

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

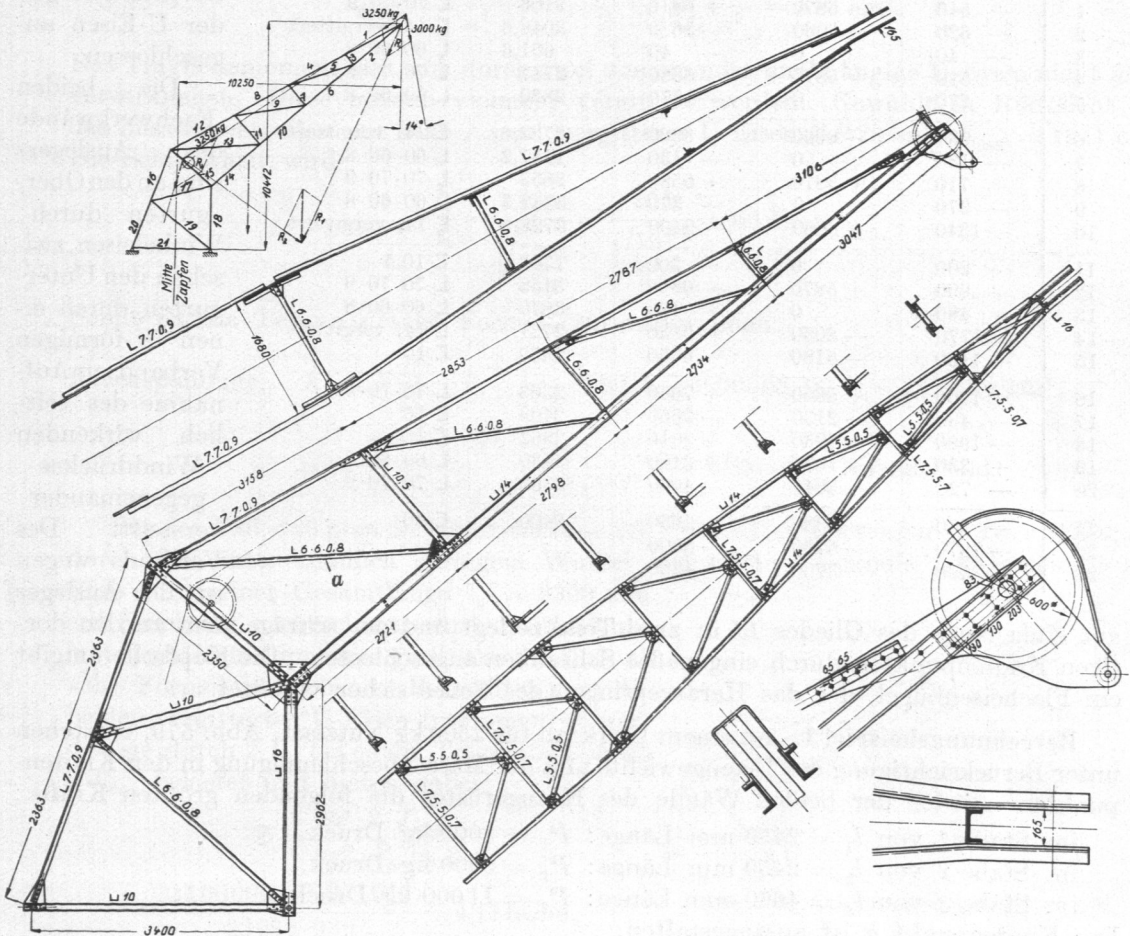


Abb. 578. Ausleger eines Drehkranes für 2500 kg Nutzlast. Ausführung der Deutschen Maschinenbau A.-G., vorm. Benrather Maschinenfabrik A.-G. M. 1: 100.

Größe und Verteilung der äußeren Kräfte wiedergegeben. Es ist angenommen, daß die Last an der Kopfrolle ungünstigerweise unter 14° 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 $\mathcal{S} = 5$ 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:

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

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:

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

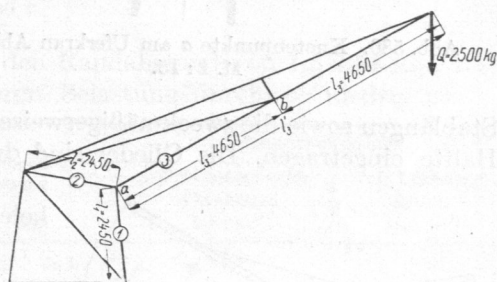


Abb. 579. Uferkranausleger. M. 1 : 200.

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 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:

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

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.

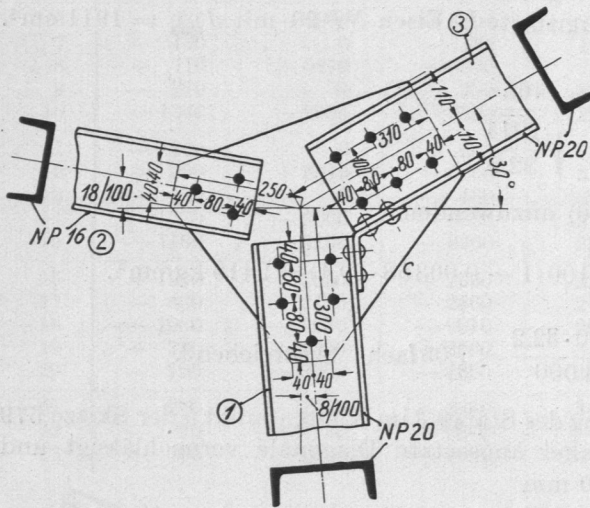


Abb. 580. Knotenpunkte a am Uferkran Abb. 579. M. 1:15.

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.

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.

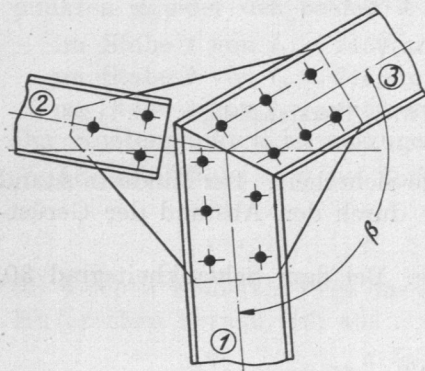


Abb. 581. Ausbildung des Knotenpunktes a unter Zusammenpassen der Stäbe 1 und 3. M. 1:15.

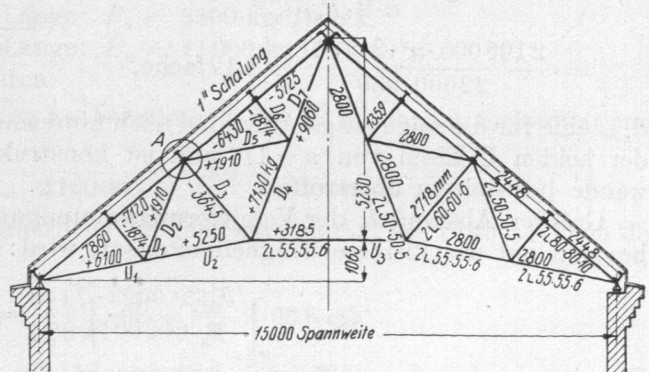


Abb. 581a.

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

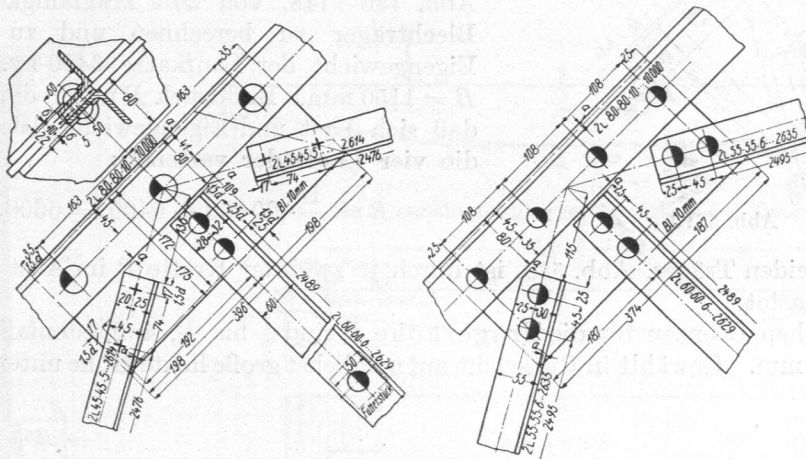


Abb. 581 b und c.

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 ²	auf Leibungs- druck kg/cm ²
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/cm².

Durch schräges Abschneiden ist es möglich, die Größe des Knotenbleches einzuschränken 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

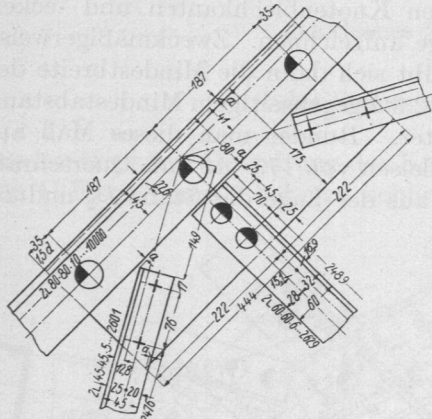


Abb. 581d.

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:

$$R = \frac{1}{4} \cdot (20\,000 + 6400) = 6600 \text{ kg.}$$

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:

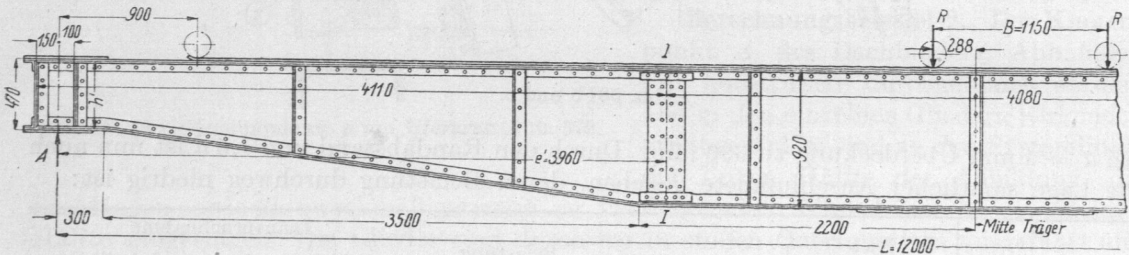


Abb. 582. Blechträger zum Laufkran von 20 t Nutzlast und 12 m Spannweite. M. 1 : 50.

$h \approx 900$ 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

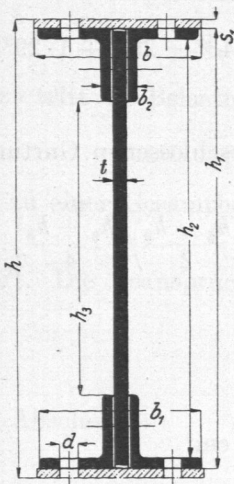


Abb. 583. Trägerquerschnitt.

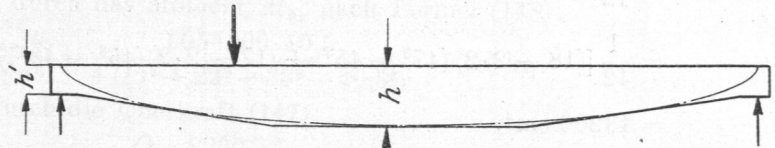


Abb. 583a. Form annähernd gleicher Festigkeit des Trägers Abb. 582.

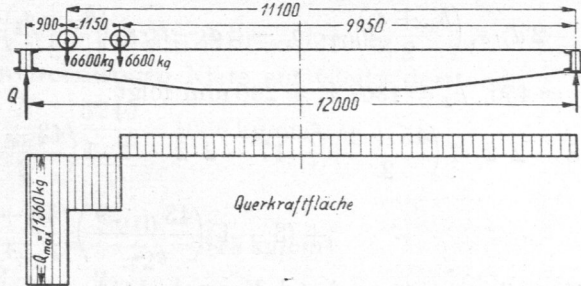


Abb. 584. Querkraftfläche des Kranbalkens Abb. 582, bei Endstellung der Laufkatze.

$h = 91,7$ 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.

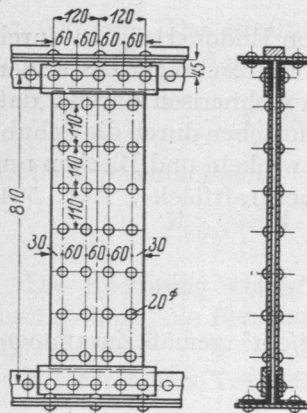


Abb. 585. Stegblechstoß.
M. 1:20.

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:

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

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

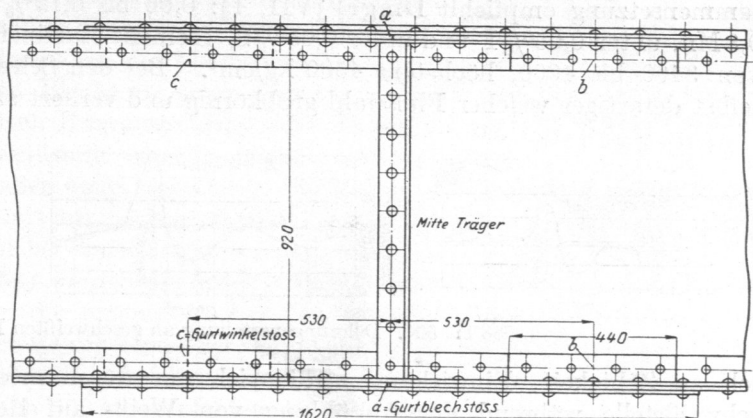


Abb. 586. Gurtstöße am Blechträger Abb. 582.

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, $P_1 \approx (b - 2d) \cdot s_1 \cdot \sigma_b = (18 - 2 \cdot 2) \cdot 1 \cdot 833 = 11660 \text{ kg}$. 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 $P_2 \approx f \cdot \sigma_b = 15,1 \cdot 833 = 12580 \text{ kg}$. 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 0,20% 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/cm². Bei den Schweißtemperaturen wird aber selbst derartiger weicher Flußstahl grobkörnig und verliert an Festigkeit, sowie nament-

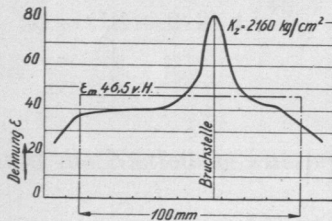


Abb. 587. Dehnungsverteilung an einem ungeschweißten Kupferstabe.

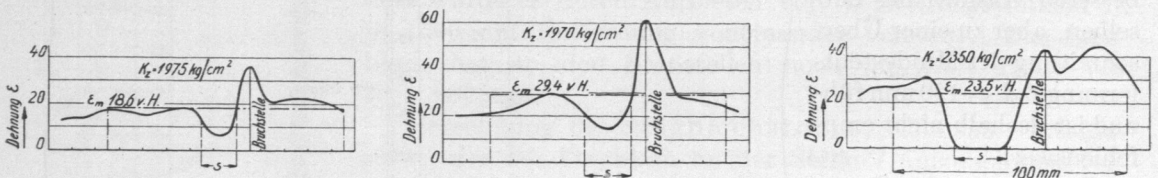


Abb. 588 bis 590. Dehnungsverteilung an geschweißten Kupferstäben.

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