

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 genauere 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 ²	In 3 und mehr Reihen hintereinander kg/cm ²
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

$$P = n \cdot d \cdot t \cdot p_0 \tag{143}$$

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/cm² Spannung an der Streckgrenze mit $k_z = k_b = 1400$ kg/cm² 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 φ_0 zu multiplizieren sind, während im Maschinenbau meist nur mit den statisch ermittelten Kräften gerechnet wird. φ_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 φ_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 ²
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 ²	Hochwertigem Baustahl v. $K_z = 4800 \dots 5800 \text{ kg/cm}^2$ und $\delta_t \geq 18\%$ kg/cm ²
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 ² 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

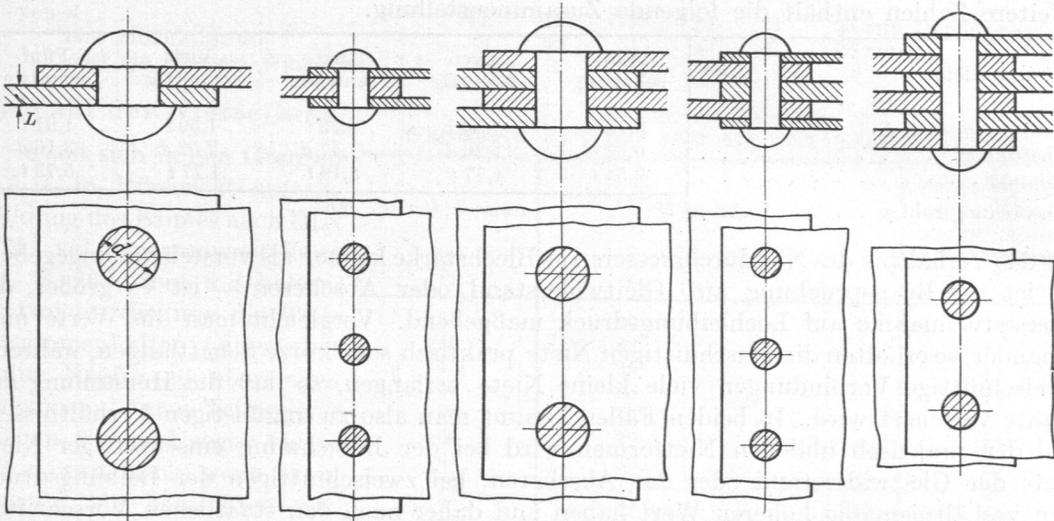


Abb. 550 bis 554. Niete gleicher Widerstandsfähigkeit gegenüber Abscheren und Lochleibungsdruck.

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 φ 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 φ	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 +⁹. 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-

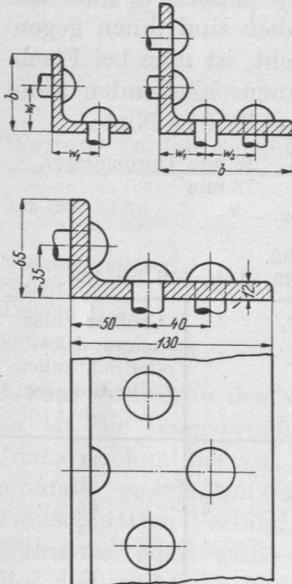


Abb. 556—558.
Nietverbindungen an Winkel-
eisen. M 1 : 5.

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:

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

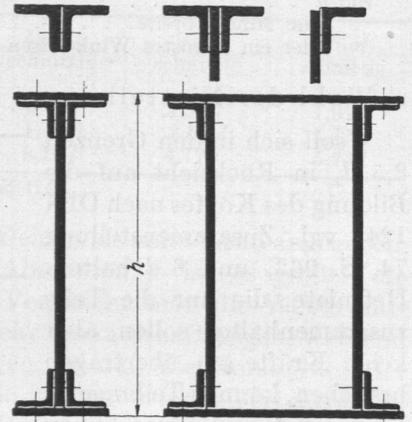


Abb. 559—563.
Anschlüsse von Winkeleisen und Aus-
bildung von Blechträgern.

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/cm²,

an Kranträgern für Hebezeuge mit geringen Geschwindigkeiten (Handbetrieb) zu 900 bis 1100 kg/cm²,

bei mittleren und hohen Geschwindigkeiten zu 700 bis 900 kg/cm² angenommen werden,

an Hochbauten nach [VI, 6] bei Verwendung von Stahl 37 · 12 zu 1200 kg/cm²,

bei Verwendung von hochwertigem Stahl von 4800 bis 5800 kg/cm² Festigkeit und $\delta_l \geq 18\%$ Bruchdehnung zu 1560 kg/cm².

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-