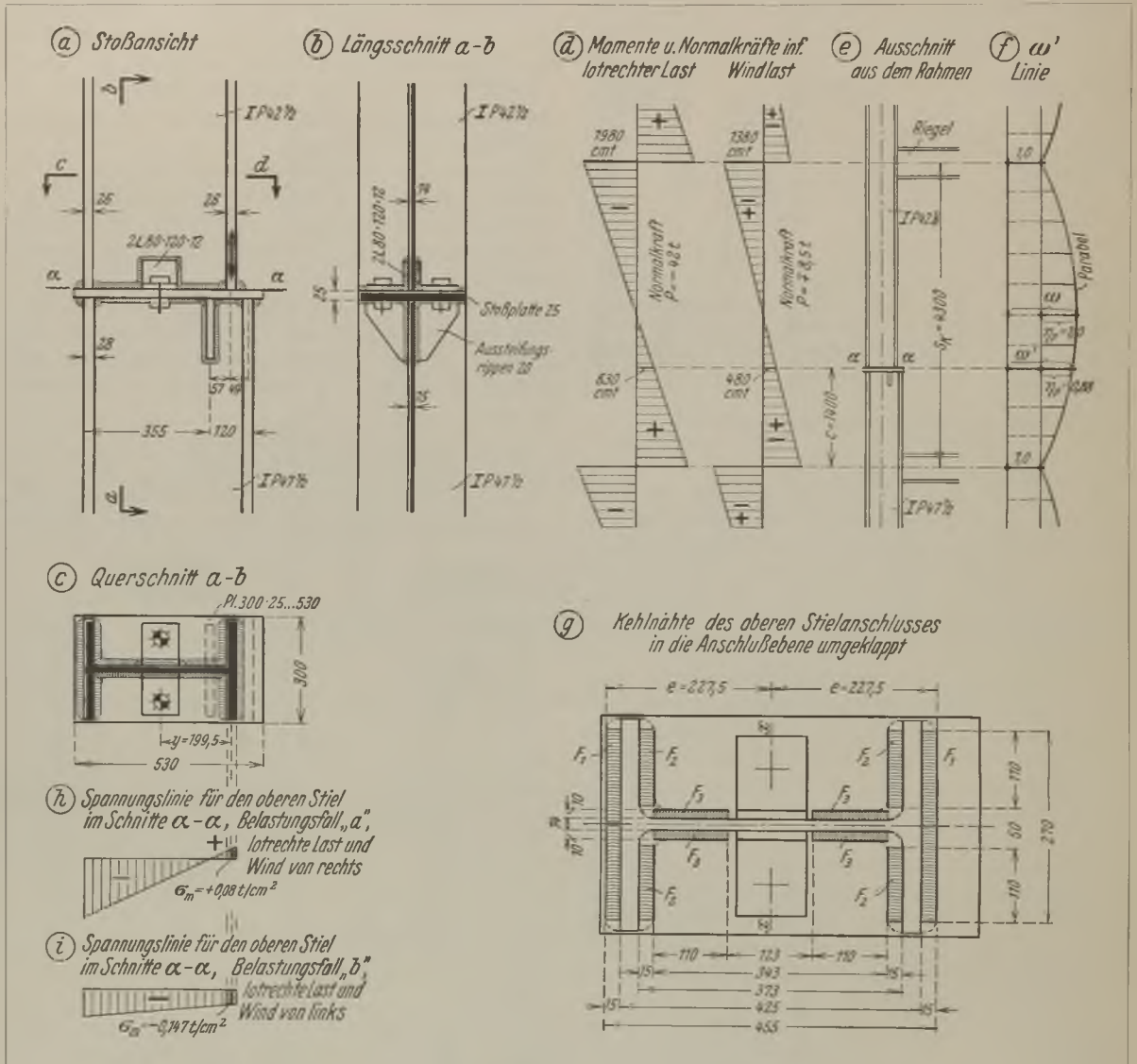


Abb. 128. Stoßausführung der Außenstütze eines Stockwerkrahmens für Baustellenschweißung.

β) Berechnung der gedachten Normalkraft.

Der Stoß muß für eine gedachte Normalkraft  $P'$  berechnet werden, welche gleich ist der vorhandenen Stielkraft  $P$  multipliziert mit dem Faktor  $\omega'$ . Dieser Faktor  $\omega'$  ist in halber Knicklänge, also in Stabmitte, gleich dem Werte  $\omega$ , der für die Berechnung der Stütze selbst benutzt wird; nach oben und unten zu nimmt der Faktor  $\omega'$  nach der Gleichung einer

Knicklänge  $s_k = 4,3$  m;

$$\lambda = \frac{s_k}{l_p} = \frac{4,30}{7,43} = 58; \quad \omega = 1,24.$$

Parabelhöhe  $\eta'_p$  an der Stoßstelle (Abb.  $f$ ) = 0,88. Setzt man die Werte in die obige Gleichung ein, dann wird

$$\omega' = 1,24 \cdot 0,88 - 0,88 + 1 = 1,21,$$

und damit die gedachte Normalkraft am Stoß:

$$P' = P\omega' = 50,5 \cdot 1,21 = 61 \text{ t.}$$

γ) Bestimmung des Schweißanschlusses des oberen Stieles IP 42<sup>1</sup>/<sub>2</sub> an die Stoßplatte.

In der Abb. g sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt. Die Nahtdicke am Stielflansch beträgt 15 mm, zulässig ist

$$0,707 \cdot t = 0,707 \cdot 26 = 18,4 \text{ mm;}$$

am Stielsteg ist

$$a_{\text{vorh}} = 10 \text{ mm; } a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 14 = \approx 10 \text{ mm.}$$

Schweißfläche:

$$\begin{aligned} 2F_1 &= 2 \cdot 1,5 \cdot 27,0 &= 81,0 \text{ cm}^2 \\ 4F_2 &= 4 \cdot 1,5 \cdot 11,0 &= 66,0 \text{ ,,} \\ 4F_3 &= 4 \cdot 1,0 \cdot 11,0 &= 44,0 \text{ ,,} \\ &F_{\text{Schw}} &= 191,0 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Trägheitsmoment der Schweißfläche:

$$\begin{aligned} J_{\text{Schw}} &= [27,0(45,5^3 - 42,5^3) + 2 \cdot 11,0(37,3^3 - 34,3^3) \\ &+ 2 \cdot 1,0(34,3^3 - 12,3^3)] \frac{1}{12} = 66800 \text{ cm}^4. \end{aligned}$$

Widerstandsmoment der Schweißfläche:

$$W_{\text{Schw}} = \frac{J_{\text{Schw}}}{e_{\text{max}}} = \frac{66800}{22,75} = 2936 \text{ cm}^3.$$

Spannung aus dem Moment und der gedachten Normalkraft  $P'$ :

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \pm \frac{M}{W_{\text{Schw}}} - \frac{P'}{F_{\text{Schw}}} = \pm \frac{630 + 480}{2936} - \frac{61,0}{191} \\ &= \pm 0,377 - 0,319 = +0,058 \text{ t/cm}^2 \\ &\text{bezw. } -0,696 \text{ ,,} \end{aligned}$$

Spannung aus der Querkraft:

$$\sigma_2 = \frac{Q}{F_{\text{Schw}}} = \frac{16,0}{191} = 0,084 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,696^2 + 0,084^2} = 0,7 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Untersuchung der Stoßplatte.

Die Stoßplatte wird durch die Kraftübertragung des oberen Stielinnenflansches auf den unteren Stiel auf Biegung beansprucht. Ohne besondere Aussteifungsrippen müßte eine Platte von 30 mm Stärke gewählt werden; da aber nur eine Plattendicke von 25 mm Verwendung finden soll, so muß die Platte gemäß Abb. a und b ausgesteift werden.

Zur Ermittlung der durch den Innenflansch zur Übertragung kommenden Kraft wird zunächst die größte mittlere Zug- und die größte mittlere Druckbeanspruchung des Innenflansches im Schnitte  $\alpha-\alpha$  ermittelt (Abb. h und i):

bei Wind von rechts (größte Zugspannung):

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{mittel}} &= + \frac{M_{\text{Stoß}}}{J_{\text{IP } 42^{1/2}}} y - \frac{P}{F_{\text{IP } 42^{1/2}}} \\ &= + \frac{630 + 480}{69480} 19,95 - \frac{50,5}{212} \\ &= +0,318 - 0,238 = +0,08 \text{ t/cm}^2 \end{aligned}$$

(hier ist nicht mit  $\omega'$  multipliziert, da im Innenflansch eine Zugkraft vorherrschend ist);

bei Wind von links (größte Druckspannung):

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{mittel}} &= + \frac{M_{\text{Stoß}}}{J_{\text{IP } 42^{1/2}}} y - \frac{P\omega'}{F_{\text{IP } 42^{1/2}}} \\ &= + \frac{630 - 480}{69480} 19,95 - \frac{(42,0 - 8,5) 1,21}{212} \\ &= +0,044 - 0,191 = -0,147 \text{ t/cm}^2. \end{aligned}$$

Von dem Innenflansch kommen daher in den beiden Grenzflächen folgende Kräfte zur Übertragung:

$$P_{\text{Zug}} = F_{\text{Flansch}} \sigma_m = 2,6 \cdot 30,0 \cdot 0,08 = 6,27 \text{ t,}$$

bezw.  $P_{\text{Druck}} = F_{\text{Flansch}} \sigma_m = 2,6 \cdot 30,0 \cdot 0,147 = 11,47 \text{ t.}$

Die Stoßplatte hat in angenäherter Weise folgendes Moment auszuhalten (vgl. Abb. a):

$$M = \frac{11,47 \cdot 5,7 \cdot 4,9}{(5,7 + 4,9)} = 30,3 \text{ cmt.}$$

Vorhanden eine Platte  $300 \cdot 25$  mit

$$W = \frac{2,5^2 \cdot 30,0}{6} = 31,3 \text{ cm}^3,$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{30,3}{31,3} = 0,97 \text{ t/cm}^2.$$

ε) Bestimmung des Schweißanschlusses des unteren Stieles IP 47<sup>1</sup>/<sub>2</sub> an die Stoßplatte.

Die Berechnung erfolgt sinngemäß, wie bei dem Anschluß des IP 42<sup>1</sup>/<sub>2</sub> gezeigt. Hier ist jedoch zu beachten, daß zur Schweißfläche auch die Kehlnähte der Aussteifungsrippen zu rechnen sind. Die in die Anschlußebene umgeklappten Kehlnähte ergeben daher einen unsymmetrischen Querschnitt.

In angenäherter Weise kann man am Außenflansch und am Steg die Nahtdicken wie bei dem oberen Anschluß wählen; am Innenflansch dagegen braucht die Nahtdicke nur etwa halb so groß zu sein wie die am oberen Innenflansch, da ja etwa <sup>1</sup>/<sub>2</sub> der oberen Flankkraft in die Aussteifungsrippen und von dort in den Steg des unteren Stieles gebracht werden.

#### 4. Berechnung und Ausführung der Bindebleche.

##### a) Allgemeines.

Nach den Bestimmungen vom 25. Februar 1925 darf bei mehrteiligen Druckstäben der Schlankheitsgrad der einzelnen Stäbe nicht größer als der des ganzen Stabes und nicht größer als 30 sein. Bezeichnet  $i_1$  den kleinsten Trägheitshalbmesser des Einzelstabes, dann wird demnach die freie Knicklänge des Einzelstabes

$$l_1 = 30 i_1.$$

Wird der Schlankheitsgrad der einzelnen Stäbe ausnahmsweise größer als 30 gewählt, so ist die Tragfähigkeit des Stabes rechnerisch nachzuweisen (z. B. nach dem Verfahren von Engesser, Krohn, Müller-Breslau; vgl. hierzu Band III, zweiter Abschnitt, Teil II, A, 5). Als freie Knicklänge der Einzelstäbe kann der Abstand der inneren Bindeblechkanten angenommen werden. Nach den Bestimmungen sind

die Anschlüsse der Bindebleche oder Vergitterungen für eine Querkraft, die gleich 2 v.H. der größten Druckkraft des Gesamtstabes ohne Multiplikation mit der Knickzahl  $\omega$  anzunehmen ist, zu berechnen, falls die Querkraft nicht rechnungsmäßig ermittelt wird.

**b) Zahlenbeispiel.**

$\alpha$ ) Allgemeines.

Die in Abb. 129 dargestellten Bindebleche und ihre Schweißanschlüsse an die Stütze sind nachstehend zu berechnen.  $\sigma_{zul} = 1,4 \text{ t/cm}^2$ .

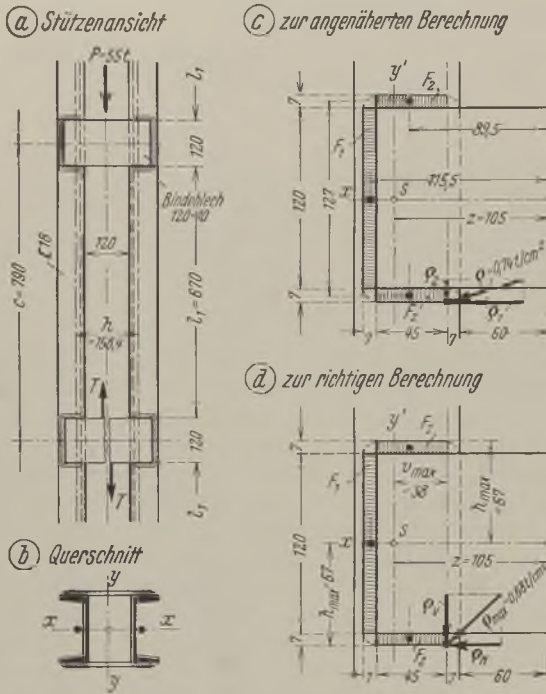


Abb. 129. Berechnung der Bindebleche.

$\beta$ ) Bestimmung der Scherkraft.

Die Bindebleche haben folgende Querkraft auszuhalten:

$$Q = P \cdot 0,02 = 55,0 \cdot 0,02 = 1,1 \text{ t.}$$

Die auf die Bindebleche in der Stützenschwerpunktsachse wirkende Scherkraft  $T$  wird (Abb. a):

$$T = \frac{Qc}{h},$$

hierin bezeichnet

- $c$  den Mittenabstand der Bindebleche,
- $h$  den Abstand der Schwerpunkte der beiden Einzelstäbe.

Die Werte in die obige Gleichung eingesetzt, ergibt:

$$T = \frac{1,1 \cdot 79}{15,84} = 5,48 \text{ t.}$$

Da zwei Bindebleche vorhanden sind, entfällt auf jedes Bindeblech:

$$\frac{T}{2} = \frac{5,48}{2} = 2,74 \text{ t.}$$

$\gamma$ ) Angenäherte Berechnung des Schweißanschlusses.

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{zul} = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorb}} = 7 \text{ mm.}$$

In Abb. c sind die Dicken der Schweißnähte einer Bindeblechhälfte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$F_1 = 0,7 \cdot 12,0 = 8,4 \text{ cm}^2$$

$$2F_2 = 2 \cdot 0,7 \cdot 4,5 = 6,3 \text{ ,,}$$

$$F_{\text{Schw}} = 14,7 \text{ cm}^2$$

Schwerpunktsabstand  $z$  von der Stützenachse  $y-y$ :

$$z = \frac{\Sigma Fy}{F_{\text{Schw}}} = \frac{8,4 \cdot 11,55 + 6,3 \cdot 8,95}{14,7} = 10,5 \text{ cm.}$$

Das von den Schweißnähten aufzunehmende Biegemoment:

$$M = \frac{T}{z} = 2,74 \cdot 10,5 = 28,7 \text{ cmt.}$$

Bei der angenäherten Berechnung wird angenommen, daß das Moment nur von den waagerechten Schweißflächen  $F_2$  unter Annahme der Wirkung eines Kräftepaars  $H$  aufgenommen und die senkrechte Fläche  $F_1$  vernachlässigt wird:

$$H = \frac{M}{12,7} = \frac{28,7}{12,7} = 2,26 \text{ t.}$$

Die waagerechten Schweißnähte werden nunmehr bei dem Annäherungsverfahren wie folgt berechnet:

$$e_1 = \frac{H}{F_2} = \frac{2,26}{3,15} = 0,717 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{1/2 T}{F_{\text{Schw}}} = \frac{2,74}{14,7} = 0,186 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,717^2 + 0,186^2} = 0,74 \text{ t/cm}^2.$$

Bei dem angenäherten Verfahren wird die zulässige Spannung ( $e_{zul} = 0,5 \sigma_{zul} = 0,7 \text{ t/cm}^2$ ) überschritten; es müßte also bei dieser Berechnungsart die Bindeblechverbindung verbessert werden. Bei der nachfolgend durchgeführten richtigen Berechnungsweise kommt man mit der gewählten Schweißverbindung aus.

$\delta$ ) Richtige Berechnung des Schweißanschlusses.

In der Abb. d sind die Dicken der Schweißnähte einer Bindeblechhälfte in die Anschlußebene umgeklappt.

Das polare Trägheitsmoment  $J$  (vgl. Teil A, 7, d,  $\eta$  im dritten Abschnitt):

$$J_p = J_x + J_y,$$

$$J_x = \frac{0,7 \cdot 12,0^3}{12} + 4,5(13,4^2 - 12,0^2) \frac{1}{12} = 355,0 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 8,4 \cdot 1,05^2 + 2 \frac{0,7 \cdot 4,5^3}{12} + 6,3 \cdot 1,55^2 = 35,2 \text{ ,,}$$

$$J_p = 390,2 \text{ cm}^4.$$

Spannungen aus Moment und Scherkraft:

$$e_{H_{\max}} = M \frac{h_{\max}}{J_p} = 28,7 \frac{6,7}{395,6} = 0,487 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_{T_{\max}} = M \frac{v_{\max}}{J_p} + \frac{1/2 T}{F_{\text{Schw}}} = 28,7 \frac{3,8}{390,2} + \frac{2,75}{14,7}$$

$$= 0,467 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$e_{\max} = \sqrt{e_{H_{\max}}^2 + e_{T_{\max}}^2} = \sqrt{0,487^2 + 0,467^2} = 0,68 \text{ t/cm}^2.$$



## B. Unten eingespannte Stützen.

### 1. Berechnung und Ausführung der Stützenfüße.

#### a) Allgemeines.

Die Berechnung erfolgt sinngemäß wie bei den im Teil A behandelten Stützenfüßen für Geschoßbau- und Pendelstützen. Zu beachten ist nur, daß bei den Füßen unten eingespannter Stützen die Fundament-  
 druckung  $k$  nicht gleichmäßig, sondern trapez- oder dreieckförmig gemäß Abb. 132 wirkt. Das Moment muß entweder nach dem größten Ankerzug oder nach der größten trapezförmigen Last bestimmt werden (vgl. hierzu die folgenden drei Zahlenbeispiele).

gemäß Abb. 132 in Betracht kommen. Für die einzelnen Plattenfelder können die Trapezlasten als gleichmäßig verteilte Last angenommen werden; mit anderen Worten: für  $k$  ist die mittlere Höhe des Trapezes anzunehmen. Die Tafeln 6 und 7 sind dann auch bei den Füßen von eingespannten Stützen zu verwenden.

Die Abb. 130 und 131 zeigen vollwandige unten eingespannte Stützenfüße, und zwar einmal mit einem Stiel aus 2  $\square$ - und das andere Mal mit einem Stiel aus 1  $\square$ -P-Träger. Die Abb. 132 veranschaulicht noch eine unten eingespannte fachwerkartige Stütze. Sämt-

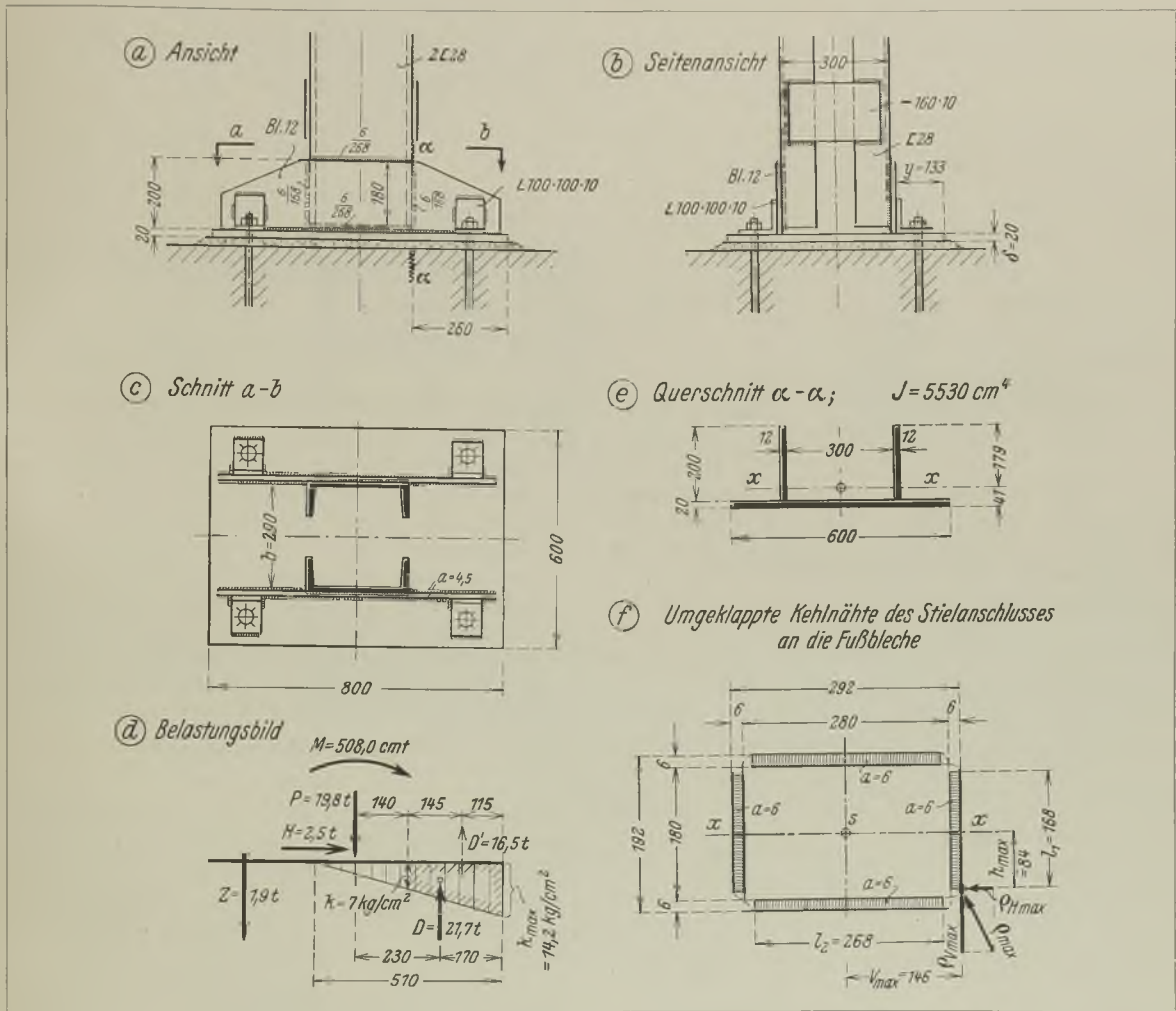


Abb. 130. Eingespannter Stützenfuß ohne besondere Plattenaussteifung.

Bei der Ermittlung der Stützenfußaussteifungen geht man sinngemäß vor wie bei den im Teil A, 1, a beschriebenen Geschoßbau- und Pendelstützen. Der Unterschied liegt nur darin, daß bei eingespannten Stützen, im Gegensatz zu der bei Geschoßbaustützen anzunehmenden gleichmäßig verteilten Fundament-  
 druckung  $k$ , trapez- oder dreieckförmige Belastungen

liche drei Ausführungen werden nachstehend zahlenmäßig durchgerechnet.

#### b) Erstes Zahlenbeispiel.

##### $\alpha$ ) Allgemeines.

Für den in Abb. 130 dargestellten Stützenfuß soll nachstehend der Festigkeitsnachweis erbracht werden.

Der Stützenstiel besteht aus 2 C 28 und der Fuß aus einer Fußplatte und zwei Fußblechen. Die zulässige Stahlbeanspruchung beträgt  $1,4 \text{ t/cm}^2$ ; alle sonstigen Abmessungen und Belastungen sind aus der Abbildung ersichtlich.

β) Anschluß des Stützenstieles an den Fuß.

Vorhanden sind 4 Flanken- und 4 Stirnnähte.

$$t_{\min} = 10 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 10 = 7,07 \text{ mm}; \\ a_{\text{vorh}} = 6 \text{ mm}.$$

Länge der Flankennähte:  $l_1 = 168 \text{ mm}$ ,

Länge der Stirnnähte:  $l_2 = 268 \text{ mm}$ .

In der Abb. *f* sind die Dicken der Kehlnähte in die Anschlußebene umgeklappt:

Schweißfläche:

$$F_{\text{Schw}} = 4 \cdot 0,6(16,8 + 26,8) = 104,6 \text{ cm}^2.$$

Das polare Trägheitsmoment (vgl. Teil A, 7, d, η im dritten Abschnitt):

$$J_p = J_x + J_y,$$

$$J_x = 2 \left[ 2 \frac{0,6 \cdot 16,8^3}{12} + 26,8(19,2^3 - 18,0^3) \frac{1}{12} \right] = 6515 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 2 \left[ 2 \frac{0,6 \cdot 26,8^3}{12} + 16,8(29,2^3 - 28,0^3) \frac{1}{12} \right] = 12095 \text{ cm}^4 \\ J_p = 18610 \text{ cm}^4.$$

Die Schweißverbindung hat das Biegemoment  $M = 508 \text{ cmt}$ , die lotrechte Kraft  $P = 19,8 \text{ t}$  und die waagerechte Kraft  $H = 2,5 \text{ t}$  aufzunehmen. (Das Moment ist auf Unterkante Fußplatte bezogen, in Wirklichkeit würde daher das Moment für den Schweißanschluß etwas geringer werden, da hierfür der Bezugspunkt zur Bestimmung des Momentes im Schwerpunkt des Schweißanschlusses liegt.)

Die größte Beanspruchung erhält die am weitesten vom Schwerpunkt sitzende Schweißfaser:

$$e_{v_{\max}} = M \frac{v_{\max}}{J_p} + \frac{P}{F_{\text{Schw}}} = 508 \frac{14,6}{18610} + \frac{19,8}{104,6} \\ = 0,587 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_{H_{\max}} = M \frac{h_{\max}}{J_p} + \frac{H}{F_{\text{Schw}}} = 508 \frac{8,4}{18610} + \frac{2,5}{104,6} \\ = 0,254 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_{\max} = \sqrt{e_{v_{\max}}^2 + e_{H_{\max}}^2} = \sqrt{0,587^2 + 0,254^2} = 0,64 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Nachweis des Stützenfußquerschnittes.

Die Belastung des Stützenfußes geht aus der Abb. *d* hervor. Der gefährliche Querschnitt liegt im Schnitte  $\alpha-\alpha$ , da dort die Querkraft ihr Vorzeichen wechselt (vgl. Abb. *a*).

Die Belastung rechts vom Schnitte  $\alpha-\alpha$  beträgt infolge der Fundamentpressung:

$$D' = \frac{14,2 + 7,0}{2} 60,0 \cdot 26,0 = 16,5 \text{ t}.$$

Das größte Moment:

$$M_{\alpha} = 16,5 \cdot 14,5 = 239 \text{ cmt}.$$

Vorhanden ist der in Abb. *e* gezeichnete Querschnitt mit  $J = 5530 \text{ cm}^4$ ;  $W = 308 \text{ cm}^3$ ; das statische Moment der Fußplatte  $S = 372 \text{ cm}^3$ .

$$\sigma_{\text{vorh}} = \frac{M_{\alpha}}{W} = \frac{239}{308} = 775 \text{ kg/cm}^2.$$

δ) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte.

Vorhanden sind im Schnitt  $\alpha-\alpha$  4 Nähte mit  $a = 0,45 \text{ cm}$ ;

$Q = 16,5 \text{ t}$ ;

$P'$  auf  $1 \text{ cm}$  Länge

$$= 1,0 \cdot 60,0 \cdot 7,0 = 420 \text{ kg} = 0,42 \text{ t}.$$

Lotrecht gerichtete Spannung:

$$e_1 = \frac{P'}{4a} = \frac{0,42}{4 \cdot 0,45} = 0,234 \text{ t/cm}^2.$$

Waagrecht gerichtete Spannung:

$$e_2 = \frac{QS}{J} \frac{1}{4a} = \frac{16,5 \cdot 372}{5530} \frac{1}{4 \cdot 0,45} = 0,617 \text{ t/cm}^2,$$

Gesamtspannung:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,234^2 + 0,617^2} = 0,66 \text{ t/cm}^2.$$

ε) Untersuchung der Fußplatte.

Der größte freie Abstand  $y$  der Platte beträgt  $133 \text{ mm}$ ; nach Tafel 6 ist bei  $k = 14 \text{ kg/cm}^2$  und  $\delta = 20 \text{ mm}$  der zulässige Abstand  $y = 116 \text{ mm}$ . Der vorhandene freie Abstand ist jedoch genügend, da an den Plattenenden bei Wirkung der größten Pressung die Ankerwinkel gut aussteifen.

Die inneren freien Plattenfelder sind ebenfalls biegefest: nach Tafel 7 beträgt die zulässige Feldbreite  $b$  bei einer Pressung von  $14 \text{ kg/cm}^2$  gleich  $283 \text{ mm}$ ; vorhanden ist  $290 \text{ mm}$ . Damit ist die Fußplatte genügend ausgesteift.

c) Zweites Zahlenbeispiel.

α) Allgemeines.

Der Stützenfuß nach Abb. 131 ist zu untersuchen. Der Stützenstiel besteht aus einem IP 32 und der Fuß aus Fußplatte, 2 Fußblechen und 6 Aussteifungsblechen. Die zulässige Stahlbeanspruchung beträgt  $1,4 \text{ t/cm}^2$ . Alle sonstigen Abmessungen und Belastungen gehen aus der Abbildung hervor.

β) Anschluß des Stützenstiels an den Fuß.

Vorhanden sind 8 Flankenkehlnähte; die geringen Schweißstriche zwischen Stiefelfansch und Fußplatte werden vernachlässigt.

Die inneren Kehlnähte werden zweckmäßig vor dem Anschweißen der Fußplatte angebracht, da man dann von beiden Seiten zukommt.

$$t_{\min} = 15 \text{ mm}; \quad a_{\text{zul}} = 0,707 \cdot 15 = 10,6 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 10,5 \text{ mm}.$$





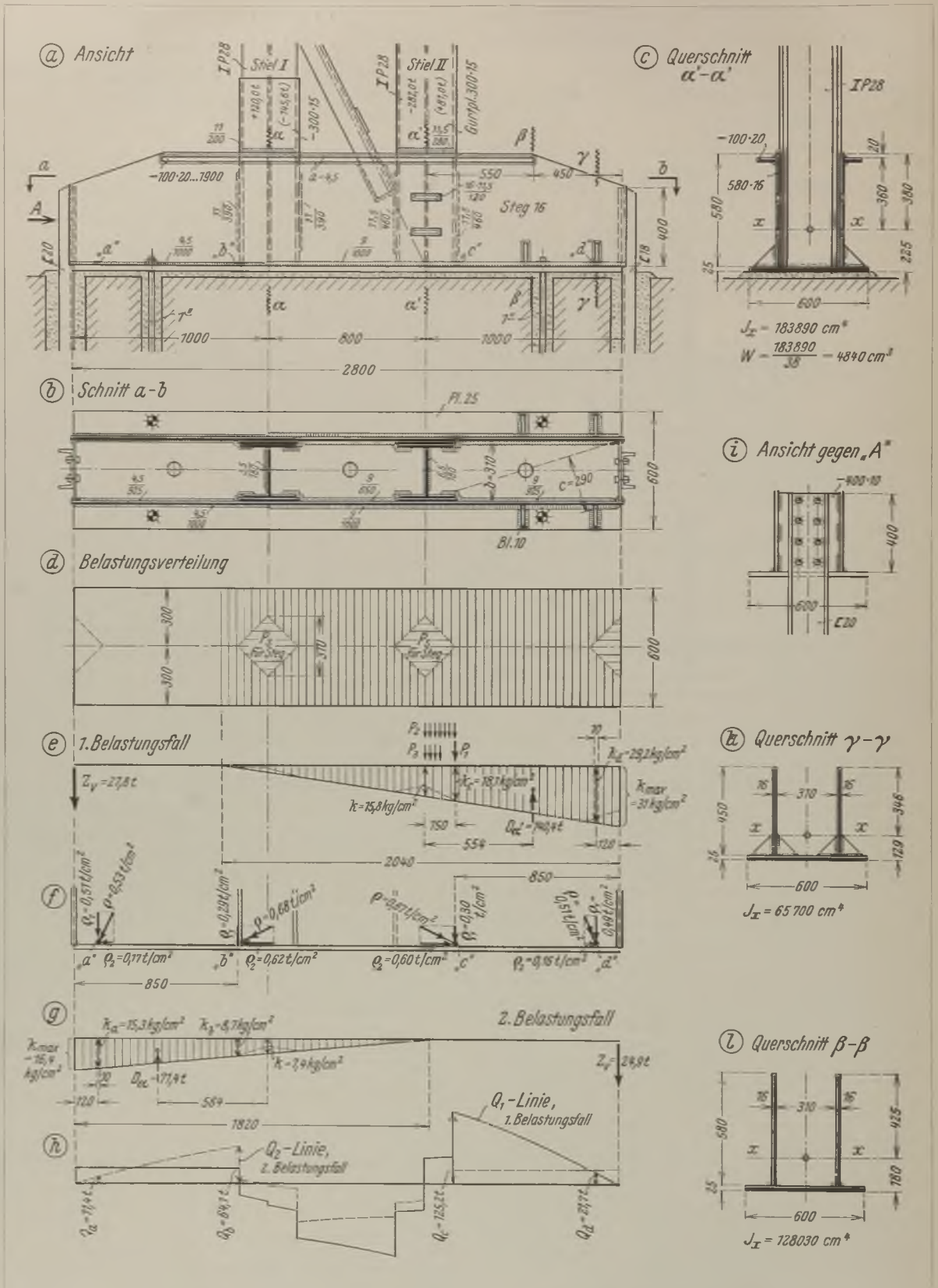


Abb. 132. Fußausbildung einer eingespannten Fachwerkstütze.

β) Anschluß des Stieles I an den Fuß.

$$\min S = 145,6 \text{ t}; \quad \max S = 120 \text{ t.}$$

Der Steg des Stieles überträgt durch den Steganschluß unmittelbar auf die Fußplatte (vgl. Abb. d und g):

$$P_s = \frac{31,0^2}{2} \cdot 7,4 \cong 3,6 \text{ t.}$$

Zum Anschluß ist eine Naht von 180 mm vorhanden, so daß die Schweißnahtdicke

$$a = \frac{P_s}{l_{\text{Qml}}} = \frac{3,6}{18,0 \cdot 0,7} = 0,29 \text{ cm};$$

gewählt  $a = 0,35 \text{ cm}$ .

Für den Anschluß der Flansche bleiben somit:

$$P_f = 145,6 - 3,6 = 142,0 \text{ t.}$$

Vorhanden sind 4 Flanken- und 2 Stirnnahte:

$$l_{\text{min}} = 16 \text{ mm}; \quad a_{\text{min}} = 0,707 \cdot 16 = 11,3 \text{ mm};$$

$$a_{\text{vorh}} = 11 \text{ mm.}$$

$$F_{\text{Schw}} = 1,10(4 \cdot 39,0 + 2 \cdot 20,0) = 215,6 \text{ cm}^2,$$

$$\rho = \frac{P_f}{F_{\text{Schw}}} = \frac{142,0}{215,6} = 0,66 \text{ t/cm}^2.$$

γ) Anschluß des Stieles II an den Fuß.

$$\min S = 282,0 \text{ t}; \quad \max S = 81,0 \text{ t.}$$

Der Steg des Stieles überträgt durch den Steganschluß unmittelbar auf die Fußplatte (vgl. Abb. d und e):

$$P_s = \frac{31,0^2}{2} \cdot 15,8 \cong 7,6 \text{ t.}$$

Zum Anschluß ist eine Naht von 180 mm vorhanden, so daß die Schweißnahtdicke

$$a = \frac{P_s}{l_{\text{Qml}}} = \frac{7,6}{18,0 \cdot 0,7} = 0,61 \text{ cm};$$

gewählt  $a = 0,65 \text{ cm}$ .

Für den Anschluß der Flansche bleiben somit:

$$P_f = 282,0 - 7,6 = 274,4 \text{ t.}$$

Vorhanden sind 4 Flankennahte, 2 Stirnnahte und 4 Langlochschnitte:

$$F_{\text{Schw}} = 1,15[4 \cdot 46,0 + 2 \cdot 28,0 + 4 \cdot 2(12,0 + 4,0 - 2 \cdot 1,15)] = 402 \text{ cm}^2,$$

$$\rho_{\text{vorh}} = \frac{P_f}{F_{\text{Schw}}} = \frac{274,4}{402} = 0,69 \text{ t/cm}^2.$$

δ) Nachweis des Stützenfußquerschnittes im Schnitte  $\alpha'-\alpha'$ .

Die gefährlichen Querschnitte liegen im Schnitte  $\alpha-\alpha$  bzw.  $\alpha'-\alpha'$  (Abb. a), da dort die Querkraft das Vorzeichen wechselt (vgl. Abb. h). Das absolut größte Moment ergibt sich bei dem 1. Belastungsfall im Schnitte  $\alpha'-\alpha'$ . Die Belastung des Stützenfußes rechts vom Schnitte  $\alpha'-\alpha'$  beträgt (Abb. e):

infolge der trapezförmig wirkenden Fundament-

$$D_{\alpha'} = 100,0 \cdot 60,0 \frac{31,0 + 15,8}{2} = 140400 \text{ kg} = 140,4 \text{ t,}$$

infolge des Schweißanschlusses des Stielflansches II (Steganschluß und Schlitze sind vernachlässigt):

$$P_1 = 2 \cdot 1,15 \cdot 46,0 \cdot 0,69 = 73,1 \text{ t,}$$

$$P_2 = 2 \cdot 1,15 \cdot 14,0 \cdot 0,69 = 22,2 \text{ t,}$$

$$P_3 = 2 \cdot 4(9,0 + 4,0 - 2,15) \cdot 0,69 = 60,0 \text{ t,}$$

$$\max M_{\alpha'} = 140,4 \cdot 55,4 - (73,1 \cdot 15,0$$

$$+ 22,2 \cdot 7,0 + 60,0 \cdot 4,5) = 6237 \text{ cmt.}$$

Bei Wirkung des größten Ankerzuges wird das Moment im Schnitte  $\alpha-\alpha$  weit geringer als vor: Die Belastung des Stützenfußes links vom Schnitte  $\alpha-\alpha$  beträgt  $Z = 27,8 \text{ t}$ ; die Fundamentpressung und der Stielschweißanschluß wirken günstig und werden vernachlässigt:

$$\min M_{\alpha} = 27,8 \cdot 100,0 = 2780 \text{ cmt.}$$

Vorhanden ist der in Abb. c geschnittene dargestellte Querschnitt  $\alpha'-\alpha'$  mit  $J = 183890 \text{ cm}^4$ ,  $W = 4840 \text{ cm}^3$ .

Die größte Beanspruchung:

$$\sigma_{\alpha'} = \frac{\max M_{\alpha'}}{W} = \frac{6237}{4840} = 1,29 \text{ t/cm}^2.$$

ε) Nachweis des Stützenfußquerschnittes im Schnitte  $\beta-\beta$ .

Die unter dem Schnitt  $\beta-\beta$  vorhandene größte Fundamentpressung  $k = 24,2 \text{ kg/cm}^2$ . Die Belastung des Stützenfußes rechts vom Schnitte  $\beta-\beta$  beträgt

$$D' = 45,0 \cdot 60 \frac{31,0 + 14,2}{2} = 74,5 \text{ t,}$$

$$M \cong 74,5 \frac{45,0}{2} = 1676 \text{ cmt.}$$

Vorhanden ist der in Abb. l gezeichnete Querschnitt  $\beta-\beta$  mit  $J = 128030 \text{ cm}^4$  und  $W = 3020 \text{ cm}^3$ .

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1676}{3020} = 0,56 \text{ t/cm}^2.$$

ζ) Anschluß der Fußbleche an die Fußplatte (vgl. Abb. e und h).

Anschluß am Punkt „e“.

Vorhanden der Fußquerschnitt  $\gamma-\gamma$  (Abb. k) und 4 Nahte mit  $a = 0,45 \text{ cm}$ .

$$P \text{ auf } 1 \text{ cm Länge} = 1,0 \cdot 60,0 \cdot 15,3 = 918 \text{ kg} = 0,918 \text{ t.}$$

$$Q = 60,0 \cdot 12,0 \frac{16,4 + 15,3}{2} = 11400 \text{ kg} = 11,4 \text{ t,}$$

$$S = 60,0 \cdot 2,5 \cdot 11,65 = 1748 \text{ cm,}$$

$$J = 65700 \text{ cm}^4.$$

Lotrecht gerichtete Spannung:

$$\sigma_1 = \frac{P}{4a} = \frac{0,918}{4 \cdot 0,45} = 0,51 \text{ t/cm}^2.$$

Waagrecht gerichtete Spannung (Schubspannung):

$$\sigma_2 = \frac{QS}{J} \frac{1}{4a} = \frac{11,4 \cdot 1748}{65700} \frac{1}{4 \cdot 0,45} = 0,17 \text{ t/cm}^2.$$

Gesamtspannung:

$$\rho = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \sqrt{0,51^2 + 0,17^2} = 0,53 \text{ t/cm}^2.$$

Anschluß am Punkt „b“.

In angenäherter Weise wird der Fußquerschnitt wie im Schnitte  $\alpha'-\alpha'$  angenommen; vorhanden 4 Nähte mit  $a = 0,45$  cm.

P auf 1 cm Länge =  $1,0 \cdot 60,0 \cdot 8,7 = 522$  kg = 0,522 t,

$$Q = 60,0 \cdot 85,0 \frac{16,4 + 8,7}{2} = 64100 \text{ kg} = 64,1 \text{ t.}$$

$$S = 60,0 \cdot 2,5 \cdot 21,25 = 3188 \text{ cm}^3,$$

$$J = 183890 \text{ cm}^4,$$

$$e_1 = \frac{P}{4a} = \frac{0,522}{4 \cdot 0,45} = 0,29 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{QS}{J \cdot 4a} = \frac{64,1 \cdot 3188}{183890 \cdot 4 \cdot 0,45} = 0,62 \text{ t/cm}^2,$$

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,29^2 + 0,62^2} = 0,68 \text{ t/cm}^2.$$

Anschluß am Punkt „c“.

Vorhanden der Querschnitt wie bei dem vorher untersuchten Punkt „b“ und 4 Nähte mit  $a = 0,9$  cm.

P = auf 1 cm Länge =  $1,0 \cdot 60,0 \cdot 18,1 = 1086$  kg = 1,086 t,

$$Q = 60,0 \cdot 85,0 \frac{31,0 + 18,1}{2} = 125200 \text{ kg} = 125,2 \text{ t.}$$

$$e_1 = \frac{P}{4a} = \frac{1,086}{4 \cdot 0,9} = 0,30 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{QS}{J \cdot 4a} = \frac{125,2 \cdot 3188}{183890 \cdot 4 \cdot 0,9} = 0,60 \text{ t/cm}^2,$$

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,30^2 + 0,60^2} = 0,67 \text{ t/cm}^2.$$

Anschluß am Punkt „d“.

Vorhanden der Querschnitt wie bei dem Punkt „a“ und 4 Nähte mit  $a = 0,9$  cm.

P auf 1 cm Länge =  $1,0 \cdot 60,0 \cdot 29,2 = 1752$  kg = 1,752 t,

$$Q = 60 \cdot 12,0 \frac{31,0 + 29,2}{2} = 21700 \text{ kg} = 21,7 \text{ t.}$$

$$e_1 = \frac{P}{4a} = \frac{1,752}{4 \cdot 0,9} = 0,49 \text{ t/cm}^2,$$

$$e_2 = \frac{QS}{J \cdot 4a} = \frac{21,7 \cdot 1748}{65700 \cdot 4 \cdot 0,9} = 0,16 \text{ t/cm}^2,$$

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} = \sqrt{0,49^2 + 0,16^2} = 0,51 \text{ t/cm}^2.$$

η) Anschluß der oberen Verstärkungsflachstahle an die Fußbleche.

An der obersten Fußblechkante ergab sich die Biegebeanspruchung des Bleches zu  $1,29$  t/cm<sup>2</sup>; die auf Mitte Flachstahl bezogene Beanspruchung ist dann (vgl. Abb. c):

$$\sigma' = \frac{1,29 \cdot 35,0}{38,0} = 1,19 \text{ t/cm}^2.$$

Die Flachstähle müssen außerhalb der Schnitte  $\alpha-\alpha$  bzw.  $\alpha'-\alpha'$ , in denen sie voll zur Wirkung kommen, auch voll angeschlossen sein. Die Anschlußkraft für beide Flachstahle:

$$P' = 2 \cdot 2,0 \cdot 10,0 \cdot 1,19 = 47,6 \text{ t.}$$

Die Wirkung des außermittigen Anschlusses kann vernachlässigt werden, da durch die lange Anschlußlänge die Biegespannungen ohne Bedeutung bleiben.

Vorhanden sind 2 Nähte  $0,4 \cdot 55,0$  cm

$$e = \frac{P'}{F_{\text{Schw}}} = \frac{53,3}{4 \cdot 0,4 \cdot 55,0} = 0,61 \text{ t/cm}^2.$$

Anschluß zwischen den Schnitten  $\alpha-\alpha$  und  $\alpha'-\alpha'$ :

$$e = \frac{QS}{J \cdot 4a}$$

Hierin ist

$$Q_{\text{max}} = 125,2 \text{ t.}$$

$$S = (\text{vergl. Abb. c}) = 2 \cdot 2,0 \cdot 10,0 \cdot 35,0 = 1400 \text{ cm}^3,$$

$$J = 183890 \text{ cm}^4.$$

Die Werte in obige Gleichung eingesetzt:

$$e = \frac{125,2 \cdot 1400}{183890 \cdot 4 \cdot 0,4} = 0,60 \text{ t/cm}^2.$$

θ) Anschluß der Verankerung.

Größter Ankerzug = 27,8 t.

Die Anker aus 1 [ 18 sind mit 8 Stück  $\frac{7}{8}$ "-Schrauben an die Endaussteifungsbleche angeschlossen; diese sind wiederum mit 12 Schweißstrichen  $0,5 \cdot 8,0$  an die Fußbleche angeschlossen.

$$e = \frac{27,8}{12 \cdot 0,5 \cdot 8,0} = 0,58 \text{ t/cm}^2.$$

i) Untersuchung der Platte.

Der größte freie Abstand  $y$  der Platte beträgt 125 mm. Nach Tafel 6 ist hierfür bei einer Plattendicke  $\delta = 25$  eine Pressung von etwa  $20$  kg/cm<sup>2</sup> zulässig. Da an der rechten Fußseite die Pressung  $k$  bis zu  $31$  kg/cm<sup>2</sup> steigt, so sind dort im Bereich der Pressung über  $20$  kg/cm<sup>2</sup> einige kleine Aussteifungen angebracht.

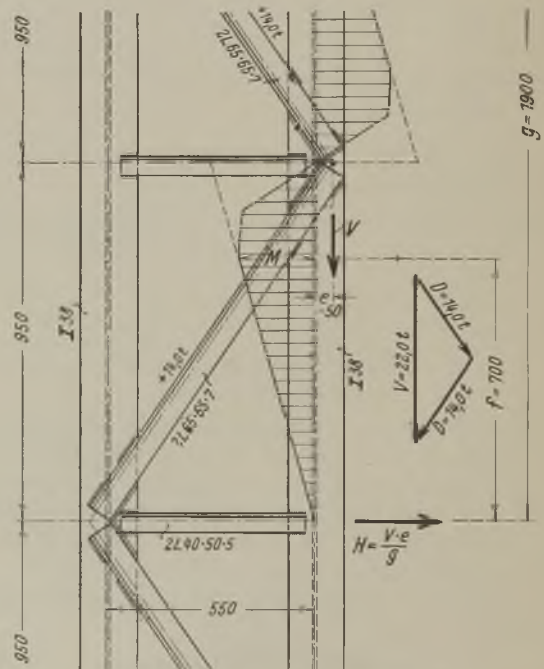


Abb. 133. Außermittiger Schrägenanschluss



Für die inneren freien Plattenfelder beträgt für eine mittlere Pressung  $k = \frac{31,0 + 15,8}{2} = 23,4$  nach Tafel 7 das zulässige Lot  $= \approx 300$  mm. Vorhanden ist  $c = 290$  mm.

Damit ist der Stützenfuß in allen seinen Teilen in bester Ordnung.

### 2. Berechnung und Ausführung der Stützenköpfe.

Die Berechnung und Ausführung der Stützenköpfe ist im dritten Abschnitt, Teil A, 5 gegeben.

spannungen nicht zu hoch werden. Im Beispiel nach Abb. 133 ergibt sich für den Stiel etwa folgendes Moment:

$$M = Hf = \frac{Vc}{g} f,$$

( $V$  ist in der Abbildung zeichnerisch ermittelt)

$$M = \frac{22,0 \cdot 5,0}{190,0} 70,0 = 40,5 \text{ cmt.}$$

Da nun für den Stiel I 38 das auf die  $\gamma-\gamma$ -Achse bezogene Widerstandsmoment  $W_\gamma = 131 \text{ cm}^3$  ist, so

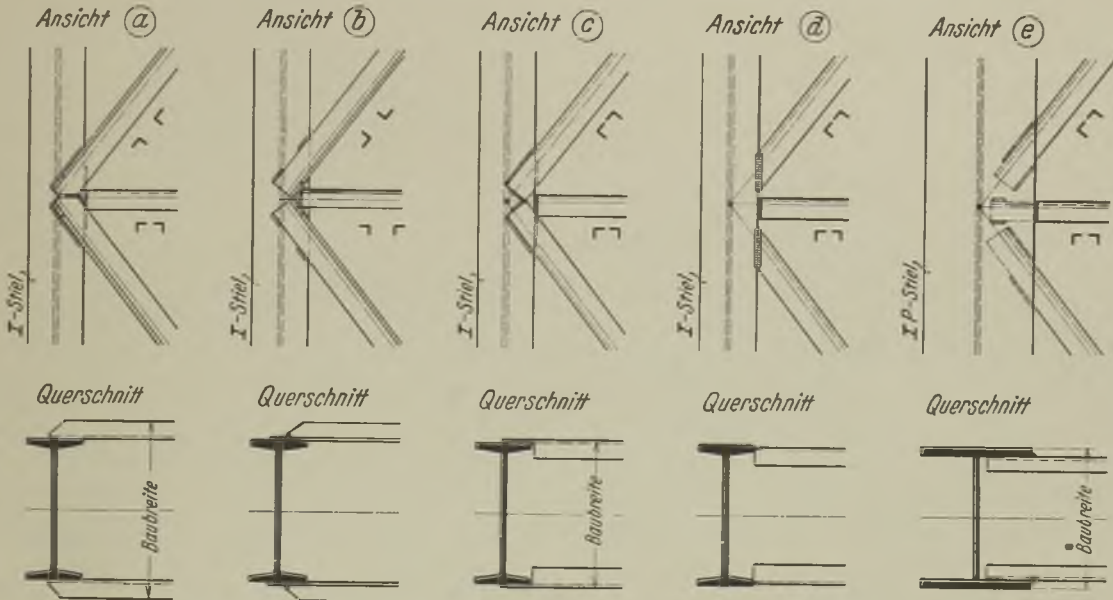


Abb. 134. Verschiedene mittige Schrägenanschlüsse.

### 3. Die Ausbildung der Schrägen und Pfosten.

Die Abb. 133 und 134 veranschaulichen verschiedene Anschlüsse von Schrägen und Pfosten an die Stützenstiele.

Die Abb. 133 zeigt eine Ausführungsart, bei der die Schrägen und Pfosten unmittelbar auf den Trägerflansch geschweißt sind. Zu beachten ist, daß durch die außermittige Netzpunktlage der Schrägen die dadurch in den Stielen hervorgerufenen Biegezusatz-

wird die Zusatzbeanspruchung infolge des Biegemomentes:

$$\sigma = \frac{40,5}{131} = 0,31 \text{ t/cm}^2.$$

Besser ist es, wenn sämtliche Stabschwerlinien in einem Punkte zusammengeführt werden; daß es in fast allen Fällen möglich ist, zeigen die in der Abb. 134 zusammengestellten verschiedenen Ausführungen.



# Vorschriften für geschweißte Stahlbauten.

## I. Hochbauten.

Vorbemerkung: Für die Berechnung und bauliche Durchbildung geschweißter Stahlhochbauten sind, soweit sie nicht aus dem Nachstehenden Abweichungen ergeben, die in den einzelnen Ländern jeweils gültigen Bestimmungen für die Berechnung und bauliche Durchbildung genieteter Stahlhochbauten maßgebend.

Kranbahnen<sup>1)</sup> sind wie Hochbauten zu behandeln.

### § 1. Allgemeines.

1. Mit dem Entwurf und der Bauausführung geschweißter Stahlbauten dürfen nur zuverlässige und nur solche Auftragnehmer betraut werden, bei denen die Zulassungsprüfung nach § 8 zur Zufriedenheit ausgefallen ist, und die über geeignete Fachingenieure verfügen. Diese Fachingenieure müssen auf den Gebieten der Statik, des Stahlbaues und der Schweißtechnik gründliche Kenntnisse und praktische Erfahrungen besitzen. Die Schweißarbeiten in der Stahlbauanstalt und auf der Baustelle müssen von einem Fachingenieur des Auftragnehmers überwacht werden (vgl. §§ 222, 230, 330 und 367, Ziff. 14 und 15 Reichsstrafgesetzbuch sowie § 831 BGB.)<sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Es wird empfohlen, geschweißte Krane unter Berücksichtigung von DIN 120 „Grundsätze für die Berechnung und bauliche Durchbildung der Eisenkonstruktion von Kranen“ nach I. Hochbauten dieser Vorschriften zu behandeln.

<sup>2)</sup> RStGB. § 222. Wer durch Fahrlässigkeit den Tod eines Menschen verursacht, wird mit Gefängnis bis zu drei Jahren bestraft.

Wenn der Täter zu der Aufmerksamkeit, welche er aus den Augen setzte, vermöge seines Amtes, Berufes oder Gewerbes besonders verpflichtet war, so kann die Strafe bis auf fünf Jahre Gefängnis erhöht werden.

§ 230. Wer durch Fahrlässigkeit die Körperverletzung eines anderen verursacht, wird mit Geldstrafe oder mit Gefängnis bis zu zwei Jahren bestraft.

War der Täter zu der Aufmerksamkeit, welche er aus den Augen setzte, vermöge seines Amtes, Berufes oder Gewerbes besonders verpflichtet, so kann die Strafe auf drei Jahre Gefängnis erhöht werden.

§ 330. Wer bei der Leitung oder Ausführung eines Baues wider die allgemein anerkannten Regeln der Baukunst dergestalt handelt, daß hieraus für andere Gefahr entsteht, wird mit Geldstrafe oder mit Gefängnis bis zu einem Jahre bestraft.

§ 367. Mit Geldstrafe oder mit Haft wird bestraft:

14. wer Bauten oder Ausbesserungen von Gebäuden, Brunnen, Brücken, Schleusen oder anderen Bauwerken vornimmt, ohne die von der Polizei angeordneten oder sonst erforderlichen Sicherungsmaßregeln zu treffen;

15. wer als Bauherr, Baumeister oder Bauhandwerker einen Bau oder eine Ausbesserung, wozu die polizeiliche Genehmigung erforderlich ist, ohne diese Genehmigung oder mit eigenmächtiger Abweichung von dem durch die Behörde genehmigten Bauplane ausführt oder ausführen läßt.

BGB. § 831. Wer einen anderen zu einer Verrichtung bestellt, ist zum Ersatz des Schadens verpflichtet, den der andere in Ausführung der Verrichtung einem Dritten widerrechtlich zufügt. Die Ersatzpflicht tritt nicht ein, wenn der Geschäftsherr bei der Auswahl der bestellten Personen und, sofern er Verrichtungen oder Gerätschaften zu beschaffen oder die Ausführung der Verrichtung zu leiten hat, bei der Beschaffung oder der Leitung die im Verkehr erforderliche Sorgfalt beobachtet oder wenn der Schaden auch bei Anwendung dieser Sorgfalt entstanden sein würde.

Die gleiche Verantwortlichkeit trifft denjenigen, welcher für den Geschäftsherrn die Besorgung eines der im Abs. 1 Satz 2 bezeichneten Geschäfte durch Vertrag übernimmt.

Die Schweißarbeiten selbst dürfen nur von fachkundigen, geprüften Schweißern ausgeführt werden.

2. Die Errichtung geschweißter Bauwerke bedarf der Genehmigung der zuständigen Aufsichtsbehörde (z. B. Baupolizei).

3. Für jede Ausführung ist der zuständigen Aufsichtsbehörde der verantwortliche Bauleiter zu benennen. Jeder Wechsel ist sofort mitzuteilen. Als verantwortlicher Bauleiter darf nur ein Ingenieur bestellt werden, der auf Grund seiner Kenntnisse und Erfahrungen der Aufgabe voll gewachsen ist.

### § 2. Werkstoffe.

1. Als Werkstoffe können die zu genieteten Stahlbauten geeigneten verwendet werden, wenn ihre Eignung für die Schweißung feststeht (wie bei St 37 oder St 52) oder nachgewiesen wird.

2. Die Schweißdrähte sind je nach Lage der Schweißnaht (waagrecht, lotrecht, überkopf, schief) so zu wählen, daß die Schweißnaht einwandfreie Beschaffenheit und die erforderliche Festigkeit besitzt.

### § 3. Schweißverfahren.

1. Es können Lichtbogenschweißung (Gleich- oder Wechselstrom), elektrische Widerstands- und Gas-schmelzschweißung oder gaselektrische Schweißung angewendet werden.

2. In jedem Einzelfall ist dasjenige Schweißverfahren anzuwenden, das neben den vorgeschriebenen Gütewerten die geringsten ungünstigen Wärmespannungen oder Nebenerscheinungen (wie z. B. Verwerfungen) ergibt.

3. In den Bauvorlagen sind die gewählten Schweißverfahren anzugeben.

### § 4. Berechnung von Schweißnähten.

1. Die ausreichende Bemessung der Schweißverbindungen ist in übersichtlicher und prüfbarer Form nachzuweisen. Die Anordnung und die Abmessungen der Schweißnähte sind auch in den Zeichnungen anzugeben<sup>3)</sup>.

2. Die Spannung  $\sigma$  von Flanken- und Stirnnähten der Anschlüsse und Stöße gezogener oder gedrückter Glieder und der Schweißnähte von Trägeranschlüssen wird nach der Formel

$$(1) \quad \sigma = \frac{P}{\Sigma(al)}$$

<sup>3)</sup> Sinnbilder für Schweißnähte s. Anlage.



errechnet. Hierin bedeuten:

- $P$  die durch die Schweißnähte zu übertragende Kraft,
- $l$  die Länge der Schweißnähte ohne die Endkrater und bei Schlitznähten die Gesamtlänge der abgewinkelten Nähte,
- $a$  die Dicke der Schweißnähte, das ist bei Kehlnähten die Höhe des eingeschriebenen gleichschenkligen Dreiecks (Bild 1),



Bild 1.

bei Schlitznähten die Höhe des eingeschriebenen gleichschenkligen Dreiecks (Bild 1a) der in den Ecken gezogenen Kehlnähte (wird der verbleibende Raum mit Schweißgut ausgefüllt, so darf dieser Teil nicht als mittragend gewertet werden),



Bild 1a.

bei Stumpfnähten die Dicke der zu verbindenden Teile, bei verschiedenen Dicken die kleinere (Bild 2).

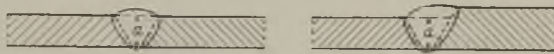


Bild 2.

3. Müssen die Schweißnähte außer für eine Auflagerkraft  $A$  auch für ein Moment  $M$  berechnet werden<sup>1)</sup>, so ist wie folgt zu verfahren:

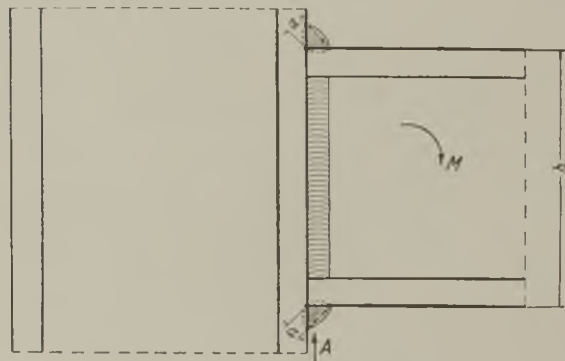
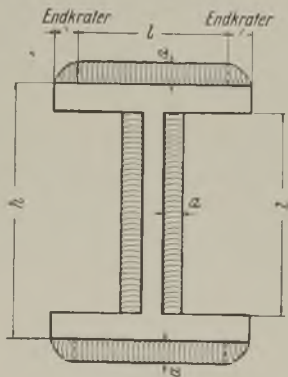


Bild 3.

<sup>1)</sup> Vgl. Kommerell, Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten mit Beispielen für die Berechnung und bauliche Durchbildung. 3. Auflage. Berlin 1931, Wilh. Ernst & Sohn.

Die Spannung aus dem Moment  $M$  kann nach der Formel

$$(2) \quad e_1 = \frac{M}{W},$$

aus der Auflagerkraft  $A$  nach der Formel

$$(3) \quad e_2 = \frac{A}{\Sigma(a l)},$$

wobei  $\Sigma(a l)$  sämtliche Anschlußnähte umfaßt, und die Gesamtspannung nach der Formel

$$(4) \quad e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2}$$

berechnet werden. Hierin bedeutet  $W$  das Widerstandsmoment einer Fläche, die entsteht, wenn man die Dicken  $a$  sämtlicher Schweißnähte in die Anschlußebene umklappt (Bild 3). Die

nach der Formel (4) berechnete Gesamtspannung  $e$  darf den Wert  $0,5 \sigma_{zul}$  (s. § 5) nicht überschreiten.

4. Die durch das Einbrennen der Schweiße hervorgerufene Werkstoffänderung ist nicht als Schwächung des Querschnitts anzusehen. Etwaige Löcher für Montagebolzen sind bei der Berechnung der Querschnitte abzuziehen. Die Scherspannung und der Lochleibungsdruck der Montagebolzen sind nachzuweisen.

5. Müssen außer den Kehlnähten auch noch Schlitznähte angeordnet werden (z. B. beim Aufschweißen von Gurtplatten), so sind die Schlitzbe bei Berechnung des nutzbaren Querschnitts abzuziehen.

6. Gurtplatten sind erst an der Stelle als voll wirksam anzusehen, wo ihr Querschnitt durch die Schweißnähte voll angeschlossen ist. Der Anschluß ist tunlichst so auszubilden, daß er rechnerisch nicht länger als  $40 a$  zu sein braucht.

7. Bei mittelbarer Kraftübertragung mit  $m$  Zwischenplatten ist die Gesamtlänge des Decklaschenanschlusses  $= (m + 1) l$  zu wählen, wo  $l$  die für eine Platte erforderliche Anschlußlänge ist (Bild 4).

8. Nähte, die wegen erschwelter Zugänglichkeit nicht einwandfrei ausgeführt werden können, sind

bei der Festigkeitsberechnung außer Ansatz zu lassen.

§ 5. Zulässige Spannungen der Schweißnähte.

1. Für die Spannungen der Schweißnähte sind folgende Werte zulässig:

| Nahtart                            | Art der Spannung       | zul. Spannung $\sigma_{zul}$     | Bemerkung                                                                                                         |                     |
|------------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Stumpfnähte                        | Zug                    | 0,6 $\sigma_{zul}$               | $\sigma_{zul}$ ist die nach den bestehenden Vorschriften für den zu verschweißenden Werkstoff zulässige Spannung. |                     |
|                                    | Druck                  | 0,75 $\sigma_{zul}$              |                                                                                                                   |                     |
|                                    | Biegung                | Zugzone                          |                                                                                                                   | 0,6 $\sigma_{zul}$  |
|                                    |                        | Druckzone                        |                                                                                                                   | 0,75 $\sigma_{zul}$ |
|                                    | Abscheren              | 0,5 $\sigma_{zul}$               |                                                                                                                   |                     |
| Kehlnähte (Stirn- und Flankenähte) | jede Beanspruchungsart | 0,5 $\sigma_{zul}$ <sup>1)</sup> |                                                                                                                   |                     |

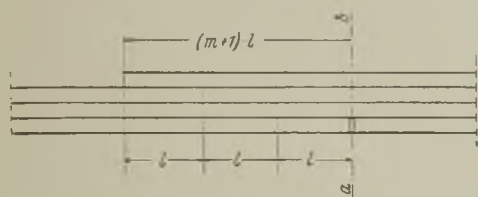


Bild 4.

2. Diese Werte gelten für Baustahl von Handlungüte und für St 37, bei anderem Flußstahl sind die zulässigen Spannungen der Schweißnähte auf Grund von Versuchen besonders festzusetzen.

3. Kommen an einem Anschluß Stumpf- und Kehlnähte zusammen vor, so ist auch bei den Stumpfnähten nur die für die Kehlnähte zulässige Spannung einzusetzen.

4. Bei der Berechnung mehrteiliger gedrückter Stäbe nach dem Krohnschen Verfahren<sup>2)</sup> kann die Bruchfestigkeit der Schweißnähte der Bindebleche zu 2400 kg/cm<sup>2</sup> angenommen werden.

§ 6. Bauliche Durchbildung.

1. Die Stabquerschnitte und -anschlüsse sind der Besonderheit der Schweißtechnik anzupassen. Überkopf-Schweißungen sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

2. Bei geschweißten Trägeranschlüssen sind sowohl an den Gurtungen als auch an den Stegen Schweißnähte auszuführen.

3. Die Schwerlinien der Stäbe sollen sich möglichst mit den Netzlinien des Trägergebildes decken.

4. Die Schwerlinie der Schweißanschlüsse soll mit der Schwerlinie des anzuschließenden Stabes möglichst zusammenfallen.

5. Die für die Berechnung maßgebende Länge von Kehlnähten (ohne Endkrater) soll nicht kleiner als 40 mm sein. Flankenkehlnähte von Stabanschlüssen sollen nicht länger als 40 a sein.

<sup>1)</sup> Bilden die Nahtschenkel von Kehlnähten einen kleineren Winkel als 70°, so empfiehlt es sich, die zulässige Spannung zu erniedrigen.

<sup>2)</sup> Siehe Ztrbl. d. Bauv. 1908, S. 559. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin.

6. Die Schweißnähte sollen sich an einzelnen Stellen nicht zu sehr häufen.

7. Bei den V- und X-Nähten können die aneinanderstoßenden Kanten der Bleche und Stäbe bis zu 3 mm gebrochen werden (Bild 5).

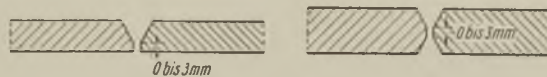


Bild 5.

8. Die Schweißnahtbreite  $b$  soll bei Kehlnähten in der Regel nicht größer als die Blechdicke  $t$ , bei Verbindungsteilen mit verschiedenen Blechdicken nicht größer als die Dicke des dünneren Teiles gewählt werden (Bild 6). Hiervon darf nur abgewichen werden, wenn auf andere Weise der volle Anschluß nicht erreicht werden kann.

9. Bei tragenden Schlitznähten muß die Schlitzbreite  $\geq 3a$ , mindestens 1,5  $t$  sein, damit die Kehlnähte ringsherum einwandfrei eingeschweißt werden können.

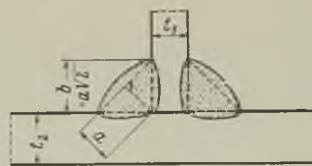
Der kleinste lichte Abstand der Schlitzlöcher bei Schlitznähten soll in der Querrichtung nicht weniger als die dreifache Blechdicke betragen.

10. Gedrückte Gurtplatten, deren Verhältnis

$$\frac{\text{Breite } b}{\text{Dicke } t} > 30 \text{ ist,}$$

sind außer mit seitlichen Kehlnähten noch mit mindestens einer Schlitznaht aufzuschweißen.

11. Auf gute Zugänglichkeit aller Schweißnähte ist schon bei der Entwurfsbearbeitung zu achten.



$l_1 < l_2, b \approx t$   
Bild 6.

12. Für den Zusammenbau, besonders auf der Baustelle, sind, soweit nötig, Montagebolzen zu verwenden. Die Bohrungen hierfür sind so anzuordnen, daß hochbeanspruchte Querschnittsteile möglichst nicht geschwächt werden. Wegen Berücksichtigung der Schwächung in der Festigkeitsberechnung s. § 4, Ziff. 4.

§ 7. Prüfung der Schweißer.

1. Die Prüfung soll die Fähigkeit der am Bauwerk zu beschäftigenden Schweißer nachweisen.

2. Die Probeschweißungen müssen nach dem gleichen Schweißverfahren und mit den gleichen Schweißdrähten vorgenommen werden, die der Auftragnehmer bei der Herstellung des Stahlbauwerkes verwendet. Außerdem sollen die Arbeitsbedingungen für die

Schweißer möglichst die gleichen wie bei der Ausführung des Bauwerkes sein.

3. Der Auftragnehmer hat die Prüfung seiner Schweißer (durch den Fachingenieur) vor Ausführung eines jeden Bauwerkes selbst vornehmen zu lassen. Über die Prüfung ist eine Niederschrift aufzunehmen, die der Fachingenieur verantwortlich zeichnen muß und die als Beleg aufzubewahren ist.

4. Weist der Auftragnehmer nach, daß seine Schweißer in regelmäßigen Zeitabständen von höchstens  $\frac{1}{4}$  Jahr geprüft worden sind, so kann von einer besonderen Prüfung für jedes Bauwerk abgesehen werden.

5. Auch in dem unter 4. behandelten Falle kann die Bauaufsicht eine neue Prüfung verlangen, wenn Zweifel an der Zuverlässigkeit des Schweißers aufkommen oder wenn an dem Bauwerk von dem Schweißer solche Schweißungen vorgenommen werden sollen, für die er nicht geprüft ist.

6. Für die genannten Fälle ist folgende Prüfung zu verlangen:

Es werden zwei Längsbleche (3700 bis 4500 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit) senkrecht übereinander an ein Querblech

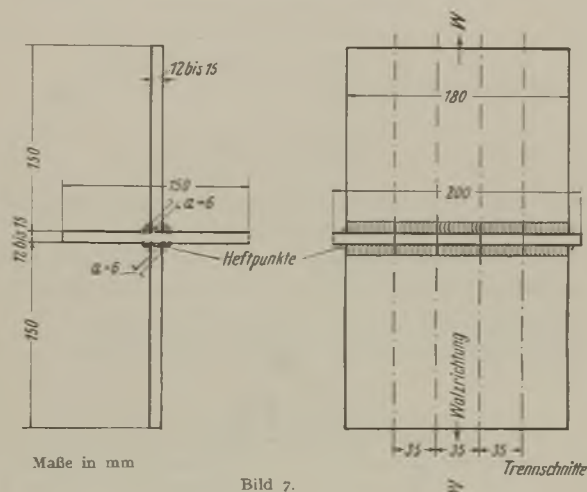


Bild 7.

so angeschweißt, daß im Querschnitt eine Kreuzform entsteht (Bild 7).

Bei einem Probestück sind alle vier Kehlnähte in waagerechter Richtung (bei waagerechter und lotrechter Lage der Bleche) zu verschweißen, bei einem weiteren Probestück in lotrechter Richtung. Falls am Bauwerk Überkopf-Schweißungen vorkommen, sind von den für das Überkopf-Schweißen bestimmten Schweißern an Stelle der Schweißung in waagerechter Lage an einem Probestück alle vier Nähte überkopf zu schweißen.

Aus jedem Probestück werden drei Streifenkreuze von je etwa 35 mm Breite herausgeschnitten und in der Prüfmaschine in der Richtung *W-W* zerrissen. Hierbei muß die Bruchspannung

$$e = \frac{P}{F} \geq 2500 \text{ kg/cm}^2$$

sein. Hierin sind

$$F = 2 a' l,$$

$a'$  = Kehlnahtdicke  $a$  + Wulstdicke  $\Delta a$  (Bild 8),

$l$  = Länge der Kehlnaht.

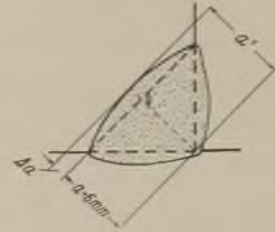


Bild 8.

Wird diese Bruchspannung auch im Wiederholungsfalle nicht erreicht, so ist der Schweißer zurückzuweisen.

7. Kommen an einem Bauwerk Stumpfschweißungen vor, so kann die in § 8 hierfür vorgesehene Prüfung verlangt werden.

*Erlaß, betreffend Vorschriften für geschweißte Stahlbauten.* Runderlaß vom 10. Mai 1931 — II 6200 h/10. 5

Berlin, den 19. Oktober 1931.

Die in § 7 der Vorschriften für geschweißte Stahlbauten (DIN 4100) vorgeschriebene Schweißerprüfung hat der mit der Bauleitung beauftragte Fachingenieur des Auftragnehmers vorzunehmen. Dieser muß sich von der Leistungsfähigkeit seiner Leute überzeugen, da er die Verantwortung für die Güte der Ausführung zu tragen hat. Daß er die hierfür erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten hat, muß die in § 8 der Vorschriften geforderte Zulassungsprüfung ergeben. Wenn sich Beamte der Baupolizeibehörde an der Prüfung der Schweißer beteiligen wollen, so ist dagegen nichts einzuwenden.

Der preußische Minister für Volkswohlfahrt.

In Vertretung

II 6200 h/10. 9.

Scheidt.

An die Herren Regierungspräsidenten usw.

### § 8. Zulassungsprüfung für den Auftragnehmer.

1. Diese Prüfung soll nachweisen, daß die Wahl des Schweißverfahrens, der Schweißgeräte und der Schweißdrähte Verbindungen ermöglicht, die den zulässigen Spannungen in den Festigkeitsberechnungen entsprechen.

Die Proben sind im Werk des Auftragnehmers in Gegenwart eines Vertreters der zuständigen Aufsichtsbehörde herzustellen.

Die Prüfung der Proben ist in Gegenwart eines Vertreters der zuständigen Aufsichtsbehörde oder in einer amtlichen Prüfungsanstalt durchzuführen. Über die Versuche ist eine Niederschrift aufzusetzen.

Maßgebend für die Abmessungen der Probestücke sind die Bilder 7, 8, 9, 10 und 11.

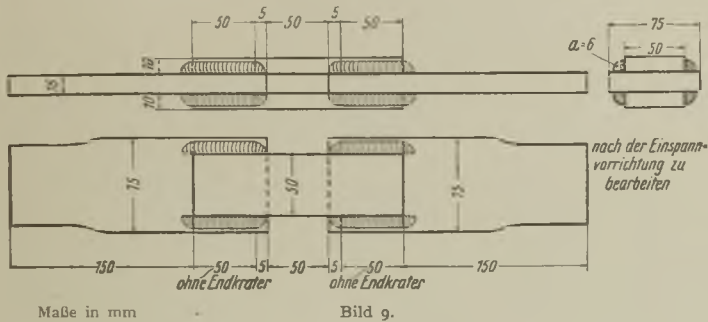


2. Die Prüfungen sind vollständig wie folgt durchzuführen:

a) Prüfung der Schweißverbindungen wie in § 7, 6.

b) Prüfung von Flankenschweißungen:

Hierbei werden je 4 Flacheisen (3700 bis 4500 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit) nach Bild 9 durch Flankennähte zu einem Probestück zusammengeschweißt.



Maße in mm

Bild 9.

Ein Probestück wird mit waagerechter Lage der Schweißnähte, ein zweites Probestück mit lotrechter Lage der Schweißnähte verschweißt. Die Schweißnähte müssen unter Berücksichtigung der Kehldicke  $a' = a + \Delta a$  (vgl. § 7, 6) eine Scherfestigkeit von mindestens 2400 kg/cm<sup>2</sup> ergeben.

c) Prüfung von Stumpfschweißungen:

Zwei Bleche (3700 bis 4500 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit) werden durch eine V-Naht nach Bild 10 zu einem Probestück zusammengeschweißt. Die Einschweißflächen sollen einen Winkel von etwa 60° bilden. Aus diesen zusammengeschweißten Blechen sind (nach Bild 10) Probestücke herauszuschneiden. Diese Probestücke sind einem Zugversuch und dem nachstehend beschriebenen Biegeversuch zu unterwerfen.

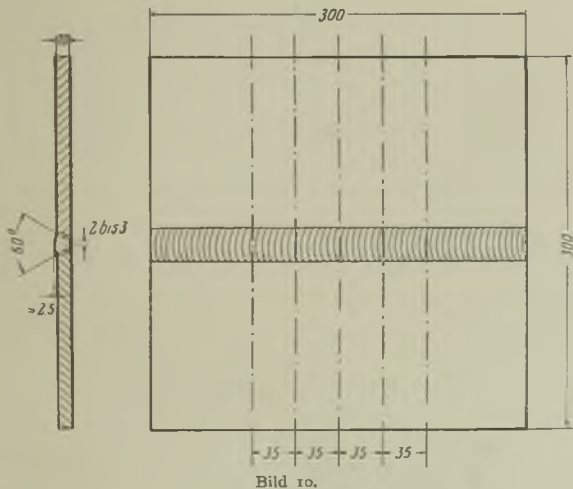


Bild 10.

Bei dem Zugversuch muß eine Schweißnahtfestigkeit von mindestens 3000 kg/cm<sup>2</sup> erreicht werden, wobei die Nahtdicke  $a$  gleich der Blechdicke  $t$  anzunehmen ist.

Der Biegeversuch ist nach Bild 11 mit Blechen in Kesselblechgüte St 34 normalgeglüht auszuführen. Die Scheitelseite der Schweißnaht ist vorher zu ebnen. Die Probe soll sich bis zum ersten Anriß um mindestens 60° biegen lassen (Bild 11).

### § 9. Ausführung.

1. Die Lage der Schweißnähte, die auf der Baustelle hergestellt werden sollen, muß bereits in der Werkstatt an den einzelnen Bauteilen angezeichnet werden.

2. Die Schweißnähte müssen so ausgeführt werden, daß nach der Fertigstellung möglichst geringe Nebenspannungen zurückbleiben.

Bei Temperaturen unter  $-5^\circ$  darf ohne besondere Maßnahme zur Sicherung der Schweißarbeit nicht geschweißt werden.

Während des Schweißens sind die Schweißstellen gegen Regen, Schnee und Wind zu schützen.

3. Bei Schweißarbeiten auf der Baustelle, die tunlichst zu beschränken sind, ist für geeignete Einrichtungen

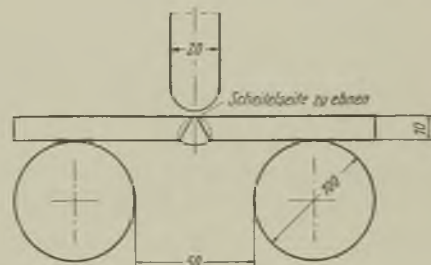


Bild 11.

(z. B. Schutz des Schweißers gegen Witterungseinflüsse usw.) zu sorgen.

4. Schmutz, Rost, Zunder, Farbe und Schlacke von Schneidbrennern müssen vor der Schweißung sorgfältig entfernt werden.

5. Der Schweißstoff muß mit dem Werkstoff auch im Scheitel der Naht gut gebunden haben.

6. Beim Schweißen in mehreren Lagen ist die Oberfläche der vorhergehenden Lage vor Aufbringen der nächsten Lage von Verunreinigungen, insbesondere Schlacke, gut zu reinigen.

7. Schweißstellen, die den vorstehenden Bestimmungen nicht entsprechen, sind sachgemäß zu entfernen und durch einwandfreie zu ersetzen.

### § 10. Abnahme.

1. Für die Abnahme, die vorzugsweise in der Werkstatt vorzunehmen ist, sind sämtliche Schweißverbindungen gut zugänglich zu halten. Schweißnähte dürfen vor dem Verlassen der Werkstatt, soweit sie nicht abgenommen sind, nur einen durchsichtigen Anstrich erhalten.

2. Die Art der Prüfung der Schweißverbindungen am Bauwerk bleibt dem Ermessen der zuständigen Aufsichtsbehörde überlassen.

## II. Brückenbauten

(Ergänzungen zu I. Hochbauten).

Vorbemerkung: Für die Berechnung und bauliche Durchbildung geschweißter Stahlbrücken sind, soweit sich nicht aus dem Nachstehenden Abweichungen ergeben, die in den einzelnen Ländern jeweils gültigen Bestimmungen für die Berechnung und bauliche Durchbildung genieteteter Stahlbrücken maßgebend.

Der Teil „I. Hochbauten“ dieser „Vorschriften für geschweißte Stahlbauten“, der durch die nachstehenden Bestimmungen lediglich ergänzt wird, behält seine Gültigkeit auch für geschweißte Brückenbauten.

Drehscheiben und Schiebebühnen sind wie Brücken zu behandeln.

### Zu § 4. Berechnung von Schweißnähten.

1. Es ist anzustreben, allen Teilen eines Bauwerkes, also auch den Schweißverbindungen, möglichst gleiche Sicherheit zu geben. Dementsprechend sind die Anschlüsse nicht nur für die auftretenden Kräfte zu bemessen, sondern es ist auch ein etwaiger Überschuß an Querschnitt anzuschließen.

2. Für die Berechnung der Schweißnähte sind bei Brücken sowohl die Größtwerte als auch die Kleinstwerte der Momente, Querkräfte und Stabkräfte zu ermitteln. Die von der Verkehrslast herrührenden Werte sind, soweit dies vorgeschrieben ist, mit der Stoßzahl  $\varphi$  zu multiplizieren.

Die so berechneten Größtwerte sind zur Bemessung der Schweißnähte in folgende Formeln einzusetzen:

$$(1) \quad M = \max M + \frac{1}{2} (\max M - \min M),$$

$$(2) \quad Q = \max Q + \frac{1}{2} (\max Q - \min Q),$$

$$(3) \quad S = \max S + \frac{1}{2} (\max S - \min S);$$

hierin bedeuten:

$\max M$  das absolut größte,  $\min M$  das absolut kleinste Moment,

$\max Q$  die absolut größte,  $\min Q$  die absolut kleinste Querkraft,

$\max S$  die absolut größte,  $\min S$  die absolut kleinste Stabkraft.

Positive Werte sind mit +, negative Werte mit - in die Rechnung einzuführen.

3. Läßt sich (auch bei Anwendung von Knotenblechen) nicht erreichen, daß die Schwerlinien der Stäbe sich mit den Netzlinien des Trägergebildes decken, so sind die Zusatzspannungen rechnerisch zu verfolgen, wobei aber die zulässigen Spannungen nicht erhöht werden sollen.

4. Die durch Biegemomente  $M = P \cdot e$  (Bild 12) in den Flanken- und Stirnkehlnähten hervorgerufenen Zusatzspannungen sind rechnerisch nachzuweisen.

5. Können die bei Schweißverbindungen auftretenden Spannungsmomente von Trägeranschlüssen nicht von durchschießenden Platten aufgenommen werden, so sind Konsolen oder mindestens Stütz-

knaggen zur Aufnahme der Querkraft anzuordnen. Falls nicht die Spannungsmomente genau berechnet werden, sind die zur Berechnung der Schweißanschlüsse geschätzten Momente in der Festigkeitsberechnung zu begründen.

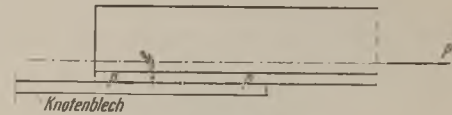


Bild 12.

6. Sollen genietete Anschlüsse durch Schweißen verstärkt werden, so ist anzustreben, daß die Niete die gesamte ruhende Last einschließlich der Verstärkungsteile tragen und daß die Schweißanschlüsse die ganze Verkehrslast aufnehmen. Ist dies nicht möglich, so müssen die Schweißverbindungen mindestens  $\frac{2}{3}$  der Verkehrslast aufnehmen können, wobei der Rest der Verkehrslast noch den Nietenzuweisen ist.

Verstärkungsschweißungen müssen so angeordnet werden, daß die Niete durch die Schweißhitze nicht gelockert werden.

Für die Verstärkung stählerner Brücken durch elektrische Schweißung sollen hochwertige Schweißdrähte verwendet werden.

### Zu § 6. Bauliche Durchbildung.

1. Die Füllungsglieder von Fachwerkbrücken sind im allgemeinen mit Knotenblechen an die Gurtungen anzuschließen.

2. Bei Brücken ist die Übertragung von Zug- und Biegungsspannungen durch Stumpfnähte allein unzulässig. Bei untergeordneten Teilen (z. B. Fußwegkonsolen) darf von dieser Vorschrift abgewichen werden.

3. Der größte lichte Abstand  $l_0$  der Schweißstriche bei unterbrochener Schweißung und der Schlitzes bei Schlitzschweißungen soll in der Längsrichtung nicht mehr betragen als

a) bei Kraftschweißung das 6fache der Blechdicke des dünnsten Teils,

b) bei Heftschweißung in Druckstäben das 8fache der Blechdicke des dünnsten Teils,

c) bei Heftschweißung in Zugstäben das 10fache der Blechdicke des dünnsten Teils.

Werden in den Zwischenräumen noch leichte Kehlnähte angeordnet, so können die Abstände verdoppelt werden.

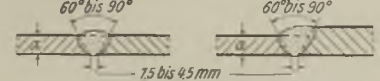



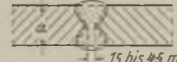


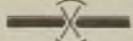




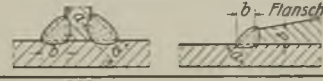







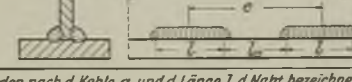


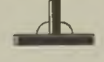


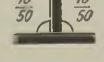

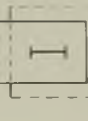



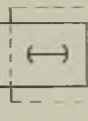


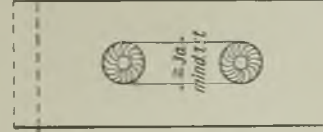
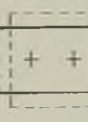

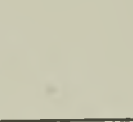


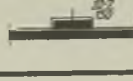
4. Bei Blechträgern soll der Abstand der Aussteifungen nicht größer als 1,30 m sein. Die Aussteifungen sollen mit den Gurtungen verschweißt werden. Bei hohen Blechträgern sind weitergehende Sicherungen gegen das Ausbeulen der Stegbleche nötig.

5. An allen Stellen, an denen Einzellasten übertragen werden müssen, sollen Aussteifungen angeordnet werden.



# Sinnbilder für Schweißnähte

# Anlage

| Art                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sinnbild in Anwendung für Ansicht bzw. Aufsicht                                      |                                                                                       |                                                                                       | Querschnitt |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Stumpfnähte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |             |
| <b>V-Naht</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |    |             |
| <b>X-Naht</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |    |             |
| <b>Bezeichnung:</b> Nach Nahtdicke $\alpha$ und Länge $l$<br>z.B. V-Naht $\frac{12 (\alpha)}{300 (l)}$<br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |    |    |             |
| Werden die Schweißwulste zwecks Überdeckung durch einen Bauteil (z.B. Flacheisen) abgearbeitet, so erhalten die Sinnbilder statt Kreisbogen gerade Striche.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |             |
| <b>Kehlnähte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |             |
| <b>Volle Kehlnaht durchlaufend</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |    |    |             |
| <b>Leichte Kehlnaht</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |    |             |
| <b>Volle Kehlnaht unterbrochen</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |    |    |             |
| <b>Bezeichnung:</b> Die Kehlnähte werden nach d. Kehle $\alpha$ und d. Länge $l$ d. Naht bezeichnet<br>Beispiel: Kehlnaht $\frac{10 (\alpha)}{300 (l)}$<br>Bei unterbrochenen Kehlnähten ist das Maß der Unterbrechung von Mitte zu Mitte Schweißlinie in der Zeichnung anzugeben<br>$\frac{10 (\alpha)}{50 (e)}$ , $e = 110$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |             |
| <b>Schlitznähte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |             |
| <b>Langloch-Schlitz eckig</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |             |
| <b>Langloch-Schlitz abgerundet</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |  |             |
| <b>Rundloch</b><br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |             |
| <b>Bezeichnung:</b> Die Schlitznähte werden nach der Blechdicke $t$ , der Nahtdicke $\alpha$ und der abgewinkelten Nahtlänge $l$ bezeichnet.<br>Beispiel: Schlitz eckig $\frac{10-7 (t-\alpha)}{750 (l)}$<br>Schlitz abgerundet $\frac{10-7 (t-\alpha)}{750 (l)}$<br>Rundloch $\frac{10-7 (t-\alpha)}{90 (l)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |             |
| <p>1. Oft wird es sich empfehlen, in den Zeichnungen die verschiedenen vorkommenden Nahtformen in größerem Maßstabe herauszuzeichnen, zusammenzustellen und in der Zeichnung an den einzelnen Stellen auf diese Zusammenstellungen hinzuweisen (Buchstaben S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>...). Bei den in größerem Maßstabe aufgezeichneten Nähten bietet sich auch Gelegenheit anzugeben, ob die Schweißung mit verschiedenen dicken Schweißdrähten und in wieviel verschiedenen Lagen ausgeführt werden soll.</p> <p>2. Baustellenschweißungen sind in den Zeichnungen durch Hinzufügen des Buchstaben „B“, Überkopf-Schweißungen durch „U“ zu kennzeichnen.</p> |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |             |



# DER PRAKTISCHE STAHLHOCHBAU VON ALFRED GREGOR

## BAND I

### Entwurf der Stahlbauten

Berechnung und Ausführung der

### Dach- und Hallenbauten

5., neubearbeitete Auflage. 1930. 285 Seiten mit 379 Abbildungen. Geb. RM 43,20

## BAND II, 1. Teil

### Tragwerke mit beweglicher Belastung

(Kranlaufbahnen usw.)

4., durchgesehene und erweiterte Auflage. Etwa 250 Seiten mit etwa 240 Abbildungen. In Vorbereitung

## BAND II, 2. Teil

### Stahlskeletthochhaus- und Trägerbau

330 Seiten mit 344 Abbildungen und 54 Tafeln. 1931. Geb. RM 43,20

## BAND III

### Fachwerkwände, Stützen und Grundbau

2., unveränderte Auflage 1930. 249 Seiten mit 339 Abbildungen. Geb. RM 36.—

## EINIGE BESPRECHUNGEN DES WERKES:

„Deutsche Technikerzeitung“, Heft 33, 1931: ... Es ist eigentlich müßig, ein Werturteil über ein Buch abzugeben, das trotz aller Ungunst der Zeit fast Jahr auf Jahr Neuauflagen erlebt und dessen glänzenden Besprechungen im In- und Ausland eine Literatur für sich darstellen. Dieser neue Teil des „Gregor“, selbst ein geschlossenes Ganzes, fügt sich organisch in das übrige Werk ein, mit dem es den hochwertigen wissenschaftlichen und praktischen Inhalt in Form und Aufbau, in Wort und Bild teilt. In der sorgsamsten Auswahl, der trefflichen methodischen Prägnanz und darstellungstechnischen Vollendung kennzeichnen sich das übertragende Niveau des Lebenswerkes eines Berufenen. Dipl.-Ing. Rösch.

„Ingenieur-Akademie Oldenburg, JAO-Nachrichten“, Heft 4, 1931: ... Die Vorzüge des Gregorschen Werkes: klare Darstellung, strengste Gliederung des Stoffes, Verbindung stichtheoretischer Betrachtungen mit wertvollen konstruktiven Ratschlägen aus der Praxis geben auch dem vorliegenden Band ein charakteristisches Gepräge und machen die Beschäftigung mit den behandelten Problemen zur Freude für den Leser. Der Gesamtaufbau des Werkes und die Darstellung des Stoffes lassen überall das mit sicherem pädagogischen Gefühl verbundene Geschick des erfahrenen, kenntnisreichen Praktikers erkennen. Hoch- und Tiefbauer, welche mit dem Stahlbau zu tun haben, werden reichen Gewinn aus Gregors Werken ziehen können. Druck und Ausstattung sind erstklassig.

„Stahl und Eisen“, Nr. 37, 1931: ... Dieses Werk ist ebenso sorgfältig gearbeitet wie die vorhergehenden Werke des Verfassers ... Auf den Abschnitt Wirtschaftlichkeit darf besonders hingewiesen werden, weil er dazu beiträgt, viele bisherigen Bedenken gegen den Stahlskelettbau zu beseitigen ... Der zweite Teil gibt viele gute Beispiele der Berechnung der Stahlskelettbauten für fast alle vorkommenden Fälle und wertvolle Anhaltspunkte für die Ausbildung des Stahlskeletts ... Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das vorliegende Werk eine wertvolle Bereicherung des Schrifttums des Stahlskelettbauwesens bildet. Es kann jedem Architekten und Ingenieur, der sich mit dieser Bauweise vertraut machen will, sowie jedem Stahlbauer aufs beste empfohlen werden.

„Der Bauingenieur“, Heft 44, 1932: ... Gregor hat mit dieser Ergänzung seines prächtigen Werkes zweifellos die Erwartung weiterer Fachkreise erfüllt ... Hervorzuheben sind die leichtverständlichen klaren Darstellungen, die auch auf weniger gut vorgebildete Leser

Rücksicht nehmen, ferner die vorzüglichen Abbildungen und der ausgezeichnete Druck des Werkes. Auch dieses neueste Gregorsche Werk ist entstanden aus einer vielseitigen und langjährigen Praxis des Verfassers und in erster Linie für die Praxis geschrieben. Wie die anderen Gregorschen Bücher wird es schnell Verbreitung finden und dem Leser viele Anregungen und Nutzen bringen.

W. Rein, o. Professor an der Technischen Hochschule zu Breslau.

„Zeitschrift d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins“, Heft 25/26, 1932: ... Das in dieser Zeitschrift schon mehrfach gewürdigte Werk Gregors bedarf keiner weiteren Empfehlung mehr. Es ist wohl derzeit das beste Werk auf dem Gebiete des Stahlhochbaues. Dr.-Ing. Bleich, Wien.

„Engineering“, England, Aug. 1930 (Übersetzung): Die Materie ist in einer durchaus klaren Weise behandelt, ausgehend von einem feststehenden Plane, der leicht nach der vorzüglichen Inhaltsübersicht verfolgt werden kann und durch die Abbildungen und erstklassigen Druck unterstützt wird. Man kann kein zutreffenderes Urteil über die Folgerichtigkeit dieses Buches fällen, als wenn man aus dem letzten Teil den Satz anführt: ... Von diesem Grundsatz ausgehend hat der Verfasser ein praktisches, wertvolles Buch geschrieben, in welchem sicherheitlich verlässliche Konstruktionen, die aber auch sparsam sind, vorgeführt werden, während gleichzeitig auf wünschenswertesten ästhetischen Eindruck Wert gelegt wird.

„Polytechnisch Weekblad“, Nr. 13, 1932 (Übersetzung): ... Die Ausführung des Bandes ist wieder von derselben guten Qualität wie die vorhergehenden Bände des Werkes, das dazu vorbestimmt ist, ein Standardwerk auf dem Gebiete der Stahlkonstruktion zu werden ... Das Buch von Gregor ist eins von den wenigen Werken auf diesem Gebiet, welches von einem wirklich sehr erfahrenen Stahlbaufachmann, der die Praxis des Stahlbaues von Grund auf kennt, geschrieben ist. v. Gendern Stort.

„Schweizerische Bauzeitung“, 23. V. 1931: ... Der „Gregor“ stellt das beste deutschsprachige Werk auf dem Gebiete des praktischen Eisenhochbaues dar. Die sorgfältige, gründliche Art der Darstellung, die Übertragung der Statik auf die Konstruktion im Sinne einer eingehenden Verfolgung des Kräftespieles ist mustergültig. Hierin liegt der Weg begründet zu sachlichen, einwandfrei dimensionierten und wirtschaftlichen Eisenbauwerken. Die beste Empfehlung ist wohl die ganz allgemeine Anerkennung und Wertschätzung, die das Buch seit der ersten Auflage in Fachkreisen genießt.

## Alfred Gregor

Beratender Ingenieur  
Prüfingenieur für Statik

Ministerialerlaß vom 15. III. 1929

Gutachten und Beratung  
Entwürfe

## Ingenieurbüro

Statische Berechnungen  
Kostenanschläge

BERLIN-PANKOW Ausführungszeichnungen

Zellerfelder Straße 6 Bauleitung

Fernsprecher: D. 8, Pankow 4421 Prüfung

## Stahlbau-Fernschule Gregor Berlin-Pankow

Die Spezialausbildung ist die Grundlage für den wirtschaftlichen Aufstieg \* Festigkeitslehre / Statik / Mathematik / Konstruktion / Elektroschweißung / Vorkenntnisse nicht erforderlich / Gleichzeitige Heranbildung zum Statiker und Konstrukteur / Individuelle Behandlung / Wöchentlicher Schriftwechsel mit Unterrichtsbriefen, Aufgaben, Korrekturen, Besprechung der Lösungen usw. / Beantwortung der sich in der Praxis und während des Unterrichtes ergebenden Fragen und Unklarheiten. Interessenten erhalten kostenlos das Programm!

BIBLIOTEKA GŁÓWNA  
Politechniki Śląskiej

11810 / 4