

Treffen Bleche, wie in Abb. 540, senkrecht aufeinander, so ist ein genaues Aufpassen derselben unnötig, da die Dichtung doch nur durch Verstemmen der Winkeleisen erreicht werden kann. Man läßt in dem Falle das Blech zweckmäßigerweise etwas zurücktreten, gibt also Spielraum bei  $a$ , um geringe Ungenauigkeiten des Blechrandes ausgleichen zu können. Zu verstemmende Kanten sollten stets, wie in Abb. 541, wo das Blech, oder wie in Abb. 542, wo das Winkeleisen verstemmt wird, etwas zurücktreten. Stellen, an denen Rohrleitungen oder sonstige größere Konstruktionsteile anschließen, werden durch aufgenietete Platten nach Art der Abb. 533 verstärkt, die oberen Ränder aber durch ange Nietete Flach- oder Winkeleisen, Abb. 535, versteift.

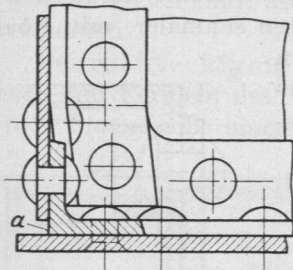


Abb. 540. Eckverbindung unter Verschweißung des Winkeleisens am Boden.

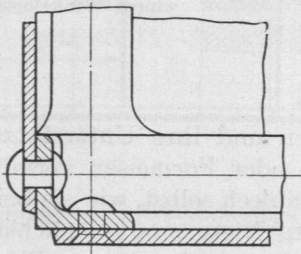
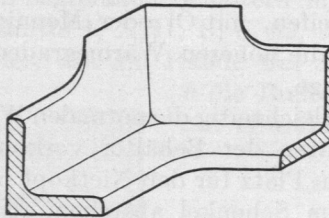


Abb. 541. Eckverbindung unter Ausziehen des senkrechten Winkeleisens.

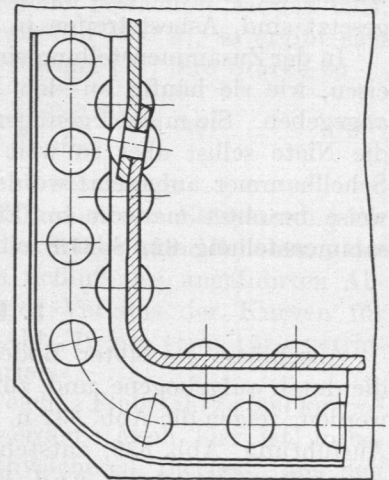


Abb. 542. Eckverbindung unter Abbiegen des Wandbleches.

Zum Schutz gegen Rosten müssen Wasserbehälter aus Eisen verzinkt oder mit Mennige- und gut deckenden Ölfarbenanstrichen versehen, Behälter für Säuren mit Blei oder anderen geeigneten Stoffen ausgekleidet werden. Auf Zugänglichkeit der Nietnähte bei späteren Anstrichen und bei Ausbesserungen ist Wert zu legen. Beispielsweise werden deshalb Blechkästen mit ebenen Böden oft auf Säulen und einem besonderen Rost aufgestellt.

## D. Feste Nietverbindungen.

### 1. Allgemeines.

Feste Nietverbindungen haben die Aufgabe, die zwischen den einzelnen Teilen auftretenden Kräfte zu übertragen. Sie werden in ausgedehntem Maße an Eisenbauwerken aller Art, Krangerüsten, Kranbalken, Fahrbahnen, Gestellen, Brücken, Dachbindern, Hochbauten usw. verwandt. Soweit irgend möglich, benutzt man bei der Ausführung derartiger Bauwerke lediglich ebene Bleche, Flacheisen und normale Winkel- und Formeisen, wie sie von den Walzwerken geliefert werden, vermeidet aber jede größere Schmiedearbeit. Bei kleineren Abmessungen werden die Formeisen unmittelbar als Träger, Glieder, Unterstützungen, Kranbalken usw. verwendet, wie es Abb. 543 an einem Laufkran mäßiger Spannweite zeigt. Bei größeren Abmessungen und Belastungen greift man zu Blechträgern, Abb. 544, und geht schließlich zu den aus einzelnen Stäben zusammengesetzten Fachwerken, Abb. 545, über. Durch die Auflösung in einzelne Stäbe oder Glieder, die an den Knotenpunkten zusammengeführt, durch Knotenbleche verbunden sind, ist eine günstigere Ausnutzung der Werkstoffe möglich, da in den Stäben nur Zug- und Druckkräfte wirken, die die Querschnitte gleichmäßig und hoch zu beanspruchen ge-

statten. Dagegen ist der Werkstoff in den auf Biegung beanspruchten Formeisen und Blechträgern in der Nähe der Nulllinie nur geringen Spannungen unterworfen und daher schlecht ausgenutzt. Blechträger fallen deshalb bei größeren Abmessungen stets schwerer als Fachwerke aus, verlangen aber weniger Arbeit bei der Ausführung. Bei kleinen Abmessungen ist der Blechträger billiger, bei größeren das Fachwerk, wenn auch manchmal andere Gesichtspunkte für die Wahl des Fachwerks entscheidend sein können, wie die Forderung geringer Massen bei raschlaufenden Kranen, niedrigerer Winddruck und in Werkstätten geringere Lichtwegnahme.

Während bei den dichten Verbindungen die Nietteilung in Rücksicht auf die Dichtigkeit der Nähte zu wählen ist, ist man bei den festen viel freier und trifft die Anordnung

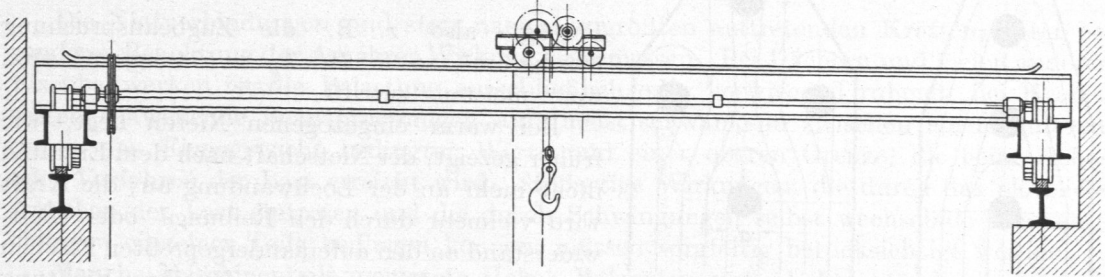


Abb. 543. Laufkran aus Formeisen.

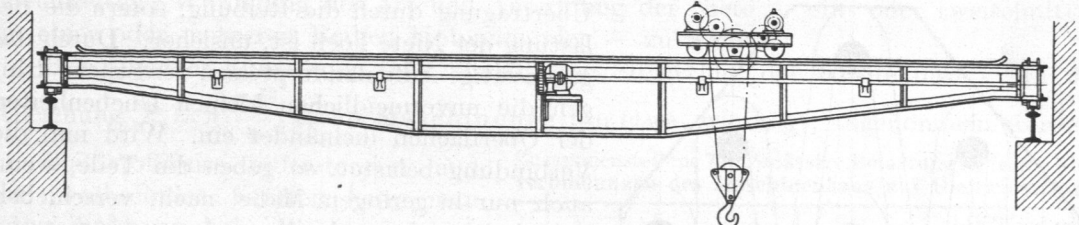


Abb. 544. Laufkran mit Blechträgern.

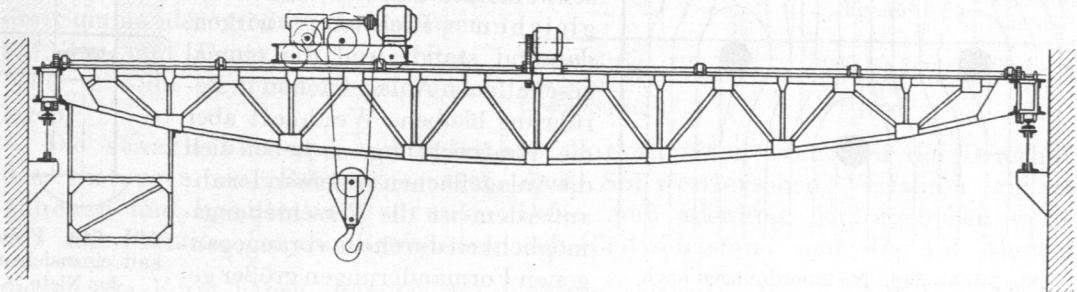


Abb. 545. Laufkran mit Fachwerkträgern.

und Verteilung so, daß sich die zu übertragenden Kräfte möglichst gleichmäßig auf alle Niete verteilen, daß sich die Verbindungen leicht herstellen, insbesondere die Nietköpfe bequem schlagen lassen, und daß die zu verbindenden Teile so wenig wie möglich geschwächt werden. An Zugstäben sind zweckmäßige Anordnungen nach Schwedler leicht dadurch zu finden, daß man sich den Stab in einzelne, um die Niete herumgeschlungene Bänder aufgelöst denkt, wie die Abb. 546 bis 548 an mehreren Anschlüssen zeigen, Anordnungen, die sich auch bei Versuchen als günstig erwiesen haben. Anschlüsse mit 5 und 7 Nieten sind unvorteilhaft.

Stehen in der ersten Reihe  $n$  Niete, so dürfen im Falle einschnittiger Nietung in der zweiten  $2n$  Niete usw. angeordnet werden, ohne daß der erste Querschnitt aufhört, der gefährliche zu sein, wenn der Nietdurchmesser  $d$  größer als  $2t$  ist. Denn bei der Tragfähigkeit eines Nietes  $\frac{\pi d^2}{4} \cdot k_n$  nimmt die erste Reihe  $n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k_n$  kg auf, während die Schwä-

chung des Querschnittes  $n \cdot d \cdot t \text{ cm}^2$  beträgt, so daß die Tragfähigkeit des Streifens um  $n \cdot d \cdot t \cdot k_z \text{ kg}$  abgenommen hat. Der zweite Querschnitt ist also sicherer, wenn

$$n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k_n > n \cdot d \cdot t \cdot k_z,$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot d \cdot k_n > t \cdot k_z$$

ist. Wird, wie üblich,  $d \geq 2t$  gewählt, so geht die Gleichung über in:

$$\frac{\pi}{2} \cdot k_n > k_z.$$

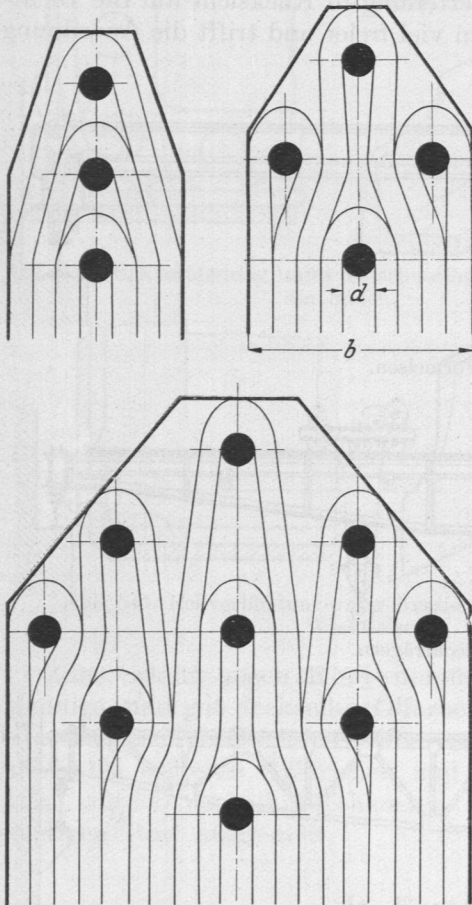


Abb. 546 bis 548. Nietanordnungen nach Schwedler.

Beträgt also z. B. die Zugbeanspruchung  $900 \text{ kg/cm}^2$ , so müßte  $k_n > 574 \text{ kg/cm}^2$  sein, was meistens zutrifft.

Bei warm eingezogenen Nieten liegt, wie früher gezeigt, der Nietschaft nach dem Erkalten nicht mehr an der Lochwandung an; die Kraft wird vielmehr durch den Reibungs- oder Gleitwiderstand an den aufeinandergepreßten Flächen übertragen. Bei Kräften, die ihre Richtung wechseln oder stoßweise auftreten, wird aber die Übertragung durch die Reibung, sofern die Belastung der Niete hoch ist, unsicher. Durch das gegenseitige Aufeinanderpressen der Stücke dringen die unvermeidlichen kleinen Unebenheiten der Oberflächen ineinander ein. Wird nun die Verbindung belastet, so geben die Teile, wenn auch nur in geringem Maße, nach, verschieben sich, halten aber ruhenden oder schwelenden Kräften, die in der gleichen Richtung wirken, dauernd stand, weil die einmal geschaffenen Anlageflächen in Berührung bleiben. Wechselt aber die Kraftrichtung, so heben sich die Anlageflächen voneinander ab; außerdem ist die Verschiebungsmöglichkeit durch die vorangegangenen Formänderungen größer geworden. Die Flächen arbeiten

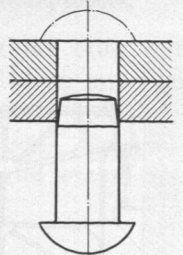


Abb. 549. Form kalt einzuziehender Niete.

bei oft wiederholtem Wechsel aufeinander; schließlich tritt das häufig zu beobachtende Lockerwerden von Nietverbindungen ein, die wechselnden Kräften ausgesetzt sind. Sofern es nicht möglich ist, die Beanspruchung der Niete sehr gering zu halten, also eine große Anzahl unterzubringen, verwendet man kalt eingezogene Niete, die im Durchmesser  $2\%$  stärker als die Löcher hergestellt, durch Hammerschläge in die sauber gebohrten oder aufgeriebenen Löcher eingetrieben werden, Abb. 549, während das vorstehende Ende, soweit möglich, in die Form eines Kopfes gebracht wird. Bei derartigen Nieten ist das Anliegen am Lochumfang unter Spannung gewährleistet; sie zeigten dementsprechend auch bei Versuchen Schröders van der Kolk [VI, 1] sehr kleine bleibende Verschiebungen, sind auf Abscheren beansprucht, pressen aber die vernieteten Teile nur in geringem Maße aufeinander, weil die Erzeugung großer Längskräfte in den Schäften ausgeschlossen ist. Ist das feste Aneinanderliegen der Teile erwünscht, so empfiehlt es sich, im voraus einzelne über die ganze Fläche verteilte Heftniete warm einzuziehen.

## 2. Berechnung fester Nietverbindungen.

### a) Grundlagen.

Die in den einzelnen Stäben eines Eisenbauwerkes auftretenden Kräfte werden nach verschiedenen rechnerischen und zeichnerischen Verfahren, je nach Umständen unter Berücksichtigung

1. des Eigengewichtes,
2. der Nutzlasten,
3. des Winddrucks,
4. der Massen- und Bremskräfte, Stöße usw.

ermittelt.

Die Nietverbindungen sind stets nach den größten auftretenden Kräften, unter besonderer Beachtung der Art ihrer Wirkung zu bemessen. Bei Dächern und vielen anderen Eisenbauwerken ist die Belastung ausschließlich oder vorwiegend ruhend; bei Kranen treten schwellende Beanspruchungen auf, meist schwankend zwischen einem unteren, durch das Eigengewicht bedingten Werte und einer oberen Grenze, die beim Heben oder Verfahren der Last erreicht wird. Stoßartige Wirkungen, die durch das plötzliche Anheben der Last eintreten und die durch Schwingungen selbst wechselnde Beanspruchungen einzelner Teile bedingen können, müssen sorgfältig berücksichtigt werden.

Manche Maschinenteile, genietete Hebel, Balanziers usw., haben ständig wechselnde Kräfte zu übertragen. Dementsprechend sind die zulässigen Gleitwiderstände, unter gleichzeitiger Würdigung der Art und Anordnung der Niete — ein- oder zweischnittig, in einer oder mehreren Reihen hintereinander — zu wählen.

Bei ruhender Einwirkung oder allmählicher Steigerung der Kräfte darf  $k_n$  in der Gleichung  $P = n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot k_n$  an Maschinenteilen etwa, wie folgt, angenommen werden:

Bei stoßweise auftretenden und bei wechselnden Kräften kann man etwa halb so hohe Werte einsetzen oder im Falle genauerer Berechnung die Summe der größten Belastungen auf Zug und Druck,  $P_{\max} + P_{\min}$ , beide absolut genommen, zugrunde legen.

Zusammenstellung 79. Zulässige Belastung  $k_n$  fester Nietverbindungen des Maschinenbaus auf Gleitwiderstand.

Niete	Ein- oder zweireihig kg/cm <sup>2</sup>	In 3 und mehr Reihen hintereinander kg/cm <sup>2</sup>
Einschnittig . . . . .	600 bis 700	500 bis 600
Zweischnittig . . . . .	1200	1000
Dreischnittig . . . . .	1600	1400

Die staatlichen und behördlichen Vorschriften verlangen die Berechnung der Nietungen an Bauwerken nach dem Schwedlerschen Verfahren auf Abscheren und Lochleibungsdruck. Dabei muß allerdings hervorgehoben werden, daß die Formeln für die Berechnung auf Gleitwiderstand und die auf Abscheren die gleiche Form haben, nämlich bei  $n$  Nieten einerseits  $P = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot k_s$ , andererseits  $P = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot k_n$ , und daß sie deshalb, gleich hohe spezifische Belastung vorausgesetzt, auch dieselben Ergebnisse liefern. Man geht eben in den beiden Fällen nur von einer anderen Anschauung über die Art der Inanspruchnahme aus.

Die Berücksichtigung des Lochleibungsdruckes  $p_0$  nach der Formel

$$P = n \cdot d \cdot t \cdot p_0 \quad (143)$$

kommt, wie unten gezeigt, namentlich für zwei- und mehrschnittige Niete in Frage.

Die für die deutsche Reichsbahn gültigen Grundlagen für das Entwerfen und Berechnen eiserner Brücken 1925 [VI, 16] lassen als Scherspannung der Niete das 0,8fache, als Lochleibungsdruck das zweieinhalbfache der zulässigen Zug- und Biegespannung  $k_z$  und  $k_b$  der anzuschließenden Teile zu. Beispielweise darf weicher Flußstahl mit 2400 kg/cm<sup>2</sup> Spannung an der Streckgrenze mit  $k_z = k_b = 1400$  kg/cm<sup>2</sup> belastet werden, sofern der Rechnung die Hauptkräfte, die durch die ständige Last, die Verkehrslast, Fliehkräfte

und Wärmeschwankungen bedingt sind, zugrunde gelegt werden, Zahlen, die im Vergleich mit den im Maschinenbau üblichen sehr hoch erscheinen. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die dynamischen Einflüsse der Verkehrslast und etwaiger Fliehkräfte mit der Stoßzahl  $\varphi_0$  zu multiplizieren sind, während im Maschinenbau meist nur mit den statisch ermittelten Kräften gerechnet wird.  $\varphi_0$  ist von der Art der Brücke und der Ausbildung der Fahrbahn abhängig und nimmt mit steigender Spannweite ab, z. B. für Balkenbrücken, bei denen die Schienen unmittelbar auf den Haupt-, Quer- oder Längsträgern liegen, nach den Zahlen der zweiten Zeile der Zusammenstellung 80.

Einen Anhalt dafür, welche zulässigen Beanspruchungen zu wählen wären, wenn man der Rechnung lediglich die statisch ermittelten Kräfte zugrunde legt, gewinnt man nun wie folgt. Bezeichnet man an einem auf Zug beanspruchten Stabe

$P_g$  die durch das Eigengewicht,

$P_v$  die durch die Verkehrslast,

$P_f$  die durch die Fliehkräfte bedingte Belastung des Stabes und kommen Wärmespannungen nicht in Betracht, so wäre nach der Vorschrift ein Stabquerschnitt

$$F = \frac{P_g + \varphi_0 (P_v + P_f)}{k_z} = \frac{P_g + \varphi_0 (P_v + P_f)}{1400}$$

erforderlich. Setzt man dagegen nur die Summe der drei Kräfte ein, so würde sich eine Beanspruchung

$$\sigma_z = \frac{P_g + P_v + P_f}{F}$$

ergeben. Dividiert man beide Beziehungen durcheinander und bezeichnet das Verhältnis  $\frac{P_v + P_f}{P_g}$  mit  $c$  so folgt

$$\sigma_z = \frac{P_g + P_v + P_f}{P_g + \varphi_0 (P_v + P_f)} \cdot 1400 = \frac{1 + c}{1 + \varphi_0 \cdot c} \cdot 1400.$$

Mit den in der Zusammenstellung 80 angeführten Durchschnittswerten für  $c$ , gültig für gerade, eingleisige Brücken ohne Schotterbett, die ich Herrn Prof. Müllenhoff verdanke, ergeben sich die in den drei letzten Zeilen angeführten Beanspruchungen für den Fall, daß man bei der Berechnung von den statischen Kräften ausgeht.

#### Zusammenstellung 80.

Zulässige Beanspruchungen an Brücken unter Zugrundelegung der statisch ermittelten Kräfte.										
Spannweite der Brücke . . . . .	10		20		40		80		120 m	
	Blechträger		Fachwerkträger							
Stoßzahl $\varphi_0$ . . . . .	1,65	1,55	1,45	1,36	1,32					
Größe $c$ . . . . .	6,97	4,91	3,33	2,14	1,59					
Zulässige Beanspruchung auf Zug oder Biegung unter Zugrundelegung der statisch ermittelten Kräfte . . . . .	≤ 890	960	1040	1125	1170	kg/cm <sup>2</sup>				
Scherbeanspruchung der Niete . . . . .	≤ 712	768	832	900	936	„				
Lochleibungsdruck . . . . .	≤ 2225	2400	2600	2810	2925	„				

Der Einfluß der Fliehkräfte im Falle gekrümmter Brücken auf die angeführten Beanspruchungen ist sehr gering.

Durch die hiernach mit der Spannweite zunehmende Höhe der zulässigen Beanspruchungen wird berücksichtigt, daß sich die Belastung großer Brücken ruhender Inanspruchnahme nähert, weil die Verkehrslast gegenüber dem bedeutenden Eigengewicht zurücktritt, ein Gesichtspunkt, der bei der Übertragung der Zahlen auf Fälle und Aufgaben des Maschinenbaues sorgfältig zu beachten ist. Beispielweise wird man bei den fast stets unter der Höchstlast und voller Ausnützung der Leistungsfähigkeit arbeitenden Hüttenwerkkränen vorsichtiger in der Wahl der Belastung sein und geringere Beanspruchungen nehmen, als bei den unter wesentlich günstigeren Bedingungen und Verhältnissen laufenden Werkstattkränen.

Die preußischen Ministerial-Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe vom 24. XII. 1919 und 25. II. 1925 schreiben folgende zulässige Beanspruchungen vor:

Zusammenstellung 81.

Zug- oder Biegespannung in flußeisernen Teilen von Dächern, Fachwerkwänden, Kranbahnträgern usw.,

bei Verwendung von:	Flußstahl St. 37·12 kg/cm <sup>2</sup>	Hochwertigem Baustahl v. $K_z = 4800 \dots 5800 \text{ kg/cm}^2$ und $\delta_t \geq 18\%$ kg/cm <sup>2</sup>
a) wenn die Querschnitte auf Grund der Eigenlast, der Nutzlast und des Schneedrucks berechnet werden . .	1200	1560
b) wenn der Berechnung die gleichzeitig ungünstigste Wirkung von Eigenlast, Nutzlast, Schneedruck und Winddruck von 150 kg/m <sup>2</sup> zugrunde gelegt wird . . .	1400	1820
c) ausnahmsweise bei Dächern, wenn für eine den strengsten Anforderungen genügende Durchbildung, Berechnung, Ausführung und gute Unterhaltung volle Sicherheit gegeben ist, im Falle b) . . . . .	1600	2080
Scherspannung in Nieten oder gedrehten Schraubenbolzen $k_s$ . . . . .	1000	1300
Lochleibungsdruck $p_0$ . . . . .	2000	2600

Es liegt nahe, die Niete so zu gestalten, daß sie sowohl in bezug auf den Gleitwiderstand oder auf Abscheren, wie in bezug auf den Leibungsdruck möglichst weitgehend

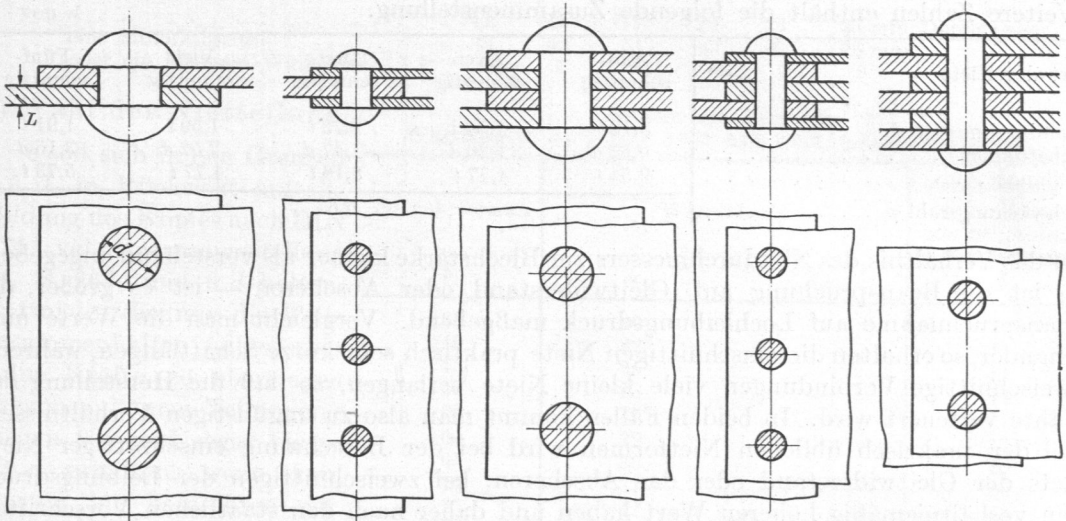


Abb. 550 bis 554. Niete gleicher Widerstandsfähigkeit gegenüber Abscheren und Lochleibungsdruck.

ausgenutzt werden. Das führt je nach der Zahl der Schnitte zu verschiedenen, aber teilweise ungünstigen Verhältnissen zwischen dem Nietdurchmesser und den Blechstärken. Nimmt man auf Grund der vorstehend angeführten verschiedenen Zahlen im Mittel an, daß die Scherspannung das 0,8fache der in den Gliedern des Bauwerkes zugelassenen Zugspannung,  $k_s = 0,8 k_z$ , der Lochleibungsdruck das Zweifache der Zugspannung,  $p_0 = 2 k_z$  oder  $p_0 = 2,5 k_s$  betragen soll, so muß an einem einschnittigen Niet

$$\frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_s = d \cdot t \cdot p_0 = d \cdot t \cdot 2,5 k_s,$$

$$t = \frac{\pi}{10} d = 0,314 d$$

oder  $d = 3,2 t$ , Abb. 550, sein. Für die zweischnittigen Niete in Abb. 551, wo dieselbe Stärke des Hauptbleches vorausgesetzt ist, fordert die entsprechende Rechnung:

$$2 \frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_s = d \cdot t \cdot p_0 = d \cdot t \cdot 2,5 k_s;$$

$$t = \frac{\pi d}{5}$$

oder als theoretisch günstigstes Verhältnis  $d = 1,59 t$ . Sinngemäß ergeben sich für drei- bis fünfschnittige Niete die Zahlen der folgenden Zusammenstellung entsprechend den Abb. 552 bis 554. Je größer die Schnittzahl ist, um so mehr wächst die Schaftlänge im Verhältnis zum Durchmesser. Dabei sind im Fall der zwei- und vierschnittigen Niete Abb. 551 und 553 die äußeren Laschen nur halb so stark wie die Bleche angenommen.

Wählt man die Zugspannung  $k_z$  im Blech  $\frac{1}{0,8} = 1,25$  mal so groß wie die Beanspruchung der Niete auf Gleiten oder Abscheren, so lassen sich für den Fall der einreihigen Nietung auch die vorteilhafteste Teilung  $e$  und die Schwächungszahl  $\varphi$  für die verschiedenen Nietarten ableiten. So werden z. B. für die einschnittige Nietung

$$\frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_s = (e - d) \cdot t k_z$$

oder mit  $k_s = 0,8 k_z$  und  $d = 3,2 t$

$$e = 3 d = 9,54 t,$$

$$\varphi = \frac{e - d}{e} = \frac{3 d - d}{3 d} = 0,67.$$

Weitere Zahlen enthält die folgende Zusammenstellung.

Art der Niete	Ein-schnittig	Zwei-schnittig	Drei-schnittig	Vier-schnittig	Fünf-schnittig
Nietdurchmesser $d$ . . . . .	3,18 $t$	1,59 $t$	2,72 $t$	1,59 $t$	1,91 $t$
Schaftlänge . . . . .	0,63 $d$	1,26 $d$	1,47 $d$	2,52 $d$	3,15 $d$
Teilung $e$ . . . . .	9,54 $t$	4,77 $t$	8,16 $t$	4,77 $t$	5,73 $t$
Schwächungszahl $\varphi$ . . . . .	0,67				

Ist das Verhältnis des Nietdurchmessers zur Blechstärke kleiner als vorstehend angegeben, so ist die Beanspruchung auf Gleitwiderstand oder Abscheren — ist es größer, die Inanspruchnahme auf Lochleibungsdruck maßgebend. Vergleicht man die Werte miteinander, so erhalten die einschnittigen Niete praktisch sehr kurze Schaftlängen, während zweischnittige Verbindungen viele kleine Niete verlangen, so daß die Herstellung der Nähte verteuert wird. In beiden Fällen kommt man also zu ungünstigen Verhältnissen. Bei den praktisch üblichen Nietformen wird bei der Berechnung einschnittiger Niete stets der Gleitwiderstand oder das Abscheren, bei zweischnittigen der Leibungsdruck den verhältnismäßig höheren Wert haben und daher nach den staatlichen Vorschriften maßgebend sein, die allerdings stets den Nachweis der Höhe beider Inanspruchnahmen fordern.

Dreischnittige Niete bieten günstigere Verhältnisse, werden aber seltener verwendet.

An auf Zug beanspruchten Stäben ist die Schwächung durch die Nietlöcher an der Anschlußstelle immer, an gedrückten nur dann, wenn die Druckwirkung die Knickwirkung überwiegt, zu berücksichtigen. Die Breite  $b$  des Stabes in Abb. 547 ergibt sich beispielweise aus

$$P = (b - d) \cdot t \cdot k_z.$$

#### b) Wahl des Nietdurchmessers.

Nach den DIN 124, 302 und 303 sind die um je 3 mm steigenden Durchmesser von 11, 14, 17, 20 usw. bis 44 mm der Zusammenstellung 74, Seite 262, als Normalmaße der Niete, sowie die eingezeichneten Sinnbilder festgelegt worden. Für die letzteren genügt bis zum Maßstabe 1 : 5 die Größe des Schaftdurchmessers; bei kleineren Maßstäben ist der Deutlichkeit wegen die Größe des Kopfdurchmessers zu nehmen. Geschlagene Niete unter 11 mm werden durch das gleiche Zeichen wie das 11 mm Niet unter Beifügung des Nietdurchmessers bezeichnet, etwa in der Form +<sup>9</sup>. Als Anhalt für die Wahl der Nietdurchmesser kann an Stäben und Blechen von  $t = 6 \dots 13$  mm Stärke,  $d = 2 t$  dienen, wobei im Falle der Verbindung von Teilen verschiedener Dicke stets

der stärkste maßgebend ist. Die bei den dichten und festen Nietungen an Dampfkesseln usw. geltende Regel, daß an ein und demselben Konstruktionsteil möglichst nur Niete gleichen Durchmessers benutzt werden sollen, läßt sich nur bei größeren Eisenbauwerken durchführen. An Dächern und leichten Bauwerken nimmt man häufig in Rücksicht auf die Schenkelbreiten der zu verbindenden Winkel- und Formeisen, selbst an ein und demselben Knotenpunkt, verschiedene Nietdurchmesser, wenn man mit geringem Gewicht auskommen will. Niete von mehr als 26 mm Durchmesser pflegen höchstens bei großen Brücken verwandt zu werden, bei den übrigen Eisenbauwerken dagegen nur ausnahmsweise, weil sich die Köpfe schwer von Hand bilden lassen, was beim Zusammenbau häufig notwendig ist. Niete mit Schaftlängen  $l \geq 5d$  werden im Eisenbau als Linsensenkniete ausgeführt, solche von  $l \geq 6,5d$  besser ganz vermieden, da die Stauchung durch den ganzen Schaft hindurch Schwierigkeiten macht und die Köpfe infolge der großen Längsspannungen, die in den Nietschäften beim Abkühlen entstehen, zum Abspringen neigen. Zylindrisch oder kegelig gut eingepaßte Schrauben sind ihnen gegenüber vorzuziehen. Wegen des Platzes, den der Nietkopf beansprucht, ist man bei Flach- und Formeisen auf eine Mindestbreite von  $3d$  des Eisens oder anzuschließenden Flansches angewiesen. Nach DIN 1032/33, vgl. Zusammenstellung 82, erfordern Niete

von $d$ . . . . .	11	14	17	20	23	26 mm Durchmesser,
eine Mindestbreite. . . . .	33	42	51	60	69	78 mm
oder ein kleinstes Winkeleisen NP	$3\frac{1}{2}$	5	$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	9

c) Wahl der Nietteilung.

Zusammenstellung 82.  
Wurzelmaße nach DIN 1032 und 1033, Abb. 556 bis 558.

$e$  soll sich in den Grenzen  $2,5d$ , in Rücksicht auf die Bildung des Kopfes nach DIN 124, vgl. Zusammenstellung 74, S. 262, und  $6d$  halten. Heftniete, die nur die Teile zusammenhalten sollen, aber keine Kräfte zu übertragen brauchen, können Teilungen  $e$  bis zu  $8d$  und sogar bis zu  $12d$  erhalten, wenn kein Rosten zu befürchten ist. Nach Beobachtungen von Meyerhof an den Brücken in Breslau [VI, 15] geht die Rostbildung häufig von den

Schenkelbreite	Wurzelmaße		Größter zulässiger Niet- oder Schraubendurchmesser $d$
	$b$	$w_1$	
35	20	—	11
40	22	—	11
45	25	—	11
50	28	—	14
55	30	—	17
60	32	—	17
65	35	—	20
70	37	—	20
75	42	—	23
80	45	—	23
90	50	—	26
100	55	—	26
110	45	25	26
120	50	30	26
130	50	40	26
140	55	45	26
150	55	55	26
160	60	55	29
170	60	65	29
200	60	90	32
250	60	140	32



Abb. 555. Klaffen der Bleche bei zu großen Nietabständen.

Spalten aus, die sich bei großer Nietentfernung nach Abb. 555 bilden; sie kann sich von dort weithin fortpflanzen, ohne äußerlich bemerkt zu werden. Er empfiehlt  $e = 8d$  zu wählen bei der Verbindung solcher Teile, die große Steifigkeit gegen Klaffen besitzen, dagegen

$$e = 5d \text{ für } t = 8 \dots 11 \text{ mm}$$

und

$$e = 6d \text{ für } t > 11 \text{ mm}$$

zu setzen, wenn die Teile nicht genügend steif sind, Abb. 555.

Der Randabstand  $a$  der Niete darf  $1,5$  bis  $2,5d$ , nur bei Blechen über  $14$  mm Stärke bis zu  $2,8d$  betragen. Vielfach wird er in Richtung der Kraft etwas größer, zu etwa  $a_1 = 2d$ , als senkrecht dazu,  $a_2 = 1,5d$ , genommen.



Bei Winkel- und Formeisen sind die sogenannten Wurzelmaße  $w_1$  und  $w_2$ , Abb. 556 bis 558, einzuhalten, bei denen sich die Niete in Rücksicht auf die Döpper- und Kopfdurchmesser noch schlagen lassen. Sie sind für die normalen Winkeleisen durch die DIN 1032, Blatt 1 bis 3, und 1033 festgelegt, vgl. Zusammenstellung 82, die sowohl für gleich- wie auch für ungleichschenklige Winkeleisen gilt, so daß z. B. für ein L 65·130·12 die Wurzelmaße der Abb. 558 maßgebend sind. Diejenigen der U-, I-, Z- und L-Eisen sind in DIN 1030 und 1031 enthalten.

### 3. Genietete Blechträger.

#### a) Wahl der Hauptabmessungen.

Sie werden, wenn die normalen gewalzten Formeisen nicht ausreichen oder zu schwer ausfallen, angewendet und aus Stegblechen und angenieteten Winkeln zusammengesetzt, die durch Gurtplatten weiter verstärkt werden können, Abb. 562 und 563. Es entstehen I- oder kastenförmige, zur Aufnahme von Biegemomenten besonders geeignete Querschnitte. Ihre Höhe  $h$  nimmt man an Laufkran- und festen Trägern gleich  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$ , ausnahmsweise bis  $\frac{1}{14}$  der Spannweite, an Auslegern von Dreh-

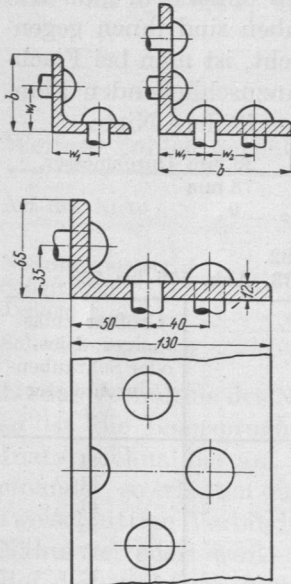


Abb. 556—558.  
Nietverbindungen an Winkel-  
eisen. M 1 : 5.

kranen, die meist als Kasten-  
träger ausgebildet werden,  
gleich  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{7}$  der Ausladung.  
Je größer die Höhe sein kann,  
um so leichter fällt der Träger  
aus, weil das Widerstandsmo-  
ment des Querschnitts mit der  
zweiten Potenz der Höhe  
wächst.

Ist das an einer beliebigen  
Stelle wirkende größte Biege-  
moment  $M_b$ , so ergibt sich das  
dort nötige Widerstandsmo-  
ment aus:

$$W = \frac{M_b}{k_b} \quad (28)$$

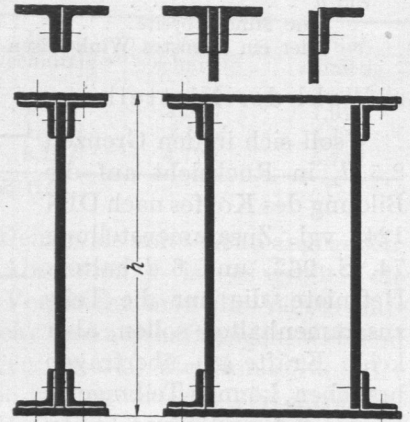


Abb. 559—563.  
Anschlüsse von Winkeleisen und Aus-  
bildung von Blechträgern.

und das Trägheitsmoment aus

$$J = W \cdot \frac{h}{2}$$

$k_b$  darf für weichen Flußstahl an Brücken bis zu 1400, bei Berücksichtigung des Winddruckes 1600 kg/cm<sup>2</sup>,

an Kranträgern für Hebezeuge mit geringen Geschwindigkeiten (Handbetrieb) zu 900 bis 1100 kg/cm<sup>2</sup>,

bei mittleren und hohen Geschwindigkeiten zu 700 bis 900 kg/cm<sup>2</sup> angenommen werden,

an Hochbauten nach [VI, 6] bei Verwendung von Stahl 37 · 12 zu 1200 kg/cm<sup>2</sup>,

bei Verwendung von hochwertigem Stahl von 4800 bis 5800 kg/cm<sup>2</sup> Festigkeit und  $\delta_l \geq 18\%$  Bruchdehnung zu 1560 kg/cm<sup>2</sup>.

Dabei sind die ungünstigsten, gleichzeitig auftretenden Wirkungen der ständigen Last, der Verkehrs- und Schneelast, sowie Bremswirkungen oder Schrägzug, soweit sie von einem Kran herrühren, zu berücksichtigen. Bei sorgfältigster Durchbildung, Berechnung und Ausführung sind noch Erhöhungen der Beanspruchungen zulässig, vgl. [VI, 6].

Bei der Berechnung geht man unter Aufzeichnung des Querschnittes so vor, daß man das Trägheitsmoment  $J$  nach Wahl der Träger- oder Steghöhe zunächst durch Hinzu-

fügen der Winkeleisen und, wenn diese nicht genügen, durch Aufsetzen von Gurtplatten zu erreichen sucht. Dabei sind die Nietlöcher zu berücksichtigen; und zwar brauchen, wenn Gurtplatten notwendig sind, im allgemeinen nur die Nietlöcher abgezogen zu werden, die zum Anschluß der Platten dienen, wenn diejenigen im Steg versetzt zu jenen angeordnet sind. Wenn aber der Abstand der Kopf- und Halsniete kleiner als  $2d$  wird, müssen beide Nietlöcher abgezogen werden, da dann ein Bruch durch beide Löcher gehen würde.

Anhaltspunkte für den ersten Entwurf gibt die folgende Zusammenstellung.

Zusammenstellung 83. Übliche Maße an Blechträgern.

$h$ cm	Stegstärke cm	Winkeleisen cm	Gurtplattendicke cm	Übliche Zahl der Platten an einem Gurt $\leq$
50—70	1,0—1,2	8—10	1,0—1,4	2
75—100	1,0—1,3	8—12	1,1—1,5	3
105—150	1,1—1,4	10—13	1,2—1,5	4
150	1,2—1,6	12—20	1,2—1,8	4

Die Plattendicke wird mit Rücksicht auf die Stoßdeckung am besten gleich der Winkeleisendicke gewählt.

Nach den Auflagern zu läßt sich der Träger infolge der abnehmenden Biegemomente schwächer halten. Entweder verringert man zu dem Zwecke dort die Zahl der Gurtplatten oder die Trägerhöhe oder auch beide. Die Form gleichen Widerstandes würde im Falle rechteckigen Trägerquerschnitts, sowohl wenn die Belastung gleichmäßig verteilt ist (vgl. lfd. Nr. 6 der Zusammenstellung 7, S. 33), als auch, wenn sie aus einer beweglichen Einzellast besteht (Laufkranträger, bei dem die Laufkatze durch eine Einzellast ersetzt ist), elliptisch begrenzt sein. An den Enden muß der Querschnitt genügen, die größten auftretenden Querkräfte aufzunehmen, vgl. Berechnungsbeispiel 2. Praktisch nähert man die Form der leichteren Ausführung wegen durch eine solche mit geraden Umrissen, die die Ellipse berühren, an, Abb. 583a und 544. Die genauere Untersuchung unter Berücksichtigung des I-Querschnittes der Blechträger zeigt, daß die schrägen Umrißlinien etwas in die elliptische Begrenzung einschneiden können, daß also der nach dem eben erwähnten Verfahren ermittelte Träger noch etwas leichter gehalten werden kann.

b) Berechnung der Nietteilung an den Trägergurtungen.

Die Halsniete, welche die Gurtung mit dem Steg verbinden, haben die Aufgabe, die Ausbildung der Gurtspannungen zu ermöglichen, die in den einzelnen Trägerquerschnitten verschiedene Größe annehmen. Betrachten wir zwei um die Strecke  $e$  voneinander entfernte Ebenen  $I$  und  $II$ , Abb. 564, in denen die Biegemomente  $M_1$  und  $M_2$  herrschen mögen. In einer Faser des Gurtes im Abstände  $y$  von der neutralen Achse wirken in den Ebenen  $I$  und  $II$  verschiedene Spannungen

$$\sigma_I = \frac{M_1 \cdot y}{J} \quad \text{und} \quad \sigma_{II} = \frac{M_2 \cdot y}{J}.$$

Hat die betrachtete Faser den Querschnitt  $df$  und summiert man die Spannungen im gesamten Gurtquerschnitt, so wird die Kraft in der Ebene  $I$ :

$$N_1 = \int \sigma_I \cdot df = \int \frac{M_1}{J} y \cdot df,$$

die in der Ebene  $II$ :

$$N_2 = \int \frac{M_2}{J} \cdot y \cdot df.$$

Der Unterschied beider

$$N = \int y \cdot df \frac{M_1 - M_2}{J} = \frac{M_1 - M_2}{J} \int y \cdot df$$

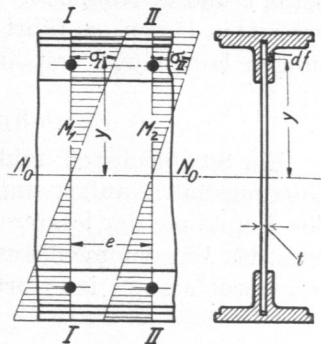


Abb. 564. Zur Ermittlung der Nietteilung an Blechträgern.

muß durch die Nietung aufgenommen werden, um die Spannungsbildung in den Gurten

sicher zu stellen. Nun ist  $\int y \cdot df$  das statische Moment  $S$  des Gurtquerschnittes, bezogen auf die Nulllinie  $N_0N_0$ , während  $M_1 - M_2$  gleich dem Inhalt der Querkraftfläche auf der Strecke  $e$ , Abb. 565, also gleich  $Q \cdot e$  ist, so daß

$$N = \frac{Q \cdot e}{J} \cdot S \quad (144)$$

wird. Faßt man  $e$  als Nietteilung auf, so muß ein Niet die Kraft  $N$  übertragen. Ist umgekehrt der Nietdurchmesser  $d$  und damit  $N = \frac{\pi d^2}{4} k_n$  bzw.  $N = d \cdot t \cdot p_0$  gegeben, so folgt die Teilung aus:

$$e = \frac{N \cdot J}{Q \cdot S} = \frac{\pi d^2 \cdot k_n \cdot J}{4 \cdot Q \cdot S} \quad \text{bzw.} \quad \frac{d \cdot t \cdot p_0 \cdot J}{Q \cdot S}, \quad (145)$$

worin bedeutet:

$J$  das Trägheitsmoment des gesamten Trägerquerschnitts, bezogen auf die Schwerlinie  $N_0N_0$  in  $\text{cm}^4$ ,

$S$  das statische Moment des durch die Niete anzuschließenden Querschnittes, hier also das der ganzen Gurtung in  $\text{cm}^3$ ,

$Q$  die Querkraft in kg,

$t$  die Stegblechstärke in cm,

und für  $k_n$  die zulässige Belastung zweischnittiger Niete einzusetzen ist.

Die Teilung der Halsniete, auf die größten in den einzelnen Schnitten auftretenden Querkräfte berechnet, soll  $6d$  nicht überschreiten. Ergibt die Rechnung größere Entfernungen, so wird der Grenzwert  $e = 6d$  ausgeführt. So genügt es an Kranbalken häufig, die Teilung an den Enden, wenn die Katze in der äußersten Stellung steht, zu ermitteln, da dann die größtmöglichen Querkräfte entstehen. Die Kopfniete, welche die Gurtplatten anschließen, haben zufolge des kleineren statischen Moments des Plattenquerschnitts geringere Kräfte aufzunehmen, werden jedoch meist mit der gleichen Teilung mitten zwischen den Halsnieten, also um  $\frac{e}{2}$  verschoben, angeordnet. Nur in dem Falle, daß sie weitere Teilung oder kleineren Durchmesser bekommen sollen, sind sie sinngemäß besonders zu berechnen.

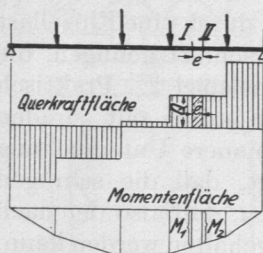


Abb. 565. Querkraft- und Momentenfläche.

Bei längeren Blechträgern müssen Stege und Gurtungen aus mehreren Teilen zusammengesetzt, „gestoßen“ werden. Diese Stellen werden, sofern der Versand des ganzen Trägers möglich ist, gegeneinander versetzt; so liegt in der Abb. 582 der Stoß des Stegbleches bei  $I-I$ , der der Winkeleisen und der Gurtbleche nach der Mitte des Trägers, bei  $b, c$  und  $a$ , Abb. 586. Sind die Blechträger so lang, daß sie sich nicht als ein Ganzes versenden lassen, so führt man Universalstöße aus, die durch den Steg und die Gurtungen laufen und erst an der Baustelle geschlossen werden.

### c) Berechnung der Stegblech- und Gurtungsstöße.

Ein Stegblechstoß muß das Biegemoment, soweit es nicht von den durchlaufenden Gurtungsteilen aufgenommen wird, sowie die gesamte Querkraft übertragen, denn an der Aufnahme der letzteren hat die Gurtung nur sehr geringen Anteil. Annähernd kann man das Biegemoment aus dem Widerstandsmoment  $W_s$  des Stegbleches und der Biegebeanspruchung  $\sigma_b$  im Gurtblech des Trägers ermitteln, Abb. 583:

$$M_{bs} = W_s \cdot \sigma_b \cdot \frac{h_1}{h} = \frac{t \cdot h_1^3}{6h} \cdot \sigma_b, \quad (146)$$

wenn  $t$  die Stegblechstärke in cm,

$h_1$  die Stegblechhöhe in cm,

$h$  die Höhe des gesamten Trägers in cm ist.

Die Stoßstelle wird nach Abb. 566 durch Laschen von der Stärke der Gurtwinkel oder  $t_1 = 0,6$  bis  $0,8t$ , möglichst nicht unter 8 mm Dicke gedeckt. Das Moment  $M_{bs}$  und

die ganze Querkraft  $Q$  werden durch die Niete übertragen, die in verschiedenen Entfernungen  $a$  von der neutralen Faser des Trägers angreifen. Man macht nun die Annahme, daß

a) die Querkraft sich gleichmäßig über die Niete verteilt, so daß auf jedes der  $n$ -Niete (in Abb. 566  $n = 16$ )

$$N_Q = \frac{Q}{n} \text{ kg} \quad (147)$$

entfallen,

b) die Belastungen der Niete durch das Moment  $M_{bs}$  sich verhalten, wie ihre Abstände  $a_1, a_2, a_3$  von der neutralen Faser. Dann bestehen zwischen den Belastungen  $N_1, N_2, N_3 \dots$  der Niete die Beziehungen:

$$N_1 = N_1 \cdot \frac{a_1}{a_1}, N_2 = N_1 \cdot \frac{a_2}{a_1}, N_3 = N_1 \cdot \frac{a_3}{a_1} \dots$$

während 
$$M_{bs} = \sum N \cdot a = N_1 \cdot \frac{\sum a^2}{a_1},$$

oder 
$$N_1 = M_{bs} \cdot \frac{a_1}{\sum a^2} \quad (148)$$

wird, wobei  $N_1$  die Belastung des am weitesten von der neutralen Faser entfernten Nietes ist. Die Gesamtbelastung dieses zweiseitigen Nietes ist dann

$$N = \sqrt{N_Q^2 + N_1^2}$$

und muß kleiner sein, als die zulässige Belastung

$$N \leq \frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_n \text{ bzw. } \leq dt \cdot p_0$$

Beim Entwurf geht man so vor, daß man zunächst die Zahl der Nietreihen und der Niete selbst schätzt, dann nachrechnet und, wenn nötig, Abänderungen trifft.

Bei den Stößen in den Gurtungen ist die Längskraft  $P$  in den durchschnittenen Stücken

1. durch den Widerstand der Nietung,

2. durch die Festigkeit der Laschen aufzunehmen.

$P$  darf, sicher gerechnet, zu  $P = f \cdot \sigma_b$  angenommen werden, wenn  $f$  den Querschnitt der durchschnittenen Stücke,  $\sigma_b$  die größte an der betrachteten Stelle auftretende Biegebeanspruchung bedeuten.

$$n_3 = \frac{P}{N} = \frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_n} \text{ bzw. } \frac{P}{d \cdot t \cdot p_0}$$

liefert die Anzahl der nötigen Niete.

#### 4. Konstruktive Durchbildung fester Nietverbindungen.

Daß man bei der konstruktiven Durchbildung der Eisenbauwerke von den normalen Blechen, Stab- und Formeisen ausgeht, war schon oben bemerkt. An den Kanten und Enden begrenzt man die einzelnen Stäbe möglichst geradlinig und senkrecht zur Achse, Abb. 568, um bei der Herstellung mit einem Säge- oder Scherenschnitte kleinster Fläche auszukommen. Wegen des besseren Anschlusses schräg begrenzte Winkeleisen werden zweckmäßigerweise nach Abb. 567 zunächst durch einen Schnitt senkrecht zur Achse und dann durch schräges Beschneiden des einen Schenkels gewonnen. Auch die Knotenbleche erhalten, wenn irgend möglich, geradlinige Umrisse ohne einspringende, schwierig auszuführende Ecken. Mit der Schere dürfen Bleche nur dann geschnitten werden, wenn einem Einreißen durch das Schneiden selbst oder durch entsprechende Vorarbeit, insbesondere durch gute Ausrundungen, sicher vorgebeugt wird. Freier ist man in der Ge-

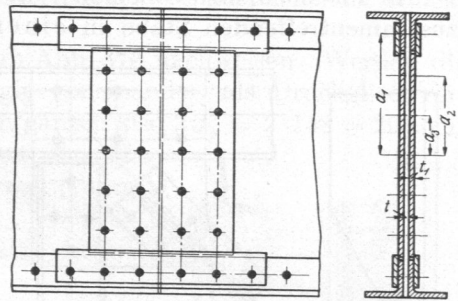


Abb. 566. Stegblechstoß an Blechträgern.

staltung bei Anwendung der Brennschneidverfahren. Sowohl bei den beiden vorstehend genannten Verfahren, wie auch bei etwaigem Stanzen ist nach DIN 1000 der neben dem Schnitt befindliche Stoff an flußstählernen Stücken in mindestens 2 mm Breite durch Hobeln, Fräsen, Schleifen oder Feilen zu beseitigen. Ausnahmen bilden in dieser Beziehung nur unwesentliche Teile, wie Futterstücke u. dgl. Die in Aussicht genommene Art der Bearbeitung ist schon bei der Formgebung zu berücksichtigen.

Zur konstruktiven Durchbildung der Blechträger ist zu bemerken, daß man ungleichschenkelige Winkeleisen mit den kürzeren Schenkeln am Stegbleche anschließt, um die längeren vorteilhafter, nämlich mit höherer Spannung ausnutzen zu können. Die Gurtplatten läßt man seitlich um 5 bis 10 mm über die Gurtwinkel überstehen. Bei größerer Höhe wird der Steg durch aufgenietete Winkeleisen in etwa 1,2 bis 1,7 m Abstand, Abb. 582, versteift.

An Fachwerken sollen sich die Schwerlinien der einzelnen in einem Knotenpunkte zusammentreffenden Stäbe in einem Punkte schneiden, Abb. 568 und 581, um Biegemomente auszuschalten. Nur bei kleineren Winkel-eisen benutzt man des leichteren Anreißens wegen



Abb. 567. Schräg abgeschnittenes Winkeleisen.

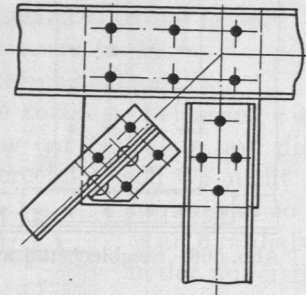


Abb. 568 und 569. Ausbildung von Knotenpunkten. Anschluß des Winkeleisens durch einen Hilfswinkel.

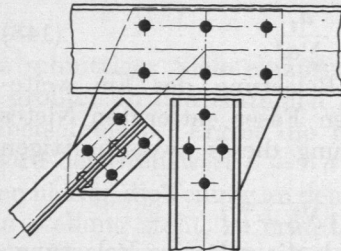


Abb. 570 und 571. Auf Zug beanspruchte Niete (links) sind zu vermeiden.

statt der Schwerlinien der Querschnitte die Mittellinien der Nietreihen. Gezogene Stäbe stellt man aus Flacheisen her, in neuerer Zeit aber fast allgemein wie die auf Druck oder Knickung beanspruchten, aus Eisen steifer Form, aus L-, T-, U- und I-Eisen. Notwendig wird die Vermeidung aller Flacheisenstäbe, wenn Erschütterungen, wie beim Betrieb von Kranen, nicht zu vermeiden sind. Reichen die Stege oder die seitlichen Flächen der Formeisen zum Anschluß an den Knotenblechen nicht aus, so müssen besondere Hilfswinkel, Abb. 568, vorgesehen werden. Jeder wesentliche Kräfte übertragende Stab ist mit mindestens zwei Nieten anzuschließen. Auf Zug oder Biegung beanspruchte Niete, Abb. 570, sind zu vermeiden, und durch Verbindungen, bei denen die Kräfte durch den Gleitwiderstand, Abb. 571, aufgenommen werden oder durch Schrauben zu ersetzen. Das Zusammenpassen und Aneinanderstoßen der Stabenden ist nur ausnahmsweise, wie in Abb. 581 des Fugenschlusses wegen zulässig, da die Ausführung unnötigerweise erschwert ist, die Kräfte aber nicht durch den Stoß, sondern durch die Niete übertragen werden sollen. Im Gegenteil sind Zwischenräume von einigen Millimetern, Abb. 569, erwünscht, um kleine Ungenauigkeiten in der Länge der Stäbe ausgleichen zu können. Auch die Knotenbleche begrenzt man in Rücksicht auf geringe Fehler beim Anschließen der Glieder nach Abb. 569 und 580 so, daß man einigen Spielraum in der Lage derselben hat; man soll nicht verlangen, daß die Ecken der Knotenbleche genau mit den Stabkanten zusammenfallen, sondern nur, daß sie nicht über die Stabkanten hervorragen.

Gerade Stäbe oder solche mit geringem Knick, kann man an den Knotenblechen durchgehen lassen, wie das wagrechte U-Eisen in Abb. 569 und braucht dann den Anschluß nur auf den Unterschied der in den Stabteilen wirkenden Kräfte, bzw. die Resultante derselben, zu berechnen. Biegemomente sind sorgfältig zu vermeiden, oder, wenn sie sich nicht umgehen lassen, durch entsprechend berechnete Querschnitte und Anschlüsse aufzunehmen. So erachtet man die Ausbildung des Knotenpunkts Abb. 569 für

besser als die nach Abb. 568, weil die Kräfte auf das wagrechte U-Eisen symmetrisch zum Knotenmittelpunkte übertragen werden. Das Knotenblech erhält hierbei freilich nicht die einfache rechteckige Gestalt, wie in Abb. 568. Es gilt als Fehler, schlanke Zugstäbe an starke Gurtungen unter Weglassen der Knotenbleche anzuschließen; dagegen können Druckglieder unmittelbar mit den Gurtungen verbunden werden. Häufig verwandte zusammengesetzte Querschnitte für Druckstäbe, die dann benutzt werden, wenn die einfachen Formeisen nicht ausreichen oder zu schwer werden, zeigen die Abb. 572 bis 576. Die einzelnen Teile sind durch Bindebleche oder Flach- und Winkeleisen so vergittert, daß ihr Ausknicken auch auf den Teilstrecken, von Mitte zu Mitte Knotenpunkt der Vergitterung gerechnet, ausgeschlossen ist, unter der Annahme, daß die Teile an den Enden gelenkig geführt sind. Dabei verlangen die Vorschriften für Eisenbauwerke [VI, 17], daß der Schlankheitsgrad der einzelnen Teile kleiner als 30 und nicht größer als derjenige des ganzen Stabes ist, sofern kein besonderer Nachweis ausreichender Knicksteifigkeit des Gesamtstabes erbracht wird.

Die Wirkung der Vergitterung läßt sich leicht an Abb. 576 nachweisen. Werden die beiden C-Eisen NP 20 unvergittert, also unabhängig voneinander, als Druckglied verwandt, so sind ihre kleinsten Trägheitsmomente, im ganzen also  $2 J_y = 2 \cdot 148 = 296 \text{ cm}^4$  für die Tragfähigkeit maßgebend. Bei 4,5 m Länge und  $\epsilon = 5$  facher Sicherheit gegen Knicken würden sie nach Formel (16) mit

$$P = \frac{\pi^2 \cdot J_y}{\alpha \cdot \epsilon \cdot l^2} = \frac{\pi^2 \cdot 296 \cdot 2100000}{5 \cdot 450^2} = 6060 \text{ kg}$$

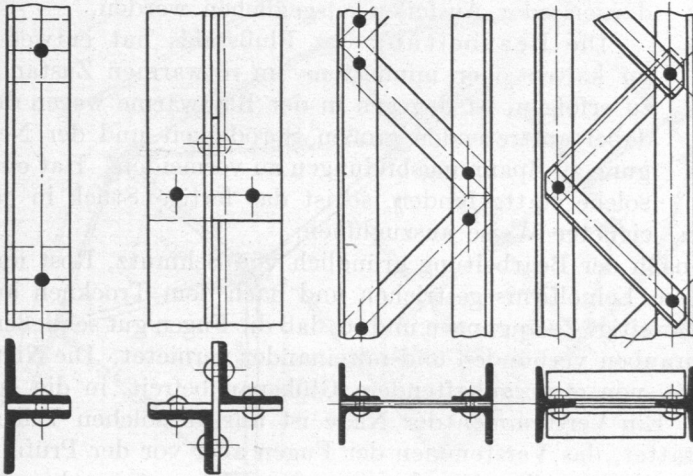


Abb. 572 bis 575. Übliche Formen für zusammengesetzte Druckstäbe.

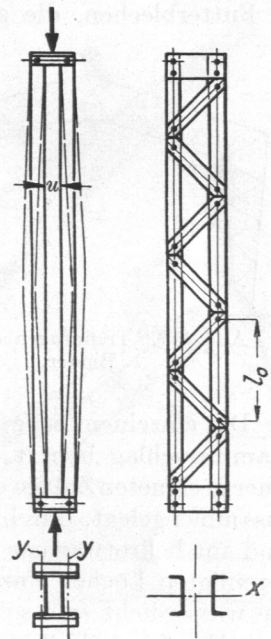


Abb. 576. Vergitterte U-Eisen.

belastet werden können. Ordnet man sie dagegen in einem lichten Abstand von mindestens  $u = 116 \text{ mm}$  an, und vergittert sie, so wird die Summe ihrer größten Trägheitsmomente  $2 J_x = 2 \cdot 1911 = 3822 \text{ cm}^4$  maßgebend, weil sich die beiden Teilstäbe gegenseitig so stützen, daß ein Ausknicken senkrecht zur  $Y$ -Achse ausgeschlossen ist. Der Abstand  $u$  ergibt sich aus der Bedingung, daß das Gesamtträgheitsmoment um die freie Achse  $J_y$  mindestens 10% größer sein soll als das auf die Materialachse bezogene  $J_x$ . Die Tragfähigkeit würde nach der Eulerschen Formel im Verhältnis der Trägheitsmomente  $\frac{J_x}{J_y} = \frac{1911}{148}$  auf das 13fache gestiegen sein. Da jedoch der Schlankheitsgrad des gesamten Stabes auf

$$\frac{l}{i} = \frac{l}{\sqrt{\frac{2 J_x}{2 F}}} = \frac{450}{\sqrt{\frac{2 \cdot 1911}{2 \cdot 32,2}}} = 58,3$$

gesunken ist, wird die Tetmajersche Formel (20) maßgebend, nach der sich die Knickspannung

$$K_k = K \left( 1 - c_1 \frac{l}{i} \right) = 3100 (1 - 0,00368 \cdot 58,3) = 2434 \text{ kg/cm}^2$$

und die Tragfähigkeit bei  $\mathfrak{S} = 5$ facher Sicherheit zu

$$P' = \frac{2 \cdot F \cdot K_k}{\mathfrak{S}} = \frac{2 \cdot 32,2 \cdot 2434}{5} = 31400 \text{ kg}$$

errechnet. Die letztere ist also durch die Vergitterung auf das rund 5,2fache gestiegen. Als größte Entfernung  $l_0$  der Bindebleche oder Gitterknotenpunkte folgt, da die Schlankheit des gesamten Stabes größer als 30 ist:

$$l_0 = 30 i_y = 30 \sqrt{\frac{J_y}{F}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{148}{32,2}} = 64,3 \text{ cm.}$$

### 5. Ausführung von Eisenbauwerken.

Die Niet- und Schraubenlöcher sind nach der DIN 1000 — mit Ausnahme von solchen in Futterblechen, die gelocht werden dürfen, — zu bohren und vor dem Zusammenlegen und Nieten der Stücke sorgfältig vom Grat zu befreien. Zusammengehörige Löcher müssen gut aufeinander passen; kleine Abweichungen sollen durch Aufreiben mit der Reibahle, nicht aber durch Aufdornen oder Ausfeilen ausgeglichen werden.

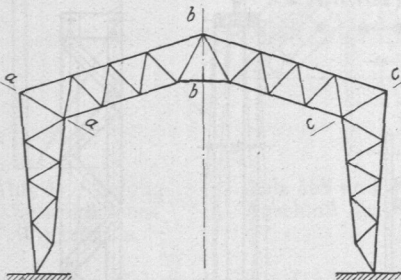


Abb. 577. Trennfugen an einem Binder.

Die Bearbeitung des Flußstahls hat entweder im kalten oder mindestens im rotwarmen Zustande zu erfolgen, ist dagegen in der Blauwärme wegen der dabei auftretenden großen Sprödigkeit und der Neigung zu Spannungsbildungen zu vermeiden. Hat eine solche stattgefunden, so ist das fertige Stück in geeigneter Weise auszuglühen.

Die einzelnen Teile werden nach der Bearbeitung gründlich von Schmutz, Rost und Hammerschlag befreit, mit gutem Leinölfirnis gestrichen und nach dem Trocknen auf einer geeigneten Zulage ohne gegenseitige Zwängungen und so, daß die Fugen gut schließen, zusammengelegt, durch Heftschrauben verbunden und miteinander vernietet. Die Niete sind im hellrotwarmen Zustande, von etwa anhaftendem Glühspan befreit, in die gut gereinigten Löcher einzuziehen. Ein Verstemmen der Niete ist nur an solchen Teilen, die wasserdicht sein sollen, gestattet, das Verstemmen der Fugen aber vor der Prüfung und Abnahme überhaupt nicht erlaubt. Alle nicht festsitzenden Niete müssen herausgeschlagen und durch neue ersetzt werden. Sollten sich einzelne Bauteile beim Vernieten verziehen, so müssen die Verbindungen nochmals gelöst und die Fehler sorgfältig beseitigt werden. Schließlich wird der Leinölanstrich an den Nietköpfen ergänzt.

Größere Bauwerke werden in Rücksicht auf den Versand und die leichtere Handhabung auf dem Bauplatz in Teile zerlegt, der Binder, Abb. 577, z. B. nach den Ebenen *aa*, *bb*, *cc*. Der Zusammenbau dieser in der Werkstatt fertig vernieteten Einzelteile erfolgt zweckmäßig durch Schrauben, um das Nieten auf dem Bauplatze möglichst einzuschränken, das wegen der schwierigen Ausführung am fertigen Bauwerke oft schlecht ausfällt. Eingepaßte Schrauben werden auf Abscheren und Leibungsdruck beansprucht; ihre Berechnung erfolgt unter Einsetzen der Beanspruchungen, die oben angegeben sind. Nur bei großen Bauwerken darf man auf genügend gute Nietung durch geübte Niettrupps auf dem Platz selbst rechnen. Zum Schutz gegen Rosten werden die Teile nach der Prüfung und Abnahme in der Werkstatt und nachdem alle Fugen mit Kitt sorgfältig geschlossen sind, mit einem dichten Grundanstrich von Bleimennigfarbe versehen. Nach erfolgter Aufstellung füllt man alle Räume zwischen den Eisenteilen, in denen sich Wasser

sammeln kann, mit Kitt, Asphalt oder fettem Zementmörtel, bessert den Grundanstrich aus und streicht das Ganze mindestens zweimal mit gut deckender Ölfarbe. Um das Anstreichen zwischen zwei Platten zu ermöglichen, muß ihr Zwischenraum genügend groß sein.

### 6. Konstruktions- und Berechnungsbeispiele.

In Abb. 578 ist der Ausleger eines Drehkranes für 2500 kg Nutzlast bei rund 10 m Ausladung, nach einer Ausführung der Deutschen Maschinenbau A.-G., vorm. Benrather Maschinenfabrik A.-G., dargestellt. Links oben ist an Hand des Schemas die

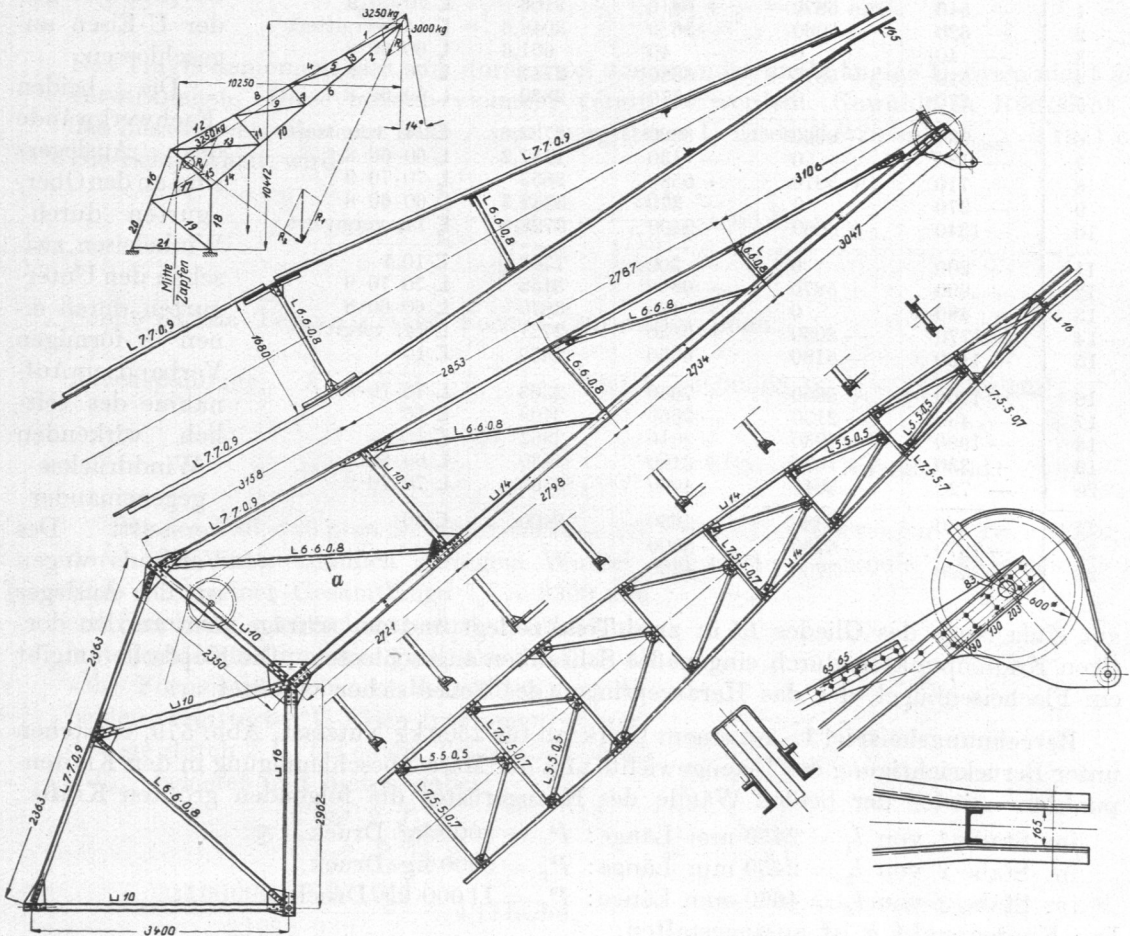


Abb. 578. Ausleger eines Drehkranes für 2500 kg Nutzlast. Ausführung der Deutschen Maschinenbau A.-G., vorm. Benrather Maschinenfabrik A.-G. M. 1: 100.

Größe und Verteilung der äußeren Kräfte wiedergegeben. Es ist angenommen, daß die Last an der Kopfrolle ungünstigerweise unter  $14^{\circ}$  schräg nach außen wirkt und daß die Zugkraft im Seil durch das Hakengewicht um 100 und durch die Beschleunigung um 400, also auf 3000 kg erhöht wird. Dann beträgt der Seilzug zwischen der Kopf- und der auf dem Stabe 15 gelagerten Leitrolle bei einem Rollenwirkungsgrad von  $92\%$   $\frac{3000}{0,92} = 3250$  kg. Durch Zusammensetzen des Seil- und Hakenzugs findet man Größe und Richtung der Kräfte  $R_1$  und  $R_2$ . Der Ausleger besteht aus zwei Fachwerkwänden, die infolge ihrer symmetrischen Anordnung zur Belastungsebene je die Hälfte der Kräfte aufzunehmen haben. Das Eigengewicht in Höhe von 2560 kg wurde nach Maßgabe der verwandten Walzeisen auf die einzelnen Knotenpunkte verteilt.



Die auf zeichnerischem Wege ermittelten, auf 10 kg abgerundeten Kräfte in den einzelnen Gliedern sind in der folgenden Liste zugleich mit den genauen Längen der Stäbe zusammengestellt.

Alle Glieder sind in steifen Querschnitten, Winkel- und U-Eisen, ausgeführt und, abgesehen von wenigen Stäben des Windverbandes, mit mindestens je zwei Nieten an den

Stabnummer	Belastung einer Auslegerwand durch			Stablänge mm	Walzeisen
	Eigengew. kg	Last kg	Summe kg		
1	+ 540	+ 5870	+ 6410	3106	L 70·70·9
2	— 620	— 8060	— 8680	3046,6	C 14, vergittert
3	— 40	0	— 40	601,6	L 60·60·8
4	+ 510	+ 5870	+ 6380	2787	L 70·70·9
5	+ 270	0	+ 270	2820	L 60·60·8
6	— 930	— 8060	— 8990	2733,6	C 14, vergittert
7	— 130	0	— 130	1147,2	L 60·60·8
8	+ 710	+ 5870	+ 6580	2853	L 70·70·9
9	— 370	0	— 370	3382,5	L 60·60·8
10	— 1340	— 8060	— 9400	2798,8	C 14, vergittert
11	— 200	0	— 200	1703	C 10,5
12	+ 990	+ 5870	+ 6860	3158	L 70·70·9
13	+ 480	0	+ 480	3870	L 60·60·8
14	— 1770	— 8060	— 9830	2721	C 14, vergittert
15	— 1180	— 5180	— 6360	2350	C 10
16	+ 1200	+ 5850	+ 7050	2363	L 70·70·9
17	— 430	— 2130	— 2560	2409	C 10
18	— 1980	— 7930	— 9910	2962	C 16
19	+ 330	+ 1830	+ 2160	3430	L 60·60·8
20	— 720	— 3940	— 4660	2363	L 70·70·9
21	— 250	— 1380	— 2630	3400	C 10
22	— 1870	— 6730	— 8600	—	—
23	+ 590	+ 3700	+ 4290	—	—

Knotenblechen oder, wo diese am Untergurt weggelassen sind, an den Stegen der U-Eisen angeschlossen.

Die beiden Fachwerkwände des Auslegers sind an den Obergurten durch Winkeleisen, zwischen den Untergurten durch einen K-förmigen

Verband zur Aufnahme des seitlich wirkenden Winddruckes gegeneinander versteift. Des

Versands wegen ist der Ausleger

am Knie längs des Gliedes 15 in zwei Teile zerlegt und der schräge Arm an den dortigen Knotenpunkten durch eingepaßte Schrauben angeschlossen. Die Kopffrolle umgibt ein Flacheisenbügel, der das Herausspringen des Seiles sicher verhütet.

**Berechnungsbeispiel 1.** An einem Uferkran für 2500 kg Nutzlast, Abb. 579, entstehen unter Berücksichtigung des Eigengewichts und der Massenbeschleunigung in den Knotenpunkten *a* jeder der beiden Wände des Krangerüsts die folgenden größten Kräfte:

im Stabe 1 von  $l_1 = 2450$  mm Länge:  $P_1 = 8000$  kg Druck,

im Stabe 2 von  $l_2 = 2450$  mm Länge:  $P_2 = 5500$  kg Druck,

im Stabe 3 von  $l_3 = 4650$  mm Länge:  $P_3 = 11000$  kg Druck.

Der Knotenpunkt *a* ist auszugestalten.

Alle drei Stäbe sind auf Knickung zu berechnen. Bei  $\zeta = 5$ facher Sicherheit und

$$\alpha = \frac{1}{2100000} \text{ cm}^2/\text{kg}$$

für weichen Flußstahl folgt das erforderliche Trägheitsmoment  $J_1$  des Stabes 1 nach der Eulerschen Formel (16) aus:

$$J_1 \geq \frac{\alpha \cdot \zeta \cdot P_1 \cdot l_1^2}{\pi^2} = \frac{5 \cdot 8000 \cdot 245^2}{2100000 \cdot \pi^2} = 116 \text{ cm}^4.$$

Gewählt U-Eisen NP 20 mit  $J_{\min} = 148 \text{ cm}^4$  und  $F_1 = 32,2 \text{ cm}^2$  Querschnitt. Die Schlankheit beträgt:

$$i_1 = \frac{l_1}{\sqrt{\frac{J_{\min}}{F_1}}} = \frac{245}{\sqrt{\frac{148}{32,2}}} = 114,5.$$

Sie ist größer als 90; mithin ist die benutzte Formel nach Zusammenstellung 3, S. 18, zutreffend.

Für Stab 2 wird unter den gleichen Voraussetzungen:

$$J_2 \geq \frac{\alpha \cdot \sigma \cdot P_2 \cdot l_2^2}{\pi^2} = \frac{5 \cdot 5500 \cdot 245^2}{2100000 \cdot \pi^2} = 79,5 \text{ cm}^4.$$

U-Eisen NP 16 mit  $J_{\min} = 85,3 \text{ cm}^4$  genügt. Die Nachrechnung des Schlankheitsgrades erübrigt sich, da er sicher größer als bei Stab 1 ist.

$$\text{Stab 3: } J_3 \geq \frac{\alpha \cdot \sigma \cdot P_3 \cdot l_3^2}{\pi^2} = \frac{5 \cdot 11000 \cdot 465^2}{2100000 \cdot \pi^2} = 573 \text{ cm}^4.$$

Das Trägheitsmoment läßt sich durch zwei voneinander unabhängige U-Eisen nicht mehr verwirklichen. Diese müssen vielmehr vergittert werden. Gewählt in Rücksicht auf das Zusammentreffen mit Stab 1 zwei vergitterte U-Eisen NP 20 mit  $J_{\max} = 1911 \text{ cm}^4$ . Die Schlankheit wird:

$$\frac{l_3}{i_3} = \frac{l_3}{\sqrt{\frac{J_{\max}}{F_3}}} = \frac{465}{\sqrt{\frac{1911}{32,2}}} = 60,4.$$

Somit ist die Tetmajersche Formel (20) anzuwenden.

$$\text{Knickspannung: } K_k = K \left( 1 - c_1 \frac{l_3}{i_3} \right) = 3100 (1 - 0,00368 \cdot 60,4) = 2410 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma = \frac{K_k}{\sigma_k} = \frac{K_k \cdot F_3}{P_3} = \frac{2410 \cdot 32,2}{11000} = 7,05 \text{ fach. Ausreichend.}$$

Für den Fall, daß man die Unterstützung des Stabes 3 im Knotenpunkt  $b$  der Skizze 579 durch die unter ziemlich geringem Winkel angesetzte Diagonale vernachlässigt und Stab 3 in seiner Gesamtlänge  $l_3' = 9300 \text{ mm}$  auf Knickung nachrechnet, wird das Schlankheitsverhältnis doppelt so groß, also die Eulersche Formel maßgebend. Betrachtet man die beiden vergitterten U-Eisen zusammen, so werden sie durch  $2 P_3$  bei einem Trägheitsmoment  $2 J_{\max}$  belastet und bieten dabei:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot J_{\max}}{\alpha \cdot 2 \cdot P_3 \cdot (l_3')^2} \\ &= \frac{2100000 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 1911}{22000 \cdot 930^2} = 4,17 \text{ fache,} \end{aligned}$$

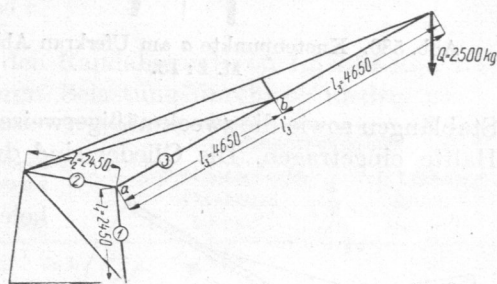


Abb. 579. Uferkranausleger. M. 1 : 200.

d. i. eine für die ungünstige Annahme noch hinreichende Sicherheit. Der Mindestabstand der beiden U-Eisen von  $u = 116 \text{ mm}$  ist konstruktiv durch den Abstand der Gerüstwände bei weitem übertroffen.

Größter Abstand  $l_0$  der Vergitterungsknotenpunkte. Bei dem Schlankheitsgrad 30, bezogen auf das kleinste Trägheitsmoment, wird:

$$l_0 = 30 \sqrt{\frac{J_{\min}}{F_3}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{148}{32,2}} = 64,3 \approx 65 \text{ cm.}$$

Berechnung der Anschlußniete. Stegstärke des schwächsten U-Eisens  $t = 7,5 \text{ mm}$ . Gewählt: Knotenblechstärke  $10 \text{ mm}$ . Nietdurchmesser  $d = 20 \text{ mm}$ ,  $k_n = 600 \text{ kg/cm}^2$ . Tragfähigkeit eines Nietes gegenüber Gleiten:

$$N = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_n = \frac{\pi}{4} \cdot 2^2 \cdot 600 = 1880 \text{ kg.}$$

(Größter Leibungsdruck in dem schwächsten U-Eisen:

$$p_0 = \frac{N}{t \cdot d} = \frac{1880}{0,75 \cdot 2} = 1250 \text{ kg/cm}^2. \text{ Zulässig.})$$

Nietzahl zum Anschluß des Stabes 1:  $n_1 = \frac{P_1}{N} = \frac{8000}{1880} = 4,3$ ; gewählt 5 Niete;

des Stabes 2:  $n_2 = \frac{P_2}{N} = \frac{5500}{1880} = 3$ ; gewählt 3 Niete;

des Stabes 3:  $n_3 = \frac{P_3}{N} = \frac{11000}{1880} = 5,9$ ; gewählt 6 Niete.

Die konstruktive Gestaltung des Knotenpunktes zeigt Abb. 580. Um die Lücke zwischen den U-Eisen 1 und 3 bei  $c$  zu schließen, ist ein Flacheisen als Lasche über die Flansche genietet. Viel teurer, allerdings einen geschlosseneren Eindruck bietend, ist die Ausführung Abb. 581, bei der die Stäbe 1 und 3 schräg, dem Winkel  $\frac{\beta}{2}$  entsprechend, bearbeitet und zusammengepaßt sind.

Stab 2 ist in beiden Fällen senkrecht zu seiner Mittellinie abgeschnitten und mit reichlichem Spielraum gegenüber den Gliedern 1 und 3 angeschlossen. Die Anordnung der Niete ergab sich im Zusammenhang mit den geradlinig begrenzten Knotenblechen ohne Schwierigkeit.

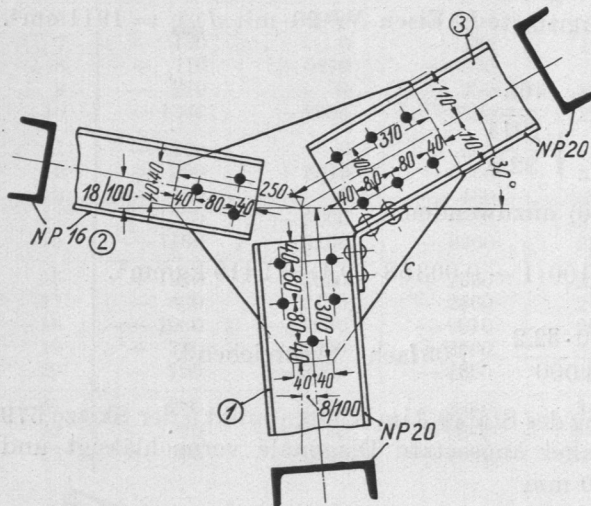


Abb. 580. Knotenpunkte  $a$  am Uferkran Abb. 579. M. 1 : 15.

**Berechnungsbeispiel 2.** Der Knotenpunkt  $A$  des Dachbinders, Abb. 581a, soll konstruktiv durchgebildet werden. Die in den einzelnen Gliedern wirkenden größten Kräfte sind an den Systemlinien der linken Hälfte der Abbildung, die Stablängen sowie die zweckmäßigerweise zu verwendenden Winkeleisen in der rechten Hälfte eingetragen. Die Glieder sind durchweg in steifen Querschnitten ausgeführt und zwecks symmetrischer Kraftwirkung aus je zwei Winkeleisen nicht unter  $45 \cdot 45 \cdot 5$  mm zusammengesetzt.

Stablängen sowie die zweckmäßigerweise zu verwendenden Winkeleisen in der rechten Hälfte eingetragen. Die Glieder sind durchweg in steifen Querschnitten ausgeführt und zwecks symmetrischer Kraftwirkung aus je zwei Winkeleisen nicht unter  $45 \cdot 45 \cdot 5$  mm zusammengesetzt.

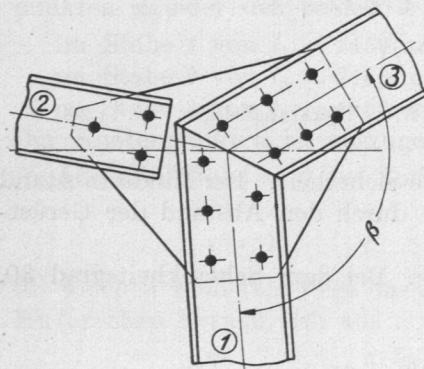


Abb. 581. Ausbildung des Knotenpunktes  $a$  unter Zusammenpassen der Stäbe 1 und 3. M. 1 : 15.

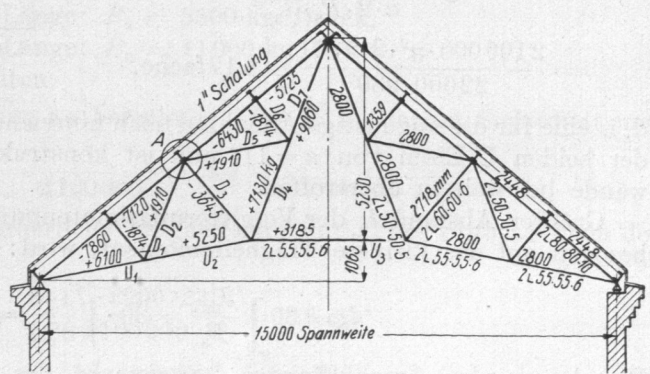


Abb. 581a.

Die konstruktive Durchbildung ist in den Abb. 581b bis d nach verschiedenen Gesichtspunkten durchgeführt.

Ausführung a), Abb. 581b, gibt die bei leichteren Eisenbauwerken meist gebräuchliche

Art wieder, die Wurzellinien oder Nietmittellinien in den Knotenpunkten zusammen-treffen zu lassen. Die Stäbe  $D_2$ ,  $D_3$  und  $D_5$  sind mit je zwei Nieten, der im Knoten-punkt durchlaufende Obergurt aber an dem rechteckig geschnittenen Knotenblech durch drei Niete angeschlossen, um den Nietabstand nicht zu groß werden zu lassen. Unter Benutzung der normalen Wurzelmasse und der zulässigen größten Nietdurchmesser nach Zusammenstellung 82, ferner mit  $a = 4$  mm lichtem Abstand zwischen den einzelnen Stäben und einer gleich großen Überdeckung an den Knotenblechkanten und -ecken kann man die Winkeleisen in ihrer gegenseitigen Lage aufzeichnen. Zweckmäßigerweise geht man dabei vom Obergurt aus. Am Stab  $D_3$  ergibt sich dann die Mindestbreite des Knotenbleches auf Grund von  $1,5 d$  Randabstand und  $2,5 d$  gegenseitigem Mindestabstand der Niete zu 172 mm, wie strichpunktiert angedeutet. Rundet man dieses Maß auf 175 mm ab, um das Knotenblech aus einem Universaleisen von  $175 \cdot 10$  mm Querschnitt schneiden zu können, so folgt die Knotenblechlänge aus der Lage der Stäbe  $D_2$  und  $D_5$

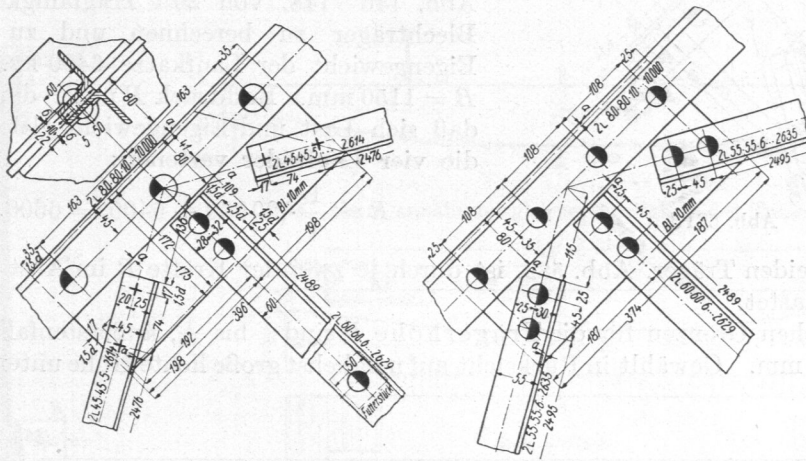


Abb. 581 b und c.

bei  $a = 4$  mm Überdeckung zu 396 mm. Durch den Randabstand von  $1,5 d$  ist nun auch die Lage sämtlicher Anschlußniete gegeben, deren Belastung durchweg niedrig ist:

	Niet- durchmesser mm	Nietzahl	Belastung kg	Inanspruchnahme	
				auf Gleiten oder Abscheren kg/cm <sup>2</sup>	auf Leibungs- druck kg/cm <sup>2</sup>
Obergurt	23	3	7120—6430 = 690	27,8	100
$D_2$	11	2	1910	502	868
$D_3$	17	2	3645	402	1070
$D_5$	11	2	1910	502	868

Zulässig wären 1100 bzw. 2200 kg/cm<sup>2</sup>.

Durch schräges Abschneiden ist es möglich, die Größe des Knotenbleches einzu-schränken und mit zwei Anschlußnieten am Obergurt auszukommen. Nachteilig ist, daß an dem Knotenpunkt drei verschiedene Nietdurchmesser zur Anwendung gekommen sind. Ohne weiteres könnte aber der Obergurt mit Nieten von 17 mm Durchmesser unter entsprechender Verringerung der Nietabstände angeschlossen werden.

In Ausführung b) ist durchweg ein und derselbe Nietdurchmesser von 17 mm benutzt. Das zwingt freilich dazu, die Glieder  $D_2$  und  $D_5$  nach Zusammenstellung 82 mindestens 55 mm breit, das ist 1,47 mal schwerer als bei Ausführung a) zu nehmen. Die in beiden Gliedern auftretende Höchstbelastung würde zwar ohne weiteres durch je ein solches Winkeleisen aufgenommen werden können, aber unter ungünstiger Nebenbeanspruchung des Knotenbleches auf Biegung und Verdrehung. Zum Anschluß des Obergurtes wird

man in Rücksicht auf nicht zu große Abstände im Verhältnis zum Nietdurchmesser vier Niete vorziehen, wenn man das Knotenblech rechteckig gestalten will. Bricht man, wie gezeichnet, die Ecken der Stäbe  $D_2$  und  $D_5$ , so kommt man mit 374 mm Knotenblechlänge aus.

Schließlich zeigt Ausführung c) die Lösung der gleichen Aufgabe unter Zusammenführen der Schwerlinien der angeschlossenen Winkeleisen im Knotenpunkt und unter

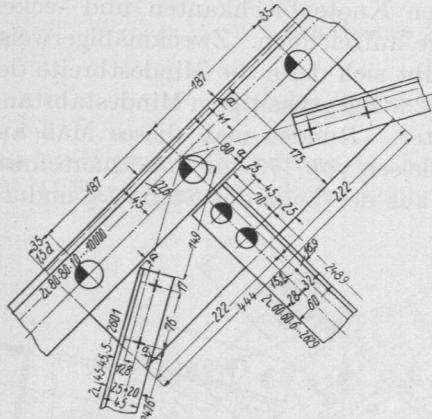


Abb. 581d.

Benutzung von drei verschiedenen Nietdurchmessern. Im Vergleich mit Ausführung a) wird im vorliegenden Falle das Knotenblech etwas länger (444 mm), trotzdem den Stäben  $D_2$  und  $D_5$  die umgekehrte Lage wie in Abb. 581b gegeben ist.

**Berechnungsbeispiel 3.** Für ein Laufkran gerüst von  $L = 12$  m Spannweite und die Katze, Abb. 146—148, von 20 t Tragfähigkeit sind die Blechträger zu berechnen und zu entwerfen. Eigengewicht der Laufkatze 6400 kg. Radstand  $B = 1150$  mm. Raddruck  $R$  unter der Annahme, daß sich Last und Eigengewicht gleichmäßig auf die vier Laufräder verteilen:

$$R = \frac{1}{4} \cdot (20\,000 + 6\,400) = 6\,600 \text{ kg.}$$

Jeder der beiden Träger, Abb. 582, ist durch je zwei der Kräfte  $R$  im Abstände  $B$  voneinander belastet.

Die üblichen Grenzen für die Trägerhöhe  $h$  sind  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$ , äußerstenfalls  $\frac{1}{14} L$ , also 1500 bis 860 mm. Gewählt in Rücksicht auf möglichst große lichte Höhe unter dem Kran:

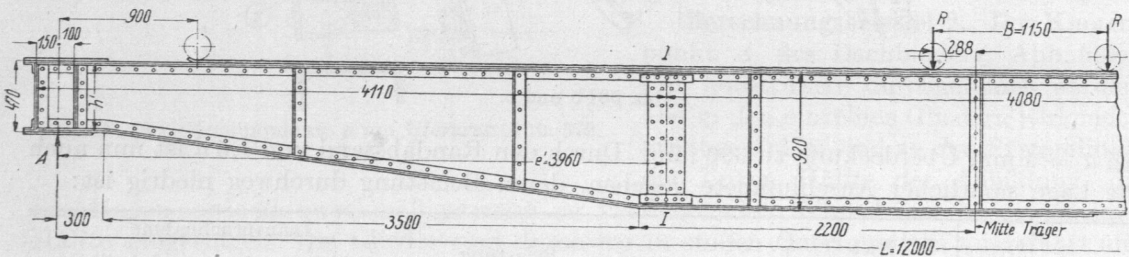


Abb. 582. Blechträger zum Laufkran von 20 t Nutzlast und 12 m Spannweite. M. 1 : 50.

$h \approx 900$  mm. Das größte Biegemoment tritt unter dem linken Rad ein, wenn dieses gegenüber der Trägermitte um  $\frac{1}{4} B = 288$  mm vorgeschoben ist, Abb. 582.

$$\text{Auflagedruck } A = 6600 \frac{628,8 + 513,8}{1200} = 6284 \text{ kg.}$$

Größtes Biegemoment:

$$M_{b \max} = A \left( \frac{L}{2} - \frac{B}{4} \right) = 6284 (600 - 28,8) = 3\,589\,000 \text{ kgcm.}$$

Die Rechnung werde zunächst ohne Rücksicht auf das Eigengewicht des Trägers durchgeführt, die Beanspruchung auf Biegung aber deshalb mäßig, zu  $k_b = 800 \text{ kg/cm}^2$ , angenommen.

Erforderliches Trägheitsmoment:

$$J = \frac{M_{b \max} \cdot h}{k_b \cdot 2} = \frac{3\,589\,000 \cdot 45}{800} = 201\,900 \text{ cm}^4.$$

Ein Stegblech von 900 mm Höhe und 10 mm Stärke mit zwei Gurtwinkeln von  $80 \cdot 80 \cdot 10$  mm Querschnitt, wie es schwarz angelegt in der Skizze 583 dargestellt ist, würde unter Ab-

zug der Nietlöcher von  $d = 20$  mm Durchmesser in den Gurtwinkeln ein Trägheitsmoment von:

$$J_1 = \frac{1}{12} [(b_1 - 2d)(h_1^3 - h_2^3) + b_2(h_2^3 - h_3^3) + t \cdot h_3^3] = \frac{1}{12} [(17 - 2 \cdot 2)(90^3 - 88^3) + 3(88^3 - 74^3) + 1 \cdot 74^3] = 154300 \text{ cm}^4$$

ergeben. Da dieses noch nicht ausreicht, müssen Gurtplatten aufgesetzt werden, die  $b = 180$  mm breit seien, damit sie die beiderseitigen Winkel um je 5 mm überdecken. Ihre Stärke läßt sich aus dem Trägheitsmoment, das durch sie verwirklicht werden soll, bestimmen. Aus

$$J - J_1 = 201900 - 154300 = 47600 \text{ cm}^4 = \frac{b - 2d}{12} (h^3 - h_1^3)$$

folgt:  $h^3 = \frac{12}{b - 2d} (J - J_1) + h_1^3 = \frac{12 \cdot 47600}{18 - 2 \cdot 2} + 90^3 = 769800 \text{ cm}^3$ ; also

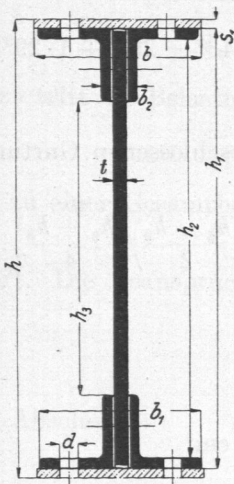


Abb. 583. Trägerquerschnitt.

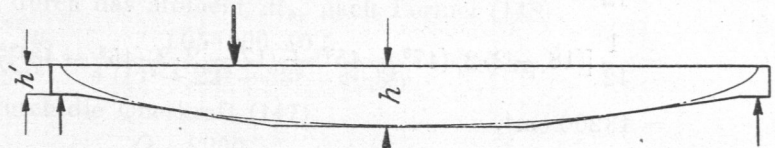


Abb. 583a. Form annähernd gleicher Festigkeit des Trägers Abb. 582.

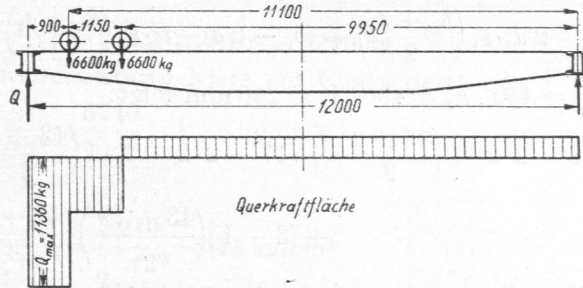


Abb. 584. Querkraftfläche des Kranbalkens Abb. 582, bei Endstellung der Laufkatze.

$h = 91,7$  cm. Daraus Gurtplattenstärke  $s_1 = \frac{h - h_1}{2} = 8,5$  mm.  $s_1$  abgerundet auf 10 mm. Wirkliches Trägheitsmoment des gesamten Querschnittes  $J_{ges} = 212270 \text{ cm}^4$ . Biegebeanspruchung  $\sigma'_b = 778 \text{ kg/cm}^2$ .

Die Stegbleche laufen, wie Abb. 582 zeigt, bis zu den äußeren Endquerträgern durch und sind der annähernd elliptischen Form gleicher Festigkeit durch Abschrägen der Enden angepaßt. Ihre Mindesthöhe am Ende  $h'$ , Abb. 583a, ergibt sich rechnerisch daraus, daß die größte Querkraft  $Q_{max}$  bei der Endstellung der Katze im wesentlichen durch die Schubspannung im Steg aufgenommen werden muß, weil in den Gurtwinkeln und Blechen nur geringe Schubspannungen entstehen können. Nach der Querkraftfläche, Abb. 584, wird in der Endstellung der Laufkatze:

$$Q_{max} = 6600 \cdot \frac{1110 + 995}{1200} = 11580 \text{ kg.}$$

so daß bei einer größten zulässigen Schubspannung  $k_s = 600 \text{ kg/cm}^2$  gemäß Zusammenstellung 8, lfde. Nr. 2, eine Höhe:

$$h' = \frac{3}{2} \frac{Q_{max}}{t \cdot k_s} = \frac{3}{2} \cdot \frac{11580}{1 \cdot 600} = 29 \text{ cm}$$

nötig ist. Gewählt wurde die Steghöhe  $h'$  namentlich in Rücksicht auf den Anschluß der Endquerträger zu  $h' = \frac{h}{2} = 450$  mm; Gesamthöhe einschließlich Gurtplatten 470 mm.

Biegebeanspruchung durch das Eigengewicht. Einer der Träger wiegt, reichlich gerechnet,  $Q = 1700$  kg. Unter der etwas zu günstigen Annahme, daß das Gewicht gleichmäßig auf der ganzen Länge verteilt betrachtet werden darf, wird die zusätzliche Beanspruchung in der Mitte des Trägers (vgl. Formel lfd. Nr. 9 der Zusammenstellung 5 S. 26):

$$\sigma_b'' = \frac{Q \cdot L \cdot h}{8 \cdot J \cdot 2} = \frac{1700 \cdot 1200 \cdot 46}{8 \cdot 212270} = 55 \text{ kg/cm}^2,$$

mithin die höchste Beanspruchung:  $\sigma_b = \sigma_b' + \sigma_b'' = 778 + 55 = 833 \text{ kg/cm}^2$ .

Berechnung der Nietteilung für den Anschluß der Gurtwinkel auf  $Q_{\max}$  in der Endstellung der Laufkatze nach Formel (145) bei  $k_n = 1200 \text{ kg/cm}^2$ . Dabei wird unter Benutzung der Buchstaben der Abb. 583 das Trägheitsmoment:

$$\begin{aligned} J' &= \frac{1}{12} [(b - 2d)(h^3 - h_1^3) + (b_1 - 2d)(h_1^3 - h_2^3) + b_2(h_2^3 - h_3^3) + t \cdot h_3^3] \\ &= \frac{1}{12} [(18 - 2 \cdot 2)(47^3 - 45^3) + (17 - 2 \cdot 2)(45^3 - 43^3) + 3(43^3 - 29^3) + 1 \cdot 29^3] \\ &= 43200 \text{ cm}^4, \end{aligned}$$

das statische Moment des Querschnittes der durch die Niete angeschlossenen Gurtung, wenn  $s_2$  die Dicke der Winkeleisen bezeichnet:

$$S = (b - 2d) \cdot s_1 \left( \frac{h_1 + s_1}{2} \right) + (b_1 - 2d - t) \cdot s_2 \left( \frac{h_2 + s_2}{2} \right) + (b_2 - t) \left( \frac{h_2 - h_3}{2} \right) \left( \frac{h_2 + h_3}{4} \right).$$

Mit  $h_1 = 450$ ,  $h_2 = 430$ ,  $h_3 = 290$  mm folgt:

$$\begin{aligned} S &= (18 - 2 \cdot 2) \cdot 1 \left( \frac{45 + 1}{2} \right) + (17 - 2 \cdot 2 - 1) \cdot 1 \left( \frac{43 + 1}{2} \right) \\ &\quad + (3 - 1) \left( \frac{43 - 29}{2} \right) \left( \frac{43 + 29}{4} \right) = 838 \text{ cm}^3, \end{aligned}$$

und die Nietteilung entsprechend Formel (145):

$$e = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot \frac{k_n \cdot J'}{Q_{\max} \cdot S} = \frac{\pi}{4} 2^2 \cdot \frac{1200 \cdot 43200}{11360 \cdot 838} = 17,1 \text{ cm},$$

also größer als der Grenzwert  $e = 6d = 120$  mm, der deshalb auf der ganzen Länge des Trägers, sowohl für die Hals-, wie die Kopfniete benutzt wurde.

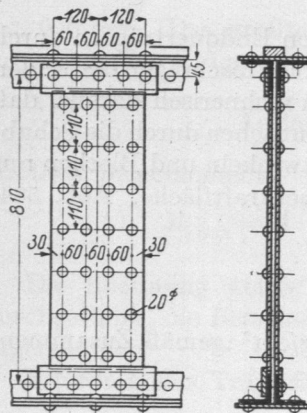


Abb. 585. Stegblechstoß.  
M. 1:20.

Das Stegblech ist in drei annähernd gleichlange Stücke geteilt und daher zweimal, bei I—I, Abb. 582, in den Entfernungen  $e = 4110$  mm von den Stegblechenden oder  $e' = 3960$  mm von den Laufrollenebenen gestoßen; außerdem wurde es durch Aufnieten von Versteifungswinkeln in je 1500 mm Entfernung voneinander versteift. Das Stegblech hat an den Stoßstellen noch die volle Höhe von  $h_1 = 900$  mm.

Berechnung des Stegblechstoßes, Abb. 585. Das Moment, das das Stegblech an der Stelle I aufzunehmen vermag und das daher auch durch die Verbindung zu übertragen ist, ergibt sich nach der Formel (146) bei einer Biegespannung von  $\sigma_b = 800 \text{ kg/cm}^2$ , die schätzungsweise unter Berücksichtigung der Wirkung des Eigengewichts des Trägers im Querschnitt I auftreten dürfte,

$$M_{bs} = W_s \cdot \sigma_b = \frac{t \cdot h_1^3}{6h} \cdot \sigma_b = \frac{1 \cdot 90^3}{6 \cdot 92} \cdot 800 = 1\,056\,000 \text{ kgcm}.$$

Die an der Stoßstelle auftretende größte Querkraft beträgt ungünstigenfalls, wenn nämlich das linke Rad der Laufkatze in Abb. 582 über dem Stoße steht:

$$Q = R \frac{(L - e' + L - e' - B)}{L} = R \frac{2L - 2e' - B}{L} = 6600 \frac{2 \cdot 1200 - 2 \cdot 396 - 115}{1200} = 8200 \text{ kg.}$$

Der Stoß wird durch zwei Laschen über dem Stegblech selbst sowie durch vier schmale Laschen auf den Gurtwinkeln gedeckt, Abb. 585. Die Niete für die letzteren mögen, um die Gurtwinkelteilung möglichst wenig zu stören, mit einer Teilung  $\frac{e}{2} = 60 \text{ mm}$  mitten zwischen die Halsniete gesetzt werden. Dabei kommt je eines auf die Stoßfuge zu liegen, Niete, die bei der folgenden Berechnung unberücksichtigt bleiben sollen. Nimmt man auf den Hauptlaschen des einfacheren Anreißens wegen zweireihige Parallelnietung und beiderseits des Stoßes je 14 Niete an, so ergibt sich nach Skizze 585 ein Nietabstand von 110 mm und eine Belastung  $N_1$  der Niete in der schmalen Lasche, die am weitesten von der Nulllinie abliegen, durch das Moment  $M_{bs}$  nach Formel (148):

$$N_1 = \frac{M_{bs} \cdot a_1}{\sum a^2} = \frac{1056000 \cdot 40,5}{4(11^2 + 22^2 + 33^2 + 40,5^2)} = 3210 \text{ kg.}$$

Dazu tritt die Belastung durch die Querkraft (147):

$$N_Q = \frac{Q}{n} = \frac{8200}{18} = 455 \text{ kg,}$$

die zu einer Gesamtbelastung:

$$N = \sqrt{N_Q^2 + N_1^2} = \sqrt{455^2 + 3210^2} = 3240 \text{ kg}$$

führt. Die Beanspruchung der zweischnittigen Niete auf Gleitwiderstand:

$$k_n = \frac{N}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{3240}{\frac{\pi \cdot 2^2}{4}} = 1030 \text{ kg/cm}^2,$$

auf Abscheren:

$$\sigma_s = \frac{N}{2 \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{3240}{2 \cdot \frac{\pi 2^2}{4}} = 515 \text{ kg/cm}^2$$

und auf Leibungsdruck:

$$p_0 = \frac{N}{d \cdot t} = \frac{3240}{2 \cdot 1} = 1620 \text{ kg/cm}^2$$

sind im Vergleich mit den Zahlen der Zusammenstellung 79 und den preußischen Ministerialbestimmungen über Hochbauten, Seite 311, niedrig; die Ausführung ist also ohne weiteres zulässig.

Eine Verminderung der Niete in der Hauptlasche auf 12 würde zwar zu einer besseren Ausnutzung derselben, aber zu einer Überschreitung der Mindestentfernung  $6d = 120 \text{ mm}$  führen und ist deshalb nicht empfehlenswert.

Berechnung der Gurtstöße, Abb. 586. Der Stoß der Gurtbleche  $a$  ist am Untergurt durch eine 180 mm breite, 10 mm dicke

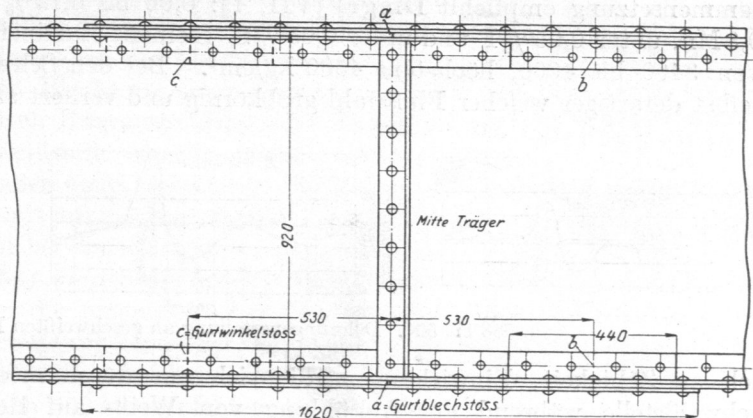


Abb. 586. Gurtstöße am Blechträger Abb. 582.

die flache Kranschiene und zwei daneben angeordnete Laschen von 70 mm Breite und 12 mm Stärke gedeckt. Dieselben Stücke dienen dem gleichen Zweck an den um 530 mm



beiderseits der Mitte versetzten Stößen  $b$  und  $c$  der Gurtwinkel und mußten deshalb ziemlich lang gehalten werden.

Kraft im Gurtblech; vgl. Abb. 583,  $P_1 \approx (b - 2d) \cdot s_1 \cdot \sigma_b = (18 - 2 \cdot 2) \cdot 1 \cdot 833 = 11660$  kg. Anzahl der zur Übertragung nötigen einschnittigen Niete von je

$$N = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot k_n = \frac{\pi}{4} 2^2 \cdot 600 = 1880 \text{ kg Tragfähigkeit:}$$

$$n' = \frac{P_1}{N} = \frac{11660}{1880} = 6,2,$$

beiderseits also je drei Niete.

Kraft in einem der Gurtwinkel  $P_2 \approx f \cdot \sigma_b = 15,1 \cdot 833 = 12580$  kg. Nietzahl:

$$n'' = \frac{P_2}{N} = \frac{12580}{1880} = 6,7,$$

rund je vier Niete für jeden Flansch. Aus diesen Zahlen ergibt sich konstruktiv die Länge der Deckstreifen und die Lage der Stöße der einzelnen Teile.

### Siebenter Abschnitt.

## Verbindungen durch Schweißen und Löten.

### I. Schweißen.

Unter Schweißen versteht man die Vereinigung zweier Stücke durch Druck- oder Schlagwirkung im hochehitzen, festen oder teigigen Zustande, faßt darunter aber auch die neueren Verfahren zusammen, die auf dem unmittelbaren Zusammenschmelzen der Teile oder auf dem Einschmelzen von Werkstoff längs der Fuge beruhen (Schmelzschweißung). Die erste Art wird beim Schweißen im Koksfeuer und in der Wassergasflamme vorzugsweise auf weichen Schweiß- und Flußstahl angewendet, wobei die Vereinigung um so leichter und sicherer möglich ist, je ärmer das Eisen an Kohlenstoff ist. Hoher Kohlenstoffgehalt macht das Eisen gegenüber den notwendigen beträchtlichen Hitzegraden empfindlich. Mangan scheint günstig, Silizium in Mengen von mehr als 0,2% ungünstig zu wirken. Als geeignetste Zusammensetzung empfiehlt Diegel [VII, 1]: 0,06 bis 0,12% C, unter 0,01% Si, 0,45 bis 0,8 Mn, unter 0,05% P und unter 0,05% S. Siemens-Martineisen zeigt dabei Festigkeiten von 3400 bis 4000, höchstens 4500 kg/cm<sup>2</sup>. Bei den Schweißtemperaturen wird aber selbst derartiger weicher Flußstahl grobkörnig und verliert an Festigkeit, sowie nament-

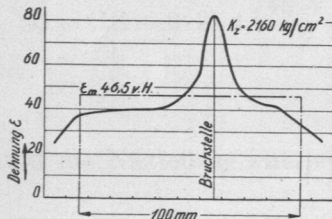


Abb. 587. Dehnungsverteilung an einem ungeschweißten Kupferstab.

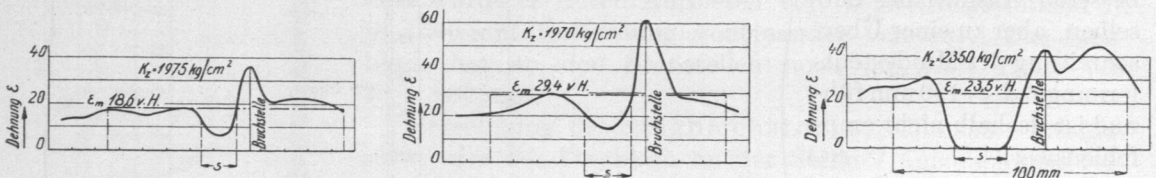


Abb. 588 bis 590. Dehnungsverteilung an geschweißten Kupferstäben.

lich an Zähigkeit, Einwirkungen, die sich nur durch mechanische Bearbeitung der Schweißstelle während der Abkühlung von Weiß- auf Rotglut, durch Walzen oder Hämmern genügend beseitigen lassen.

Den Einfluß dieser nachträglichen Bearbeitung zeigen deutlich die Abb. 587 bis 590, die bei Zugversuchen gewonnen wurden, welche Verfasser Gelegenheit hatte, an Kupferstäben durchzuführen, die nach dem Canzlerschen Verfahren schräg überlappt geschweißt