

durch $\frac{1}{3} P$. Danach müßten sich dieselben Strecken an den beiden Stäben verschieden stark dehnen, z. B. der untere Stab zwischen Reihe 1 und 2 um das doppelte wie der obere. Das ist unmöglich und deshalb die vorausgesetzte Kraftverteilung ausgeschlossen. Die äußeren Niete werden stärker beansprucht als die mittleren. Zudem sind die Bleche in den Querschnitten 1 und 3 durch je 2 Nietlöcher geschwächt. Günstiger in bezug auf diesen Gesichtspunkt ist die Anordnung Abb. 464; dafür sind aber die Unterschiede der elastischen Formänderungen der beiden Bleche noch größer.

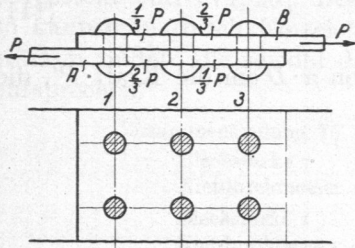


Abb. 463. Zur Kräfteverteilung in einer mehrreihigen Nietverbindung.

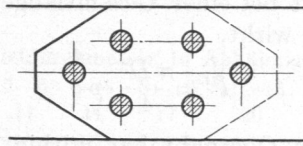


Abb. 464.

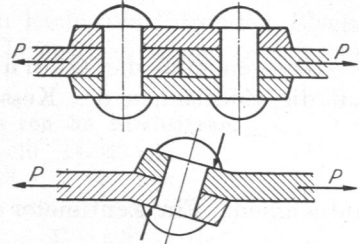


Abb. 465 und 466. Zwei- und einschneittige Nietverbindung.

3. Mehrschnittige Niete zeigen geringere Widerstandsfähigkeit als der Zahl der Schnitte entspricht. Die zweischnittigen Niete der Doppellaschen-Nietung, Abb. 465, gaben z. B. 906 kg/cm² Gleitwiderstand gegenüber 1186 kg/cm² der Verbindung nach Abb. 466. Die Ursache liegt darin, daß Verschiedenheiten in den Blechstärken der zu verbindenden Enden die Laschen nicht vollkommen anliegen lassen. Außerdem fällt das auf Klemmung wirkende Kräftepaar weg. Es empfiehlt sich daher, bei mehrschnittigen Nietungen verhältnismäßig niedrigere Belastungen zu wählen.

4. Versenkte Niete haben geringere Schaftlängen, geben deshalb bedeutend niedrigeren Gleitwiderstand und sind auch wegen der teureren Ausführung entsprechender Verbindungen möglichst zu vermeiden.

B. Feste und dichte Nietverbindungen.

Die wichtigsten Beispiele bieten die Nietnähte der Dampfkessel. Die einzelnen Teile der letzteren, die Schüsse, haben meist zylindrische Form; an ihnen unterscheidet man die Quernähte *Q*, Abb. 467, und die Längsnähte *L*, von denen die ersteren halb so stark beansprucht sind wie die letzteren. Denkt man sich nämlich aus einem Kessel vom Durchmesser *D*, Abb. 468, einen Streifen von der Breite *e* herausgeschnitten, so haben die Längsnähte auf der Länge *e* die von dem innern Überdruck *p* herführende Kraft von je

$$P_e = \frac{D \cdot e \cdot p}{2} \text{ kg} \quad (110)$$

auszuhalten, wie man aus der Gleichgewichtsbedingung in Richtung der Kräfte P_e erkennt. $2 P_e$ muß gleich der Summe der Seitenkräfte der Drucke sein, die auf die einzelnen Flächenteile wirken. Greifen wir ein beliebiges Element von der Größe df unter dem Winkel α gegenüber der Krafrichtung heraus, so wirkt auf dieses der Druck $p \cdot df$. Die Seitenkraft in Richtung von P_e ist $p \cdot df \cdot \cos \alpha$. Das Gleichgewicht verlangt, daß

$$2 P_e = \int p \cdot df \cdot \cos \alpha = p \cdot \int df \cdot \cos \alpha$$

sei. Nun ist aber $df \cdot \cos \alpha$ die Projektion des Elementes auf die Ebene *AB*, während das Integral die gesamte Projektion der Halbzylinderfläche auf *AB*, das ist ein Rechteck

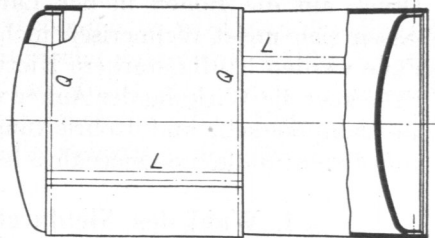


Abb. 467. Längs- und Quernähte an einem Kessel.

von der Größe $D \cdot e$, darstellt; daher ist

$$2 P_e = D \cdot e \cdot p$$

und

$$P_e = \frac{D \cdot e \cdot p}{2}.$$

Auf jeden Zentimeter Nietnaht kommen

$$P_{1\text{cm}} = \frac{D \cdot p}{2} \text{ kg.} \quad (111)$$

Dagegen muß die Quernaht bei einer Gesamtlänge von $\pi \cdot D$ cm die Kraft P' , die auf die Endflächen des Kessels wirkt,

$$P' = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p$$

aufnehmen. Ein Zentimeter der Quernaht hat mithin

$$P'_{1\text{cm}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4 \pi D} = \frac{D \cdot p}{4} \text{ kg,} \quad (112)$$

d. i. nur halb so viel wie ein solcher der Längsnaht, zu übertragen. Es genügt daher oft, die Längsnahte zylindrischer Kessel und Rohre zu berechnen. Verlangen diese z. B. zweireihige Nietung, so reicht für die Quernahte einreihige mit den gleichen Nieten

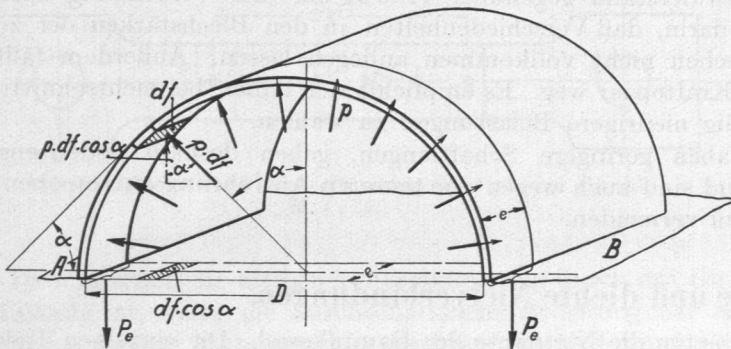


Abb. 468. Zur Ermittlung der Belastung der Längsnaht.

und der gleichen Teilung aus. Die Beanspruchung in der Quernaht kann verringert werden, wenn die Kraft P' auf die Endflächen des Kessels teilweise durch Anker oder Feuerrohre aufgenommen wird, andererseits aber beträchtlich erhöht werden, wenn Flammrohre, die stärker erhitzt werden als die Mantelbleche, durch ihre Ausdehnung einen

Druck auf die Böden in der Längsrichtung des Kessels ausüben. Diese Zusatzkräfte lassen sich meist rechnerisch nicht sicher ermitteln; im zweiten der eben aufgeführten Fälle werden häufig stärkere Nietungen als rechnermäßig nötig, ausgeführt, im ersten Falle aber die Wirkung der Anker vernachlässigt. Durch zu große Entfernung der Stützen an Dampfkesseln und Rohrleitungen treten Biegebeanspruchungen in den Wandungen auf, die ebenfalls die Quernahte höher belasten und Undichtigkeiten hervorrufen können.

1. Wahl des Nietdurchmessers im Verhältnis zur Blechstärke.

Je größer die Nietquerschnitte sind, desto bedeutender werden naturgemäß die Gleitwiderstände, weil die Bleche stärker aufeinander gepreßt werden. Erfahrungsgemäß pflegen die Nietdurchmesser bei starken Blechen etwa gleich der Blechstärke t , bei schwächeren dagegen verhältnismäßig größer genommen zu werden.

Bach gibt für den Durchmesser d die folgenden Erfahrungsformeln:

- A. bei einschnittigen Nietungen $d = \sqrt{5} t - 0,4 \text{ cm,}$
- B. bei zweisechnittigen, einreihigen $d = \sqrt{5} t - 0,5 \text{ cm,}$
- C. bei zweisechnittigen, zweireihigen $d = \sqrt{5} t - 0,6 \text{ cm,}$
- D. bei zweisechnittigen, dreireihigen $d = \sqrt{5} t - 0,7 \text{ cm.}$

Die Verminderung der Nietdurchmesser bei den zweischnittigen oder Doppellaschenverbindungen, die durch die letzten Glieder der Formeln angedeutet ist, erklärt sich daraus, daß die Niete nur die Aufgabe haben, die dünneren Laschen an die Bleche anzudrücken.

Trägt man die Werte zeichnerisch auf, und zwar die Blechstärken als Abszissen, die zugehörigen Nietdurchmesser als Ordinaten, so erhält man die Linien *A* bis *D* der Abb. 469. Dieckhoff gibt nach praktischen Ausführungen Zahlen, die durch die gestrichelte Fläche dargestellt sind [VI, 20]. Beschränkt man sich nun auf die Nietdurchmesser der DIN 123, so kann man durch Einzeichnen der wagrechten Strecken leicht die folgenden Blechstärken finden, die sowohl den Bachschen wie auch den Dieckhoffschen Zahlen gut entsprechen.

Zusammenstellung 75. Nietdurchmesser in Abhängigkeit von der Blechstärke.

Blechstärke <i>t</i>	5—6	6—8	8—12	11—15	14—19	18—23 mm
Nietdurchmesser <i>d</i>	11	14	17	20	23	26 mm
Blechstärke <i>t</i>	22—27	27—31	31—35	35—38	38—41 mm	
Nietdurchmesser <i>d</i>	29	32	35	38	41 mm	

Soweit zu den einzelnen Blechdicken zwei Nietdurchmesser angegeben sind, wird man den kleineren im Falle zweischnittiger oder vielreihiger Nietungen nehmen.

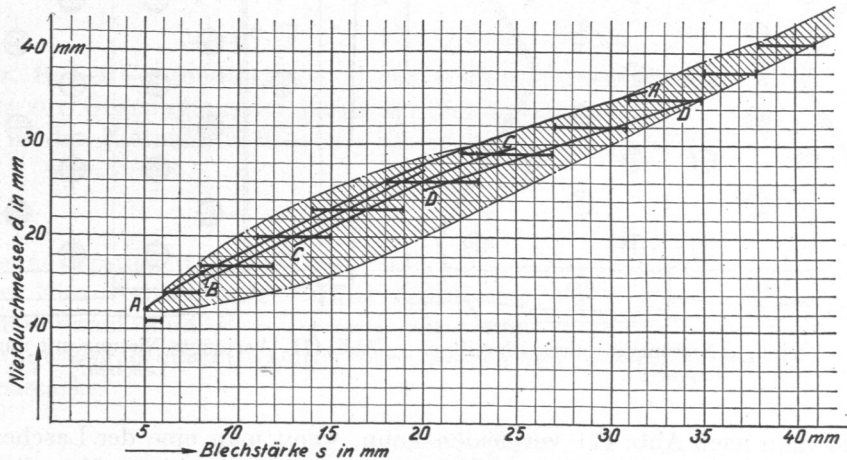


Abb. 469. Beziehung zwischen Nietdurchmesser und Blechstärke.

Sind mehr als zwei übereinanderliegende Bleche zu verbinden, so wird man den Nietdurchmesser etwas größer als der Dicke der einzelnen Bleche entspricht, wählen.

An ein und demselben Konstruktionsteil sollen möglichst nur Niete gleichen Durchmessers Verwendung finden. Beispielweise nimmt man an allen Nähten eines zylindrischen Kessels die gleichen Niete, selbst wenn die Belastung der Quernaht geringere Abmessungen zulassen würde.

2. Allgemeines zur Wahl der Nietteilung.

An festen und dichten Verbindungen ist bei der Wahl der Entfernung der einzelnen Niete voneinander zu berücksichtigen:

- die Möglichkeit, die Nietköpfe zu bilden,
- die Dichtheit der Naht,
- die Schwächung des Bleches.

Aus der Bedingung a) ergibt sich die untere Grenze

$$e_{\min} = 2d,$$

eine Entfernung, die bei Verwendung der üblichen, erhabenen Kopfformen zum Aufsetzen des Schellhammers oder des Stempels der Nietmaschine nötig ist.

Zu b. Für die Dichtheit der Naht ist die Möglichkeit, die Blechkante zu verstemmen, entscheidend; ist die Nietteilung zu groß, so federt das Blech. Als Grenze darf $e_{\max} = 8 t_1$ gelten, wenn t_1 die Stärke des zu verstemmenden Bleches oder der Lasche bedeutet. Den Abstand der ersten Nietreihe von der Blechkante wählt man meist zu $1,5 \dots 1,6 d$, an dünnen Laschen geht man auf $1,35 d$ herunter.

Punkt c) verlangt möglichst große Teilung, namentlich in den äußeren Nietreihen und führt zu den verjüngten Nietungen, Abb. 470.

Wird dabei die Entfernung der Niete größer als nach Bedingung b) zulässig ist, so müssen die Bleche oder Laschen ausgeschweift werden. Eine teure und umständliche

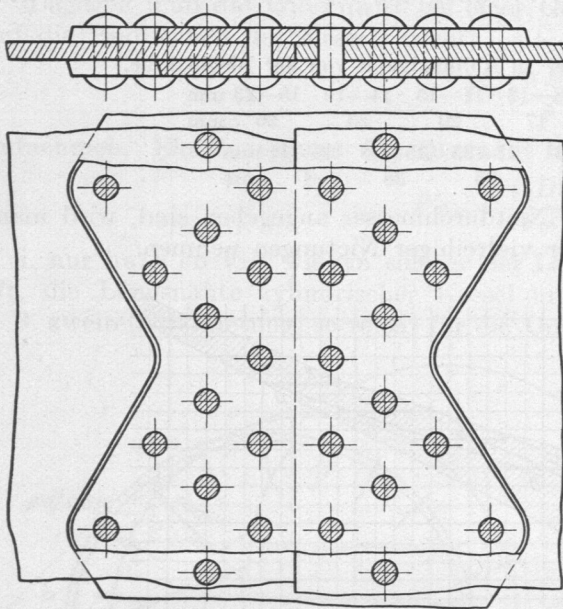


Abb. 470. Verjüngte Nietung mit ausgeschweiften Laschen.

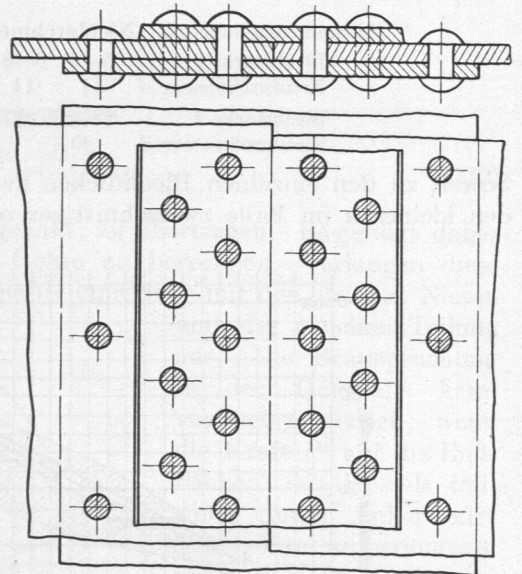


Abb. 471. Verjüngte Nietung mit ungleichbreiten Laschen.

Arbeit, die man nach Abb. 471 vermeiden kann, wenn man eine der Laschen schmäler hält, wobei allerdings die äußersten Niete einschnittig werden. Nur die schmalere Lasche, die die inneren, engeren Nietreihen umfaßt, kann verstemmt werden.

Kesselbleche. Über Anforderungen in bezug auf Festigkeit und Proben, vgl. S. 84, über den Wert großer Zähigkeit bei Kesselbaustoffen S. 5.

Bei der Ermittlung der Blechstärken sind für Schweißstahl und die drei Flußstahl-sorten I, II, III die folgenden einheitlichen Berechnungsfestigkeiten zu benutzen, deren Berechtigung aus dem Umstande hergeleitet wird, daß alle Bleche einer Gruppe, z. B. mit 3400 bis 4100 kg/cm² Festigkeit annähernd das gleiche Arbeitsvermögen haben.

$K_z = 3300 \text{ kg/cm}^2$ bei Schweißstahl,

$K_z = 3600 \text{ kg/cm}^2$ bei Flußstahl I von 3400 bis 4100 kg/cm² Zugfestigkeit.

$K_z = 4000 \text{ kg/cm}^2$ bei Flußstahl II von 4000 bis 4700 kg/cm² Zugfestigkeit.

$K_z = 4400 \text{ kg/cm}^2$ bei Flußstahl III von 4400 bis 5100 kg/cm² Zugfestigkeit.

3. Einschnittige Nietverbindungen.

Sie können als Überlappungs- oder als einseitige Laschennietungen, Abb. 472 und 473, ausgeführt werden. Bei der ersten Art sind die Bleche unmittelbar übereinander gelegt und müssen dementsprechend vorgebogen sein. Die zweite Verbindung ist durch die Bearbeitung einer besonderen Lasche und durch die doppelt so große Zahl der Niete teurer und wegen des Wegfalls des auf Klemmung wirkenden Kräftepaars ungünstiger.

Sie wird deshalb selten angewendet. Bei beiden Arten treten Biegemomente im Blech oder in der Lasche auf, welche die Wahl einer geringeren Beanspruchung auf Zug oder eine Zugabe zur Wandstärke, namentlich bei dünneren Blechen verlangen. Bezüglich der Berechnung beider Nietungen besteht kein Unterschied.

a) **Einschnittige, einreihige Vernietung**, Abb. 449. Wird die Teilung e zwischen den einzelnen Nieten nach Bach zu

$$e = 2d + 0,8 \text{ cm} \quad (113)$$

angenommen, so läßt sich die Schwächung des Bleches für die verschiedenen Nietdurchmesser im voraus berechnen. Auf einen Blechstreifen von der Breite e kommt ein Nietloch, daher ist das Verhältnis φ des Blechquerschnittes in der Nietnaht zum ungeschwächten Bleche, die Schwächungszahl,

$$\varphi = \frac{e-d}{e} = \frac{d+0,8}{2d+0,8}. \quad (113a)$$

Für	$d = 1,1$	1,4	1,7	2,0	2,3 cm
wird	$\varphi = 0,63$	0,61	0,59	0,58	0,57,

so daß z. B. bei Verwendung von 11 mm starken Nieten nur noch 63% des Blechquerschnittes zur Übertragung der Kraft zur Verfügung stehen.

Der in der Nietnaht vorhandene Querschnitt muß nach Formel (110) die Kraft

$$P_e = \frac{D \cdot e \cdot \varphi}{2}$$

durch seine Festigkeit aufnehmen, falls man sicherheitshalber den Gleitwiderstand vor dem Niet vernachlässigt. Unter Einführung des Wertes φ ist dieser Querschnitt $t \cdot e \cdot \varphi$, und damit muß $P_e = t \cdot e \cdot \varphi \cdot k_z$ sein, wenn k_z die zulässige Beanspruchung des Bleches auf Zug bedeutet. Durch Gleichsetzen der beiden Werte für P_e findet man die Blechstärke

$$t = \frac{D \cdot \varphi}{2 \varphi \cdot k_z}. \quad (114)$$

Diese Grundformel läßt sich auch an einem aus dem Kessel herausgeschnittenen Streifen von einem Zentimeter Breite leicht ableiten. Die zu übertragende Kraft ist

$$\frac{D \cdot 1 \cdot \varphi}{2}$$

und die Widerstandsfähigkeit des im Verhältnis φ geschwächten Querschnittes $1 \cdot t \cdot \varphi \cdot k_z$; daraus folgt, wie oben:

$$t = \frac{D \cdot \varphi}{2 \varphi \cdot k_z}.$$

Nach den polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Kesseln [VI,3,4] soll zur errechneten Blechstärke ein Zuschlag von 0,1 cm gegeben werden, so daß die Formel für die Berechnung der Wandstärke von Dampfkesseln lautet:

$$t = \frac{D \cdot \varphi}{2 \varphi \cdot k_z} + 0,1 \text{ cm}. \quad (115)$$

Für φ wird man bei der ersten Berechnung, um sicher zu gehen, einen der kleineren Werte, z. B. 0,58, wählen, wenn der Nietdurchmesser nicht geschätzt und damit φ genauer festgelegt werden kann.

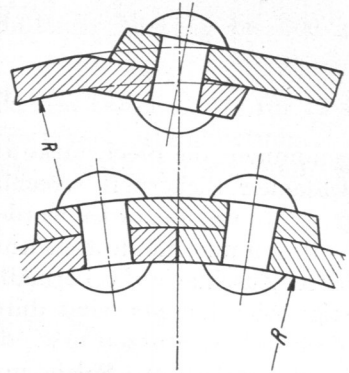


Abb. 472 und 473. Einschnittige Überlappungs- und einseitige Laschennietung.

Die Zugbeanspruchung k_z darf nach den polizeilichen Bestimmungen, wenn K_z die Zugfestigkeit der Bleche bedeutet, und die Löcher gebohrt sind,

$$\text{bei Handnietung zu } \frac{K_z}{4,75},$$

$$\text{bei Maschinennietung zu } \frac{K_z}{4,5}$$

genommen, die Blechstärke also, ohne Berücksichtigung des Zuschlages, mit $\zeta = 4,75$ - und $4,5$ facher Sicherheit errechnet werden. Sind die Nietlöcher an schwächeren Blechen ($t \leq 27$ mm) gelocht worden, so ist der Sicherheitsgrad um $0,25$ zu erhöhen. Bei gelochten und mindestens um $\frac{1}{4}$ des Nietlochdurchmessers aufgebohrten Löchern kann dieser Zuschlag auf $0,1$ ermäßigt werden. Auch zu befürchtendes starkes Abrosten oder sonstige Abnutzungen sind durch entsprechende Zuschläge auszugleichen. Ausschnitte für Mannlöcher, Stutzen usw., durch welche die Wandung geschwächt wird, können stärkere Bleche verlangen. Solche unter 7 mm Dicke sollen für gewöhnliche Kessel nicht Verwendung finden; sie sind nur an kleinen Kesseln für Feuerspritzen, Kraftfahrzeuge u. dgl. zulässig.

Mit der Blechstärke t ist auch der Nietdurchmesser d nach der Zusammenstellung 75 S. 273 und die Teilung e nach der Formel (113) gegeben. Letztere wird abgerundet oder bei bestimmter Länge der Naht so gewählt, daß eine ganze Zahl von Teilungen entsteht. Schließlich ist die Verbindung auf Gleiten und, da φ zunächst geschätzt war, die Zugbeanspruchung in dem schwächsten Blechquerschnitt nochmals nachzurechnen und gegebenenfalls abzuändern, wobei die tatsächliche Beanspruchung unter Abzug des Zuschlags von $0,1$ cm zur Blechstärke aus

$$\sigma_z = \frac{P_e}{(t-0,1)(e-d)} = \frac{D \cdot e \cdot p}{2(t-0,1)(e-d)} \quad (116)$$

folgt, einer Formel, die sich auch durch Umformen von (115) unter Benutzung von (113a) ergibt. σ_z darf das in den Bestimmungen festgelegte k_z nicht überschreiten.

Der Gleitwiderstand der vorliegenden Verbindung beträgt, da auf die Breite e ein Niet kommt,

$$\frac{\pi d^2}{4} k_n \text{ kg.}$$

Durch Gleichsetzen mit der zu übertragenden Kraft

$$P_e = \frac{D \cdot e \cdot p}{2}$$

ergibt sich die spezifische Belastung auf Gleiten

$$k_n = \frac{D \cdot e \cdot p}{2 \frac{\pi}{4} d^2} \quad (117)$$

k_n darf nach den polizeilichen Bestimmungen [VI, 3, 4] unabhängig von der Zahl der Nietreihen bei einschnittigen Nieten höchstens 700 kg/cm^2 betragen, sofern keine höhere Zugfestigkeit des Werkstoffes der Niete als 3800 kg/cm^2 nachgewiesen wird. Trifft das aber zu, so kann die Beanspruchung entsprechend der Wurzel aus dem Quotienten der nachgewiesenen Festigkeit und der Zahl 3800 erhöht werden. Da z. B. nach den Vorschriften Nieteisen bis zu 4700 kg/cm^2 Zugfestigkeit zugelassen ist, so folgt die zulässige Höchstbeanspruchung der aus solchem Stahl gefertigten Niete:

$$700 \cdot \sqrt{\frac{4700}{3800}} = 777 \text{ kg/cm}^2.$$

Bach empfiehlt, bei einreihigen, einschnittigen Nietungen $k_n = 600$ bis 700 kg/cm^2 zu nehmen.

Um einen Vergleich der einzelnen Nietverbindungen untereinander zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, die Kraft anzugeben, welche ein Zentimeter Nahtlänge nach Formel (111) übertragen kann. $P_{1\text{cm}} = \frac{D \cdot p}{2}$ darf bei einreihiger, einschnittiger Nietung bis 500 kg betragen.

Zahlenbeispiel. Längsnaht an einem Dampfrohr von 500 mm Durchmesser für 12 at Überdruck. Werkstoff: Flußstahlblech von 3800 kg/cm² Festigkeit. Handnietung.

Da für die Berechnung nach S. 274, $K_z = 3600$ kg/cm², gesetzt werden muß, ist

$$k_z = \frac{K_z}{\zeta_H} = \frac{3600}{4,75} = 758 \text{ kg/cm}^2.$$

Blechstärke gemäß (115):

$$t = \frac{D \cdot p}{2 \varphi \cdot k_z} + 0,1 = \frac{50 \cdot 12}{2 \cdot 0,58 \cdot 758} + 0,1 = 0,78 \text{ cm}.$$

Wegen Abrostens werde gewählt:

$$t = 9 \text{ mm}.$$

Nietdurchmesser: $d = 17$ mm, Teilung $e = 2d + 0,8 = 2 \cdot 1,7 + 0,8 = 4,2$ cm.

Kraft, die auf eine Teilung entfällt:

$$P_e = \frac{D \cdot e \cdot p}{2} = \frac{50 \cdot 4,2 \cdot 12}{2} = 1260 \text{ kg}.$$

Beanspruchung auf Gleiten:

$$k_n = \frac{P_e}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{1260}{\frac{\pi}{4} \cdot 1,7^2} = 555 \text{ kg/cm}^2,$$

Beanspruchung in der Nietnaht (116):

$$\sigma_z = \frac{P_e}{(t - 0,1)(e - d)} = \frac{1260}{(0,9 - 0,1)(4,2 - 1,7)} = 630 \text{ kg/cm}^2.$$

b) Einschnittige, zweireihige Vernietung. Abb. 474: Parallelnietung, Abb. 475: Zickzacknietung.

Die Teilung kann bei letzterer etwas größer gewählt werden, weil durch die gegeneinander versetzten Niete die Dichtheit besser gewährleistet ist. Bach gibt an:

$$\text{für Parallelnietung} \quad e = 2,6d + 1,0 \text{ cm}, \quad (118)$$

$$\text{für Zickzacknietung} \quad e = 2,6d + 1,5 \text{ cm}. \quad (119)$$

Der Gang der Berechnung entspricht ganz dem voranstehenden. Die Schwächung des Bleches ist dargestellt durch:

$$\text{für Parallelnietung} \quad \varphi_p = \frac{e - d}{e} = \frac{1,6d + 1,0}{2,6d + 1,0},$$

$$\text{für Zickzacknietung} \quad \varphi_z = \frac{e - d}{e} = \frac{1,6d + 1,5}{2,6d + 1,5}.$$

Bei	$d = 1,7$	2,0	2,3	2,6	2,9 cm
wird	$\varphi_p = 0,69$	0,68	0,67	0,67	0,66
	$\varphi_z = 0,71$	0,70	0,69	0,69	0,68

Im Mittel kann man für die erste Berechnung

$$\varphi_p = 0,67, \quad \varphi_z = 0,69$$

annehmen. Damit ergibt sich die Blechstärke zu

$$t = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \varphi \cdot k_z} + 0,1 \text{ cm}, \quad (115)$$

wobei wiederum im Falle gebohrter Löcher $k_z = \frac{K_z}{4,75}$ bei Handnietung und $= \frac{K_z}{4,5}$ bei

Maschinennietung gesetzt werden darf.

Aus t folgt an Hand der Zusammenstellung 75, S. 273 der Nietdurchmesser d , aus Formel (118 oder 119) die Teilung e . Für die Nachrechnung auf Gleiten kommen zwei Querschnitte in Betracht; daher wird:

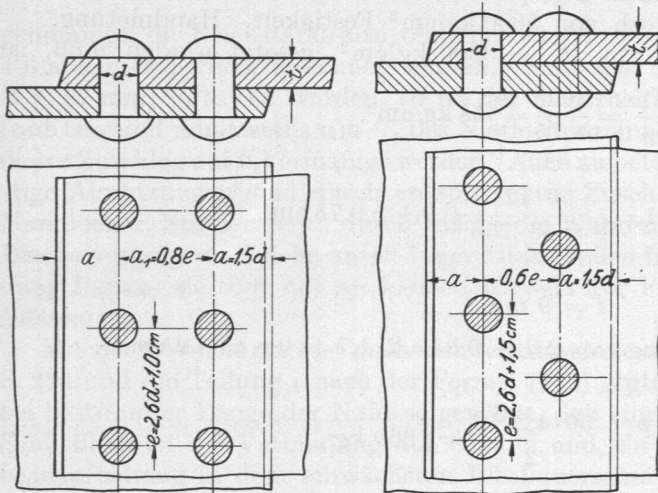


Abb. 474 und 475. Einschnittige, zweireihige Parallel- und Zickzacknietung.

$$k_n = \frac{P_e}{2 \cdot \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{D \cdot e \cdot p}{4 \cdot \frac{\pi}{4} d^2} \quad (120)$$

k_n soll nach den polizeilichen Bestimmungen [VI, 3, 4] 700 kg/cm² nicht überschreiten. Bach empfiehlt wegen des geringeren Gleitwiderstandes, den zweireihige Nietungen auf Grund seiner Versuche ergaben, k_n zwischen 550 und 650 kg/cm² zu nehmen.

Für die Nachrechnung der Zugbeanspruchung des Bleches gilt Formel (116).

Einschnittige zweireihige Verbindungen gestatten im Vergleich mit einreihigen die Übertragung größerer Kräfte auf einen Zentimeter Nietnaht:

$$P_{1cm} = \frac{D \cdot p}{2} = \begin{array}{l} 390 \text{ bis } 950 \text{ kg bei Zickzacknietung,} \\ 390 \text{ bis } 1000 \text{ kg bei Parallelnietung.} \end{array}$$

Angaben über weitere einschnittige Verbindungen sind in der Zusammenstellung 76 enthalten.

4. Zweischnittige Verbindungen, doppelseitige Laschennietungen.

Die Herstellung zweier Laschen verteuert die Verbindungen, die deshalb nur für größere Drücke und Durchmesser bei Blechstärken von mehr als 12 mm verwendet werden. Ein wichtiger Vorteil ist, daß das Biegemoment im Bleche an der Nietstelle wegfällt, so daß die Mantelbleche, wenn sie genau zylindrisch sind, nur auf Zug beansprucht werden, und daß deshalb geringere Sicherheitsgrade \mathcal{S} gegen Bruch eingesetzt werden können. Nach den polizeilichen Bestimmungen [VI, 3, 4] gilt für \mathcal{S} in der Formel

$$k_z = \frac{K_z}{\mathcal{S}}, \quad (2)$$

gebohrte Löcher vorausgesetzt,

$\mathcal{S} = 4,35$ bei zweireihigen, doppeltgelaschten, handgenieteten Nähten, deren eine Lasche nur einreihig genietet ist, Abb. 471,

$\mathcal{S} = 4,25$ bei doppeltgelaschten, handgenieteten Nähten,





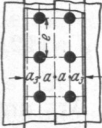
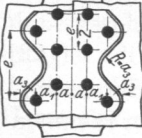
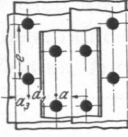
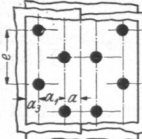
$\mathcal{S} = 4,1$ bei zweireihigen, doppeltgelaschten, maschinengenieteten Nähten, deren eine Lasche nur einreihig genietet ist, Zusammenstellung 76, lfde Nr. 7,

$\mathcal{S} = 4,0$ bei doppeltgelaschten, maschinengenieteten Nähten.

Die Werte $\mathcal{S} = 4,25$ und 4,0 können auch dann in die Rechnung eingeführt werden, wenn bei drei- und mehrreihigen Doppellaschennietungen die eine Lasche eine Nietreihe weniger besitzt als die andere.

Wegen der im Falle gestanzter Löcher vorgeschriebenen Erhöhung des Sicherheitsgrades vgl. S. 276.

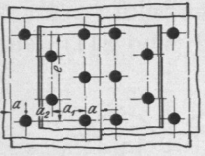

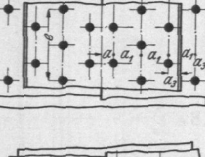

Zusammenstellung 76. Feste und dichte Nietverbindungen nach Bach u. a.

Lfd. Nr.	Reihen- zahl	$P_{1\text{cm}} = \frac{D \cdot p}{2} \text{ kg}$	$\mathcal{S}_H^{(1)}$	$\mathcal{S}_M^{(1)}$	φ	d cm	e cm	k_n kg/cm ²	a cm	a_1 cm	a_2 cm	a_3 cm	Lasche t_1 cm
Einschnittige Überlappungsnietzungen													
1		1	bis 500	4,75	4,5	0,58	$\sqrt{5s}-0,4$	$2d + 0,8$	700 (600 bis 700) ²⁾	$1,5d$	—	—	—
2		2	390—950	4,75	4,5	0,69	$\sqrt{5s}-0,4$	$2,6d + 1,5$	700 (550 bis 650) ²⁾	$1,5d$	$0,6e$	—	—
3		2	390—1000	4,75	4,5	0,67	$\sqrt{5s}-0,4$	$2,6d + 1$	700 (550 bis 650) ²⁾	$1,5d$	$0,8e$	—	—
4		3	700—1350	4,75	4,5	0,74	$\sqrt{5s}-0,4$	$3d + 2,2$	700 (500 bis 600) ²⁾	$1,5d$	$0,5e$	—	—
Zweischrittige Laschen- nietzungen													
5		1	350—850	4,25	4,0	0,68	$\sqrt{5s}-0,5$	$2,6d + 1$	1400 (1000 bis 1200) ²⁾	$1,5d$	—	—	$1,35d$ 0,6—0,7 t
6		1 1/2	850—1600	4,25	4,0	0,82	$\sqrt{5s}-0,6$	$5d + 1,5$	1400 (950 bis 1150) ²⁾	$1,5d$	$0,4e$	—	$1,5d$ 0,8 t
7		1 1/2	850—1600	4,35	4,1	0,82	$\sqrt{5s}-0,6$	$5d + 1,5$	1400 bzw. 700 (950 bis 1150 bzw. 700) ²⁾	$1,5d$	$0,4e$	—	$1,5d$ 0,8 t
8		2	650—1350	4,25	4,0	0,76	$\sqrt{5s}-0,6$	$3,5d + 1,5$	1400 (950 bis 1150) ²⁾	$1,5d$	$0,5e$	—	$1,35d$ 0,6—0,7 t

¹⁾ \mathcal{S}_H ist die Sicherheit im Falle von Handnietung, \mathcal{S}_M im Falle von Maschinennietung, beide Male unter Voraussetzung gebohrter Nietlöcher.

²⁾ Die eingeklammerten Werte nach Bach.

Zusammenstellung 76 (Fortsetzung).

Lfd. Nr.	Reihen- zahl	$P_{1\text{cm}} = \frac{D \cdot p}{2} \text{ kg}$	$\left(\frac{1}{\mathcal{S}_H}\right)$	$\left(\frac{1}{\mathcal{S}_M}\right)$	φ	d cm	e cm	k_n kg/cm ²	a cm	a_1 cm	a_2 cm	a_3 cm	Lasche t_1 cm
9		2 ¹ / ₂ 1300—2300	4,25	4,0	0,85	$\sqrt{5}s - 0,7$	$6d + 2$	1400 bzw. 700 (900 bis 1100 bzw. 700) ²)	1,5 d	0,38 e	0,3 e	1,5 d	0,8 t
10		3 1100—2400	4,25	4,0	0,81	$\sqrt{5}s - 0,7$	$3d + 1$	1400 (900 bis 1100) ²)	1,5 d	0,6 e	—	1,5 d	0,8 t
11		3 ¹ / ₂ 1900—3100	4,25	4,0	0,87	$\sqrt{5}s - 0,8$	$6d + 2$	1400 bzw. 700 (850 bis 1050 bzw. 700) ²)	1,5 d	0,38 e	—	1,5 d	0,8 t
12		4 1800—3200	4,25	4,0	0,83	$\sqrt{5}s - 0,8$	$3d + 1$	1400 (850 bis 1050) ²)	1,5 d	0,6 e	—	1,5 d	0,8 t

a) Zweischnittige, einreihige Vernietung, einreihige Laschennietung.

Zusammenstellung 76, lfde Nr. 5.

Theoretisch würde als Laschenstärke $t_1 = t/2$ genügen; wegen des Verstemmens, des größeren Einflusses des Abrostens und wegen etwaiger ungleichmäßiger Übertragung der Kräfte pflegt sie etwas größer:

$$t_1 = 0,6 \dots 0,7 \dots 0,8 t \quad (121)$$

gewählt zu werden.

Bei der Herstellung der Laschen soll beachtet werden, daß nicht allein die Art und Beschaffenheit des Werkstoffs, sondern daß auch die Walzrichtung der Lasche die gleiche ist wie im Hauptbleche, letzteres, weil die Elastizität in der Walzrichtung und quer dazu verschieden ist. Als Teilung kann nach Bach

$$e = 2,6 d + 1 \text{ cm}, \quad (122)$$

als Abstand der Nietreihe von der Laschenkante wegen der geringeren Stärke der zu verstemmenden Lasche $1,35 d$ genommen werden. Für einreihige Laschennietungen kommen Nietdurchmesser von 1,7 bis 2,6 cm in Betracht; damit berechnet sich die Schwächungszahl

$$\varphi = \frac{e - d}{e} = \frac{1,6 d + 1}{2,6 d + 1},$$

für $d = 1,7$	2,0	2,3	2,6 cm,
zu $\varphi = 0,69$	0,68	0,67	0,67

In der Formel für die Blechstärke

$$t = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \varphi \cdot k_s} + 0,1 \text{ cm} \quad (115)$$

darf $\varphi = 0,68$ als Mittelwert eingesetzt werden, da die größeren Nietdurchmesser selten verwendet werden.

¹) \mathcal{S}_H ist die Sicherheit im Falle von Handnietung, \mathcal{S}_M im Falle von Maschinennietung, beide Male unter Voraussetzung gebohrter Nietlöcher.

²) Die eingeklammerten Werte nach Bach.

Für die Nachrechnung auf Gleiten betrachten wir wiederum einen Streifen von der Breite der Teilung e , auf welchen ein Niet kommt; daher ist k_n nach der Gleichung

$$k_n = \frac{P_e}{\pi d^2} = \frac{D \cdot p \cdot e}{2 \cdot \pi d^2} \quad (117)$$

nachzurechnen. k_n darf nach den polizeilichen Bestimmungen [VI, 3, 4] das doppelte wie bei einschnittigen Nieten, also bis zu 1400 kg/cm² betragen. Nach den oben erwähnten Versuchen [VI, 9 bis 11] zeigen freilich mehrschnittige Niete verhältnismäßig geringeren Gleitwiderstand als einschnittige. Bach empfiehlt daher bei zweischnittigen einreihigen Nietungen k_n nur zwischen 1000 und 1200 kg/cm² zu nehmen.

Die Berechnung der wirklichen Beanspruchung des Bleches in der Naht unter Berücksichtigung des Zuschlages von 0,1 cm erfolgt nach Formel (116). Auf einen Zentimeter Nahtlänge lassen sich 350 bis 850 kg übertragen.

b) Zweischnittige, mehrreihige Verbindungen.

Angaben über mehrreihige zweischnittige Verbindungen enthält die Zusammenst. 76.

Bei mehrreihigen Nietungen werden häufig die verjüngten in sehr mannigfaltigen Anordnungen angewendet. Sie haben den Vorteil geringerer Schwächung des Bleches, verlangen aber, daß die zu verstemmende Lasche ausgeschweifert oder schmaler gehalten wird, Abb. 470 und 471. Im zweiten Falle umfaßt sie nur die inneren Nietreihen, um die Entfernung der Niete $8t_1$ nicht überschreiten zu lassen. Bei derartigen Verbindungen dürfen für den Gleitwiderstand in den inneren Reihen 1400, nach Bach 950 bis 1150, in den äußeren mit einschnittigen Nieten versehenen Reihen 700 kg/cm² angenommen werden. Vgl. Berechnungsbeispiel Nr. 1, S. 298.

Daß die 1½-reihige, zweischnittige Nietung nach der Übersicht größere Kräfte zu übertragen vermag, ist in der geringeren Schwächung des Bleches begründet.

Zur Berechnung einer Nietverbindung, für die eine bestimmte Anordnung von vornherein nicht vorgeschrieben ist, kann vorteilhafterweise die Zusammenstellung 76 benutzt werden. Die Gebiete der einzelnen Nietungsarten, gekennzeichnet durch die Kraft $P_{1\text{cm}}$, die sie auf einen Zentimeter Nahtlänge zu übertragen vermögen, übergreifen einander, so daß z. B. eine Verbindung für $P_{1\text{cm}} = 480$ kg auf vier verschiedene Arten, nämlich als ein- oder zweireihige Zickzack- oder Parallelnietung oder als einreihige, zweischnittige Nietung ausgeführt werden kann. Zu diesen verschiedenen Möglichkeiten ist allgemein das Folgende zu bemerken. Die Bleche fallen um so dünner und die Beschaffungskosten um so niedriger aus, je mehr Nietreihen angeordnet werden, weil das Blech in geringerem Maße geschwächt wird. Dagegen steigt die Zahl der Niete; die Ausführung der Verbindungen wird teurer. Bei den zweischnittigen Nietungen werden die Blechstärken geringer, da die zulässige Beanspruchung höher sein darf; dafür steigen die Arbeitskosten durch die Herstellung der Laschen und durch die größere Zahl von Löchern und Nieten. Die Entscheidung, welche Verbindung auszuführen ist, muß nach den Gesamtkosten, in manchen Fällen aber auch nach dem Gewicht, so z. B. im Falle schwieriger Beförderungsverhältnisse oder in Rücksicht auf den Zoll getroffen werden. Ein Beispiel geben die folgenden Zahlen für die vier Arten, nach denen die Belastung $P_{1\text{cm}} = 480$ kg aufgenommen

	k_z kg/cm ²	t mm	d mm	e mm	Anzahl der Niete auf 1 m
Einschnittige, einreihige Nietung	$\frac{K_z}{4,75} = 758$	11,9	20	48	20,8
„ zweireihige Zickzacknietung	$\frac{K_z}{4,75} = 758$	10,2	17	59	34
„ „ Parallelnietung	$\frac{K_z}{4,75} = 758$	10,5	17	54	37
Zweischnittige, einreihige Nietung	$\frac{K_z}{4,25} = 847$	9,4	17	54	37

werden kann. Die Festigkeit des Bleches ist mit $K_z = 3600 \text{ kg/cm}^2$ angenommen, ferner Handnietung vorausgesetzt und die berechnete Blechstärke auf Zehntelmillimeter genau angegeben, um die Unterschiede deutlicher zu machen.

5. Auf Zug beanspruchte Niete.

Auf Zug beanspruchte Niete, wie sie an Dömen, Stützen usw. vorkommen, sollen nur gering, mit höchstens 150 bis 200 kg/cm^2 , belastet werden. Das ist, wie schon oben erörtert, darin begründet, daß sich die Beanspruchung des Schaftes aus den Spannungen, die beim Einziehen und Verstemmen entstehen und aus der Zugbeanspruchung durch die Belastung zusammensetzt. Da die Niete schon durch die ersteren bis nahe an die Fließgrenze in Anspruch genommen sind, können große zusätzliche Beanspruchungen leicht bleibende Verlängerungen der Nietschäfte und Undichtwerden der Naht hervorrufen.

6. Die Teile einfacher Kessel.

Im Anschluß an die Berechnung der Vernietungen seien die wichtigeren Teile, aus denen sich Kessel einfacher Gestalt zusammensetzen, kurz besprochen. Wegen der Einzelheiten über Flamm- und Siederöhre, Rohrplatten, Platten ungewöhnlicher Form usw. muß auf das einschlägige Schrifttum verwiesen werden [VI, 18].

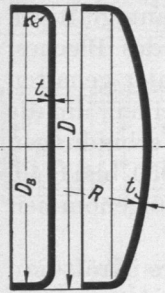


Abb. 476 u. 477. Ebener und gewölbter voller Kesselboden.

a) Kesselböden und ihre Berechnung.

Die Endflächen der Kessel werden je nach den Umständen durch ebene Bleche, gekrempte flache oder gewölbte Böden gebildet, deren Hauptformen die Abb. 476 bis 481 zeigen und deren normale Abmessungen Zusammenstellung 77 angibt. Ebene Böden sind ungünstiger beansprucht als die nach einer Kugelfläche gewölbten, bieten aber den Vorteil, daß sie sich besser bohren lassen und daß die Wasser- oder Feuerrohre die gleiche Länge bekommen und leichter eingezogen werden können.

Zusammenstellung 77. Normalböden (Schulz-Knaudt, Essen).

1. Volle Böden, für einreihige Rundnaht (Abb. 476 und 477).
(Werden auf Bestellung auch mit eingepreßten Mannlöchern versehen.)

D	h ¹⁾	H _{fl.} ¹⁾	H _{gew.} ¹⁾	R	t ²⁾	D	h ¹⁾	H _{fl.} ¹⁾	H _{gew.} ¹⁾	R	t ²⁾
300	65	90	110	400	6—16	1450	80	125	240	1700	8—26
350	65	90	115	500	6—16	1500	80	125	270	1800	9—26
400	65	90	120	550	6—16	1550	80	125	270	1800	9—26
450	65	95	125	600	6—16	1600	80	125	270	2000	10—26
500	65	95	135	650	6—16	1650	80	125	275	2000	10—26
550	65	105	135	700	6—16	1700	80	125	275	2200	10—26
600	65	105	160	750	6—16	1750	80	130	275	2200	11—26
650	65	105	175	800	6—26	1800	80	130	275	2400	11—26
700	65	105	175	850	6—26	1850	85	130	275	2400	12—26
750	65	105	175	900	6—26	1900	85	130	290	2600	12—26
800	70	110	185	950	6—26	1950	85	130	300	2600	13—26
850	70	110	185	1000	6—26	2000	90	130	300	2800	13—26
900	70	110	200	1100	6—26	2100	90	130	300	3300	13—26
950	70	110	200	1200	6—26	2200	90	130	300	3300	14—26
1000	70	110	200	1300	6—26	2300	90	130	315	3300	15—26
1050	70	110	205	1400	6—26	2400	90	130	330	3300	15—26
1100	70	115	215	1400	6—26	2500	90	130	350	3300	15—26
1150	70	115	215	1450	6—26	2600	90	130	370	3300	15—26
1200	75	115	230	1500	6—26	2700	90	130	380	3500	15—26
1250	75	115	230	1600	7—26	2800	90	130	400	3500	15—26
1300	75	115	230	1600	7—26	2900	90	130	420	3500	15—26
1350	75	120	235	1700	8—26	3000	90	130	445	3500	15—26
1400	75	120	235	1700	8—26						

¹⁾ h ist die Höhe des zylindrischen Teils der Krempe, H_{fl.} die lichte Höhe des flachen, H_{gew.} die lichte Scheitelhöhe des gewölbten Bodens. Für Blechstärken unter 9 mm sind h, H_{fl.}, H_{gew.} um 25 mm kleiner.

²⁾ Die angegebenen Werte sind normale Blechstärken, für die der Grundpreis für Böden gilt.

2. Böden für Einflammrohrkessel mit einreihiger Rundnaht (Abb. 478 und 479).

D	H	H_1	a	h	h_1	R	t
1300	230	340	45	70	75	1600	15 — 20
1350	235	340	45	70	75	1700	15 — 20
1400	235	340	45	70	75	1700	15 — 20
1450	235	350	45	70	75	1700	15 — 20
1500	270	365	50	70	80	1800	16 — 23
1550	270	375	55	70	80	1800	16 — 23
1600	270	390	65	70	80	2000	17 — 23
1650	275	390	65	75	80	2000	17 — 23
1700	275	400	65	75	80	2200	17 — 24
1750	275	400	65	75	80	2200	17 — 24
1800	275	400	70	75	80	2400	18 — 25
1850	275	405	70	75	85	2400	18 — 25
1900	290	410	75	75	85	2600	18 — 25
1950	300	410	75	75	85	2600	18 — 25
2000	300	410	75	80	90	2800	18 — 25
2100	310	410	75	80	90	3000	18 — 25
2200	325	410	75	80	90	3000	18 — 25
2300	345	420	75	80	90	3000	18 — 25
2400	365	425	75	80	90	3000	18 — 25
2500	385	430	75	80	90	3000	18 — 25

Die Maße b , c und d werden nach Angabe ausgeführt.

3. Böden für Zweiflammrohrkessel mit einreihiger Rundnaht (Abb. 480 und 481).

D	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
d	650	725	750	775	825	875	925	975
	625	700	725	750	800	850	900	950
	600	675	700	725	775	825	875	925
	575	650	675	700	750	800	850	900
	600	650	650	675	725	775	825	875
H	295	330	320	335	355	375	395	400
H_1	445	465	455	470	490	515	535	545
H'	285	310	295	305	320	340	355	360
h	75	75	75	75	75	80	80	80
h_1	90	90	90	90	90	90	90	90
a	60	65	65	65	60	55	55	55
b	110	115	130	140	150	160	160	160
c	825	875	925	970	1040	1085	1140	1180
e	220	230	260	260	350	390	425	470
f	600	650	700	700	750	810	810	925
R	2400	2500	3000	3000	3000	3000	3000	3000
t	20 — 22	20 — 22	20 — 25	20 — 25	20 — 25	20 — 25	20 — 25	22 — 25
w	450	450	450	450	450	450	450	450

Für zweireihige Rundnaht werden H H_1 H' h_1 und a um 35 mm größer.

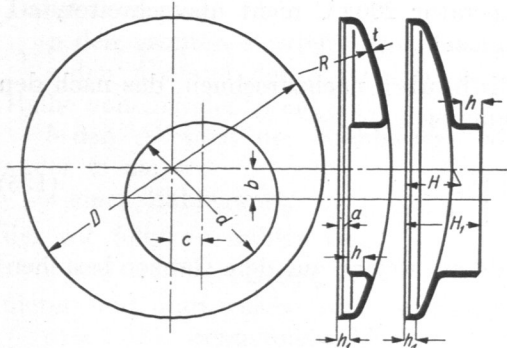


Abb. 478 und 479. Gewölbte Böden mit Ein- und Aushalsung für Einflammrohrkessel.

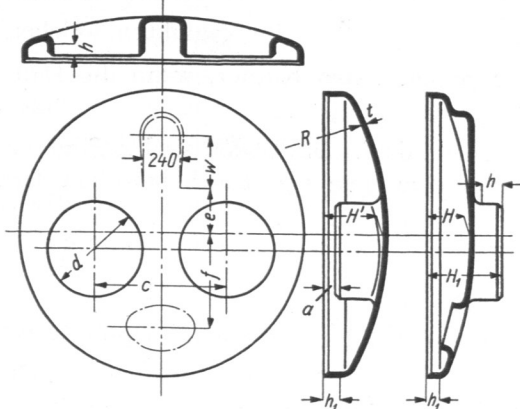


Abb. 480 und 481. Gewölbte Böden mit Ein- und Aushalsungen für Zweiflammrohrkessel.

4. Domböden mit Mannloch (Abb. 529).

Durchmesser	500	600	650	700	750	800	850	900	950
Wölbungshalbmesser .	650	750	800	850	900	950	1000	1100	1200

Der gewölbte, volle Boden, Abb. 477, von innen durch den Überdruck p beansprucht, darf näherungsweise als Teil einer Kugel mit dem Halbmesser R betrachtet werden und, solange seine Wandstärke t gegenüber R klein ist, nach der Näherungsformel

$$t = \frac{p \cdot R}{2 k_z} \quad (123)$$

berechnet werden. Vgl. (51).

Die Spannung in einer undurchbrochenen Kugelfläche ist überall gleich groß. Bei Kesselböden treten aber an der Krepfung Nebenbeanspruchungen auf Biegung und Schub auf, die sich rechnerisch schwierig verfolgen lassen, jedenfalls aber mit zunehmender Schärfe des Übergangs rasch wachsen und die Wahl eines mäßigen Wertes für k_z begründen. Nach den polizeilichen Bestimmungen [VI, 3, 4] sind für k_z unter der Voraussetzung, daß der Krepfungshalbmesser ausreichend groß gewählt wird,

an weichem Schweißstahl bis zu 500 kg/cm²,

an weichem Flußstahl bis zu 650 kg/cm²

an Kupfer, wenn die Dampftemperatur 200° C nicht überschreitet, bis zu 400 kg/cm² zulässig. Auch für gewölbte Flammrohrböden nach Abb. 478 bis 481 (ein- und zweihalsig) darf dieselbe Formel mit k_z bis zu 750 kg/cm² im Falle weichen Flußstahls benutzt werden, unter der Voraussetzung ausreichend großer Krepfungshalbmesser der Böden und genügend großen Abstandes der Flammrohre von den Krepfen, sowie der Verwendung von Flammrohren, die in Richtung ihrer Achse elastisch genug sind, so daß die Böden durch dieselben keine erheblichen Zusatzspannungen erfahren.

Des bequemen Nietens und Verstemmens wegen werden häufig gewölbte Böden nach Abb. 467 rechts so angeordnet, daß sie äußerem Überdruck ausgesetzt sind. So kann an dem Windkessel Abb. 531, der zu eng ist, um durch ein Mannloch hindurch befahren zu werden, nur an einem Ende ein nach außen gewölbter Boden benutzt werden, während am andern ein nach innen gewölbter verwendet werden muß, damit sich die Niete auf seinem Umfange einziehen lassen. Die Wandstärke derartiger Böden ist unter der Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung nach der ähnlich wie Gleichung (123) abgeleiteten Formel

$$t = \frac{p \cdot R}{2 \cdot k} \quad (124)$$

zu berechnen, wobei die Beanspruchung auf Druck k

für geglühten weichen Flußstahl bis 650 kg/cm²,

für gehämmertes Kupfer, wenn die Dampftemperatur 200° C nicht überschreitet, bis 400 kg/cm²

betragen darf. Die Böden sind außerdem auf Einbeulen nachzurechnen, das nach den Untersuchungen von Bach bei einer Druckspannung

$$k_0 = A - B \sqrt{\frac{R}{t}} \quad (125)$$

eintritt, wobei

„für kugelförmige, stark gehämmerte Kupferböden, welche aus dem Ganzen bestehen,

$$A = 2550, \quad B = 120,$$

für geglühte Flußeisenböden, welche aus dem Ganzen bestehen,

$$A = 2600, \quad B = 115,$$

für Flußeisenböden, welche aus einzelnen Teilen mit Überlappungsnetzung hergestellt sind,

$$A = 2450, \quad B = 115$$

zu setzen ist“.

k_0 soll $\frac{k}{0,4}$ nicht überschreiten, mit anderen Worten, es muß eine mindestens 2,5fache Sicherheit gegen Einbeulen vorhanden sein.

Die Berechnung der Nietungen in kugeligen Böden oder Wänden bietet keine Schwierigkeiten, wenn man auf die Belastung auf einen Zentimeter Nietnahtlänge zurückgeht. Sie ergibt sich aus Abb. 482, wenn P den gesamten Druck auf die Halbkugelfläche, U den Umfang der Kugel bedeutet, zu

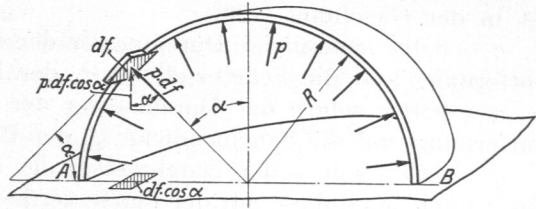


Abb. 482. Zur Berechnung kugeliger Wandungen.

$$P_{1\text{ cm}} = \frac{P}{U} = \frac{\pi R^2 \cdot p}{2 \pi R} = \frac{R \cdot p}{2}. \quad (126)$$

b) Ebene Wandungen.

In ihnen treten durch die Belastung Biegespannungen auf. Je nachdem, ob die Platten am Umfange eingespannt sind oder frei aufliegen, stellt sich die größte Inanspruchnahme am Rande oder in der Mitte ein. In den meisten Fällen liegt aber die Art der Beanspruchung zwischen den genannten beiden Grenzfällen, vgl. [VI, 13]. Verlangt die Rechnung nach den unten angeführten Formeln eine zu große Wandstärke, so läßt sich diese durch Verankerungen, Stehbolzen, Eckversteifungen, aufgenietete Verstärkungsplatten usw. verringern. Die polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Kesseln schreiben für die Berechnung folgendes vor:

„1. Für gekrempte, ebene Böden ohne Anker, Abb. 476, gilt

$$t = \frac{1}{98} \left[D_B - r \left(1 + \frac{2r}{D_B} \right) \right] \sqrt{p}, \quad (127)$$

wenn t die Blechdicke in cm,

p den größten Betriebsüberdruck in at,

r den Wölbungshalbmesser der Krempe in cm,

D_B den inneren Durchmesser der Krempe in cm

bedeuten.

2. Sind in einer flußeisernen Wand die Anker regelmäßig, wie in Abb. 483, verteilt, so ist die Blechstärke t in cm zu nehmen:

$$t = c \sqrt{p(a^2 + b^2)}. \quad (128)$$

Dabei bezeichnet

p den größten Betriebsüberdruck in at,

a den Abstand der Stehbolzen oder Anker innerhalb einer Reihe voneinander in cm,

b den Abstand der Stehbolzen- oder Ankerreihen voneinander in cm,

c einen Zahlenwert,

der wie folgt zu wählen ist:

$c = 0,017$ bei Platten, in welche die Stehbolzen oder Anker eingeschraubt und vernietet sind, und welche von den Heizgasen und vom Wasser berührt werden,

$c = 0,015$, wenn solche Platten nicht von den Heizgasen berührt werden,

$c = 0,0155$ bei Platten, in welche die Stehbolzen oder Anker eingeschraubt und außen

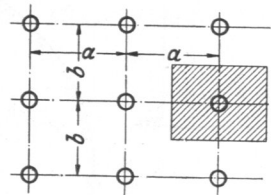


Abb. 483.

mit Muttern oder gedrehten Köpfen versehen sind, und welche von den Heizgasen und vom Wasser berührt werden,

$c = 0,0135$, wenn solche Platten nicht von den Heizgasen berührt werden,

$c = 0,014$ bei Platten, welche durch Ankerröhren versteift sind.

3. Bei Platten, deren Anker mit Muttern und Verstärkungsscheiben versehen sind, ist in der Gleichung (128)

$c = 0,013$, sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe $\frac{2}{5}$ der Ankerentfernung und die Scheibendicke $\frac{2}{3}$ der Plattendicke,

$c = 0,012$, sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe $\frac{3}{5}$ der Ankerentfernung und die Scheibendicke $\frac{5}{6}$ der Plattendicke,

$c = 0,011$, sofern der Durchmesser der äußeren Verstärkungsscheibe $\frac{4}{5}$ der Ankerentfernung, auch diese mit der Platte vernietet und die Scheibendicke gleich der Plattendicke ist, vgl. (Abb. 516.)

und die Platten nicht vom Feuer berührt sind. Werden sie dagegen auf der einen Seite von den Heizgasen, auf der anderen vom Dampf gespült, dann sind sie, falls sie nicht durch Flammenbleche geschützt werden, um $\frac{1}{10}$ stärker zu nehmen, als die Rechnung ergibt.

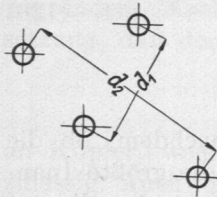


Abb. 484.

4. Bei unregelmäßig verteilten Verankerungen wie in Abb. 484 ist

$$t = c \cdot \frac{1}{2} (d_1 + d_2) \sqrt{p}. \quad (129)$$

Der Wert von c ist je nach der Art der Verankerung aus Ziffer 1 oder 2 zu entnehmen.

5. Für Verstärkungen nicht dem ersten Feuer ausgesetzter ebener Platten durch Doppelungsplatten können $12,5\%$ von den für die ebenen Platten sich ergebenden Blechdicken in Abzug gebracht werden, wenn die Dicke der Doppelungsplatten mindestens $\frac{2}{3}$ der berechneten Blechdicke beträgt und die Doppelungen gut mit den Platten vernietet sind.

6. Rechteckige Platten, die am Umfang befestigt sind, erhalten die Wanddicke

$$t = 0,053 b \sqrt{\frac{p}{k_z \left[1 + \left(\frac{b}{a} \right)^2 \right]}} \quad (130)$$

wobei bedeuten:

a die größere Rechteckseite in cm,

b die kleinere Rechteckseite in cm,

p den größten Betriebsüberdruck in at,

k_z die zulässige Zugbeanspruchung des Werkstoffs in kg/cm^2 , für welche bis $\frac{1}{4}$ der rechnermäßigen Zugfestigkeit eingeführt werden kann.

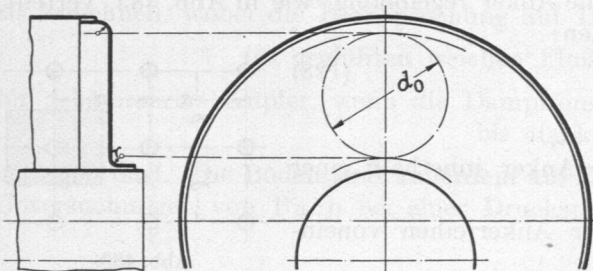


Abb. 485. Zur Berechnung ebener Kesselwandungen.

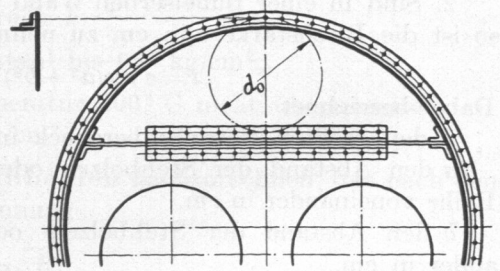


Abb. 486. Versteifung einer ebenen Kesselwand durch ein Querblech.

7. Bei Platten, die nicht durch Stehbolzen oder Längsanker, sondern durch Eckanker oder in anderer Weise ausreichend unterstützt werden, ist die Wanddicke nach

$$t = 0,017 d_0 \sqrt{p} \quad (131)$$

zu bemessen, sofern nicht nachgewiesen wird, daß eine geringere Wanddicke zulässig ist.

Hierin bedeutet:

p den größten Betriebsüberdruck in at,

d_0 den Durchmesser des größten Kreises in cm, der auf der ebenen Platte nach Maßgabe der Abb. 485 bis 487 durch die Befestigungsstellen gehend, beschrieben werden kann.

Werden keine Angaben über das Maß des Krempungshalbmessers der Stirnplatten gemacht, so ist es zu 50 mm anzunehmen.

8. Vorstehende Ausführungen gelten nur für flußeiserne Wandungen.

Durch Stehbolzen oder Anker unterstützte Kupferplatten erhalten die folgenden Wanddicken, und zwar bei regelmäßig verteilten Verankerungen, wie in Abb. 483:

$$t = 5,83 c \sqrt{\frac{p}{K_z} (a^2 + b^2)}, \quad (132)$$

bei unregelmäßig verteilten Verankerungen, wie in Abb. 484,

$$t = 5,83 c \frac{1}{2} (d_1 + d_2) \sqrt{\frac{p}{K_z}}. \quad (133)$$

Der Wert von K_z kann, wenn größere Festigkeit nicht nachgewiesen wird, bei Temperaturen bis 120° C zu 2200 kg/cm² angenommen werden. Im Falle höherer Temperatur ist die Zugfestigkeit für je 20° C um 100 kg/cm² niedriger zu wählen. c ist je nach der Art der Verankerung aus Ziffer 1 oder 2 zu entnehmen.“

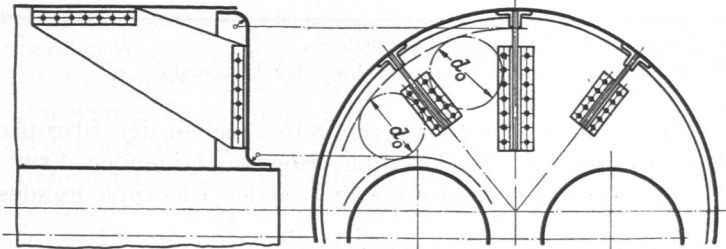


Abb. 487. Versteifung einer ebenen Kesselwand durch Eckanker.

Versteifungen werden größerer Sicherheit wegen, unter Vernachlässigung der Tragfähigkeit der Wandungen, so berechnet, daß sie die Belastung der zugehörigen Flächen allein aufnehmen können; z. B. ist diejenige eines Ankers oder Stehbolzens der Abb. 483 durch den Druck auf die gestrichelte Fläche $a \cdot b \cdot p$ oder die Belastung der Deckenträger A , Abb. 488, durch die Kräfte $P_1 = \left(\frac{c}{2} + c_1\right) \cdot d \cdot p$ und $P_2 = c \cdot d \cdot p$ kg gegeben. Die erwähnten

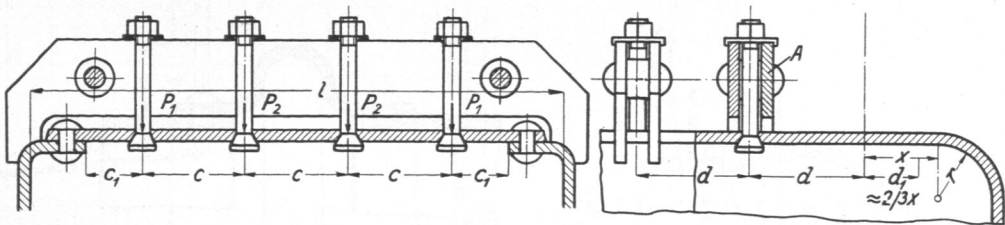


Abb. 488. Versteifung einer ebenen Wand durch Deckenträger.

Stehbolzen, Anker und Schrauben sind auf Zug, die Deckenanker auf Biegung zu berechnen — die letzteren als Balken von der Stützlänge l , belastet durch die Einzelkräfte in den Schrauben. Die Beanspruchung soll nach den Bestimmungen über die Anlegung von Kesseln

- „bei geschweißten Anker und Stehbolzen aus Schweißeisen 350 kg/cm²,
 - bei ungeschweißten Anker und Stehbolzen aus Schweißeisen 500 kg/cm²,
 - bei ungeschweißten Anker und Stehbolzen aus Flußeisen 600 kg/cm²,
 - bei Anker und Stehbolzen aus Kupfer für Dampftemperaturen bis 200° C 400 kg/cm²
- nicht überschreiten“.

Die Biegebeanspruchung k_b im Deckenträger darf zu 900 kg/cm^2 oder falls die Zugfestigkeit K_z des Werkstoffs festgestellt ist, zu $\frac{K_z}{4}$ genommen werden.

c) Flammrohre.

Innen von der Flamme oder den Heizgasen bestrichene Flammrohre, Abb. 513, sind, als einfache, zylindrische oder kegelige Rohre ausgebildet, dem Einknicken oder Einbeulen durch den von außen her wirkenden Druck ausgesetzt. Zur Berechnung der Blechstärke t in cm dient die von Bach angegebene Formel

$$t = \frac{p \cdot d_i}{2400} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{a \cdot l}{p \cdot l + d_i}} \right) + 0,2 \text{ cm}, \tag{134}$$

wobei neben den auf Seite 285 aufgeführten Bezeichnungen t und p bedeuten:

d_i den inneren Durchmesser des zylindrischen oder den mittleren inneren Durchmesser des kegelligen Flammrohres in cm,

l die Länge des Rohres in cm oder, falls wirksame Versteifungen angebracht sind, deren größte Entfernung voneinander;

a einen Zahlenwert, der wie folgt gewählt werden darf:

	Bei liegenden Flammrohren	Bei stehenden Flammrohren
Für Rohre mit überlappter Längsnaht	$a = 100$	$a = 70$
für Rohre mit gelaschter oder geschweißter Längsnaht	$a = 80$	$a = 50$

Als wirksame Versteifungen gelten neben den Stirnplatten und Rohrwänden die in Abb. 489 bis 493 dargestellten, ringsum laufenden Erweiterungen und Verstärkungen der Rohrwandung, wenn sie in radialer Richtung mindestens 50 mm ausladen.

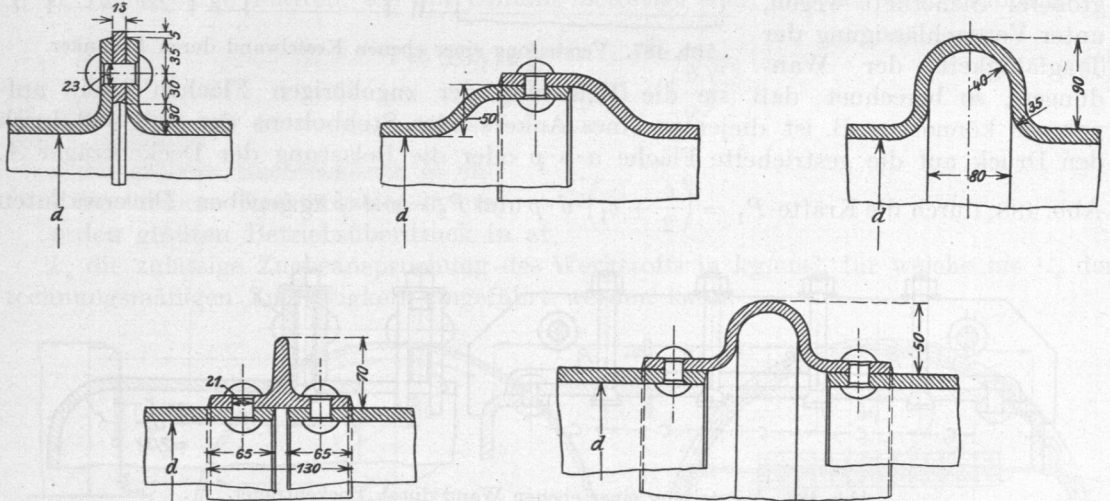


Abb. 489 bis 493. Versteifungen von Rohrwandungen.

Zylindrische oder kegelige Flammrohre können durch ihre geringe Längselastizität beträchtliche Kräfte auf die Kesselböden ausüben, wenn sich Temperaturunterschiede zwischen ihnen und der Kesselwandung ausbilden, wie beim Durchströmen von heißen Feuergasen zu erwarten steht. Besonders leicht werden die Nähte an den Ein- und Aushalsungen der Böden undicht.

Viel elastischer und gleichzeitig wirksamer versteift sind Wellrohre nach Abb. 494 und 495. Die größere Versteifung wird dadurch berücksichtigt, daß man l in der Formel

L die Länge des Schusses zwischen den Nietnähten

α den Zentriwinkel der abgewickelten Fläche,

h_1 und h_2 die Pfeilhöhen der Bögen,

R_1 und R_2 die Halbmesser der Nietlochkreise in der Abwicklung,

so sind die mittleren Umfänge des Schusses, längs der Quernähte gemessen, $\pi \cdot (D_1 + t)$

und $\pi \cdot (D_2 + t)$ gleich den Bogenlängen \widehat{EFG} und \widehat{HJ} . Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke MAB und CDE folgt, da MA gleich dem Halbmesser R_1 in der Abwicklung ist,

$$\frac{CD}{ED} = \frac{MA}{AB} \quad \text{oder} \quad \frac{L}{\frac{D_1 - D_2}{2}} = \frac{R_1}{\frac{D_1 + t}{2}};$$

$$R_1 = L \cdot \frac{D_1 + t}{D_1 - D_2}, \quad (136)$$

und $R_2 = R_1 - L$.

Bei schwach kegeligen Schüssen werden die Halbmesser R_1 und R_2 sehr groß. Dann empfiehlt es sich, das Blech unter Benutzung der Pfeilhöhen h_1 und h_2 mit einer durchgebogenen Latte anzureißen. Zur genauen Bestimmung der Pfeilhöhen führt folgender Weg: Man berechnet zunächst R_1 nach (136), dann den Zentriwinkel α aus

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{\widehat{EFG}}{2\pi R_1} = \frac{\pi(D_1 + t)}{2\pi R_1} = \frac{D_1 + t}{2R_1}$$

und findet

$$h_1 = \overline{FK} = R_1 \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right). \quad (137)$$

Für die meisten Fälle genügt eine Näherungsformel, die selbst bei einer Neigung der Erzeugenden des Kegels gegenüber der Achse von 15° nur 2% Fehler gibt. Es ist

$$\overline{GK}^2 = h_1 (2R_1 - h_1) = 2R_1 h_1 - h_1^2.$$

Wenn nun die halbe Sehnenlänge \overline{GK} durch die Bogenlänge $\widehat{FG} = \frac{\pi}{2}(D_1 + t)$ ersetzt und der Wert h_1^2 gegenüber $2R_1 h_1$ vernachlässigt wird, so geht die Gleichung über in

$$h_1 = \frac{\overline{GK}^2}{2R_1} = \frac{\pi^2 (D_1 + t)^2}{8R_1} = \frac{\pi^2 (D_1 + t)(D_1 - D_2)}{8L},$$

$$h_1 = 1,233 \frac{(D_1 + t)(D_1 - D_2)}{L}. \quad (137a)$$

Sollen an einem Kessel die einzelnen unter sich gleichen Schüsse ineinandergesteckt werden, so vereinfacht sich der Ausdruck dadurch, daß $D_1 - D_2 = 2t$ ist, zu

$$h_1 = 2,467 \frac{(D_1 + t) \cdot t}{L}, \quad (137b)$$

während die Pfeilhöhe des kleinen Bogens $h_2 = h_1 \frac{R_2}{R_1}$ ist. Die äußere Begrenzung des Kesselbleches ergibt sich durch Auftragen des Abstandes a der Nietnähte von den Kanten an allen Seiten.

Beim Zusammentreffen von Längs- und Quernähten entstehen Blechstöße. Je nach der Zahl der dabei beteiligten Bleche unterscheidet man Drei- und Vierplattenstöße, Abb. 497 und 498, von denen man freilich die letzteren der schwierigeren Ausführung und der größeren Werkstoffansammlung wegen gern dadurch vermeidet, daß man die Längsnähte unter Ausführung von zwei Dreiplattenstößen gegeneinander versetzt, Abb. 467.

Bei diesen muß das mittlere Blech zur Vermeidung einer Lücke in Form einer Zunge zugeschärft werden, über die man den anschließenden Schuß schiebt, Abb. 499. Das

Zuschärfen kann nach Abb. 500 durch Ausschmieden der Blechecke geschehen, wobei die Zunge nach Form und Maßen so zu wählen ist, daß sie sich aus dem rechtwinklig zugeschnittenen Blech ausziehen läßt. Die von Anfängern häufig gezeichnete Gestalt, Abb. 502, ist falsch, weil sie den strichpunktiert gezeichneten, schwierig herzustellenden und daher teuren Ansatz an der Blechtafel voraussetzt! In Flußstahl entstehen jedoch durch die örtliche Erwärmung und das Ausschmieden der Blechecke leicht Spannungen, die durch nachträgliches, sorgfältiges Ausglühen zu beseitigen sind, die sich aber vermeiden lassen, wenn man die Zunge nach Abb. 501 durch Abhobeln herstellt, eine Ausführung, die in neuerer Zeit mehr und mehr angewendet wird.

Beim Vierplattenstoß, Abb. 498, schärft man die beiden mittleren Platten zu; seltener findet man die Ausführung mit stumpfem Schluß, Abb. 503. Schwierige Stöße, z. B. den an der Bördelung des Dampf-

domes liegenden, Abb. 504, kann man durch überlappte Schweißung auf der Strecke *ab* umgehen; manchmal schweißt man auch zylindrische Schüsse an den Stoßstellen, wie bei *c* in der gleichen Abbildung angedeutet ist. Die Ausbildung des Stoßes einer

Doppellaschenietung zeigt Abb. 505. Die innere Lasche deckt die Fuge in ihrer ganzen Länge; die äußere ist am Ende zugeschärft, greift unter den anschließenden Schuß und wird durch Verstemmen der Kante *a* abgedichtet, zu welchem Zwecke der Spalt genügend weit zu halten ist.

Sorgfältig sind alle unnötigen Werkstoffanhäufungen und Kröpfungen, die unregelmäßige Erwärmung und Spannungsbildung begünstigen, zu vermeiden. In einer zylindrischen, durchweg gleich starken Wandung, die außen und innen einem bestimmten Temperaturunterschied ausgesetzt

ist, in der also ein überall gleiches Wärmegefälle herrscht, entstehen Druckspannungen auf der Seite der höheren Temperatur, Zugspannungen auf der andern. Da dieselben sich aber ringsum gleichmäßig ausbilden und im Gleichgewicht halten, üben sie bei den gewöhnlichen Wärmegraden keine schädlichen Wirkungen aus und sind unbedenklich. Beträchtliche Störungen und Unregelmäßigkeiten treten aber

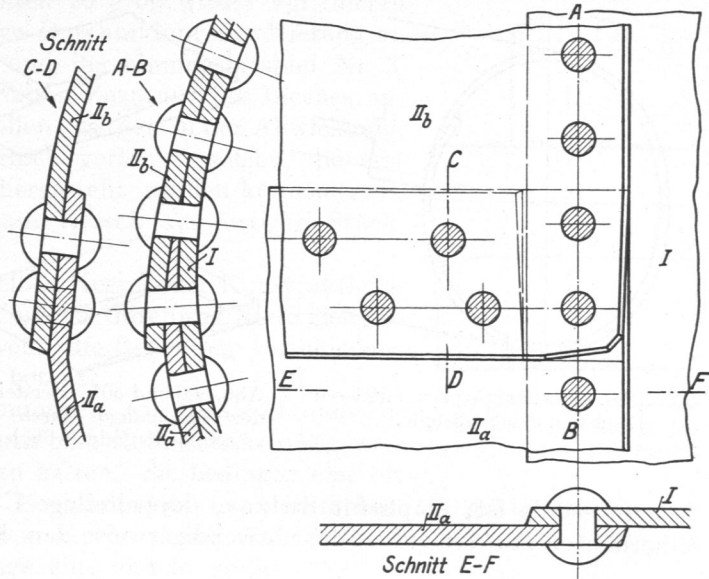


Abb. 497. Dreiplattenstoß.

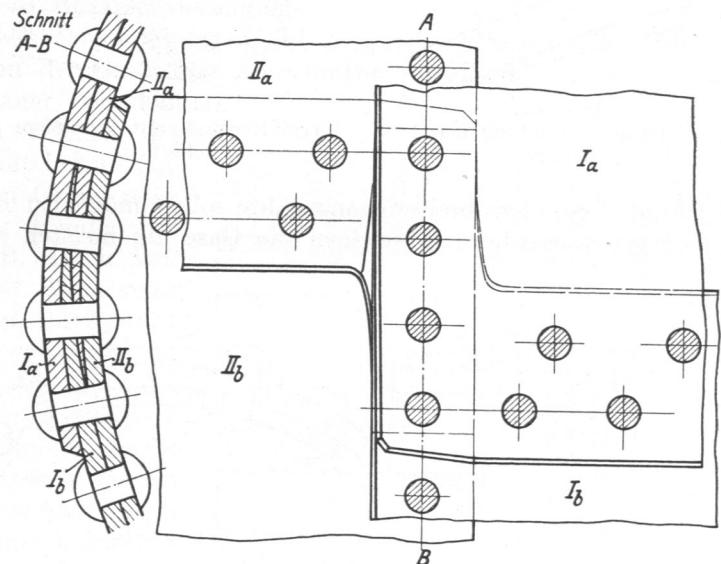


Abb. 498. Vierplattenstoß.

an allen Überlappungen und Stoßstellen auf. Die den Feuergasen ausgesetzten Blechkanten werden stärker erhitzt, suchen sich auszudehnen und kommen unter zusätzliche Druckspannungen, Abb. 506, weil die weiter abliegenden Schichten, in denen Zugspannungen entstehen, sie an der Ausdehnung hindern; Spannungen, die im Verein mit den vorerwähnten und den Betriebsspannungen schließlich zu Rissen und Brüchen in den Nietnähten führen können. Zu ihnen tritt noch ein stärkerer Angriff der hoch erhitzten Blechstellen durch die Feuergase, eine Erscheinung, die sich u. a. in der bekannten geringen Haltbarkeit aufgesetzter Flicken an Kesseln und an dem Abbrennen der Stemmkannten und Nietköpfe äußert. Da die Wirkungen um so stärker sind, je breiter die Über-

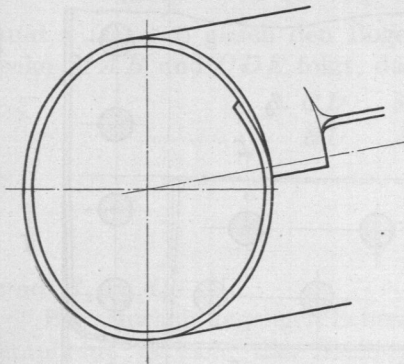


Abb. 499. Zuschärfung des mittleren Blechs an der Stoßstelle.

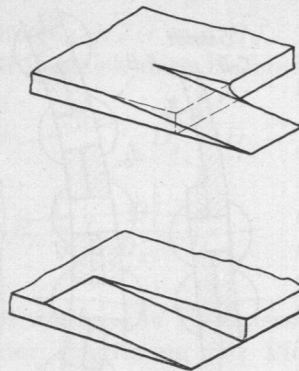


Abb. 500 und 501. Herstellung der Blechzunge durch Ausschmieden oder Abholen.

lappungsstellen ist, empfiehlt Sulzer, doppelreihige Überlappungsnetungen in solchen Quernähten zu vermeiden, die notwendigerweise dem Feuer ausgesetzt werden müssen.

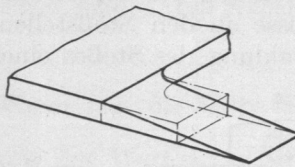


Abb. 502. Falsche Ausbildung der Zunge.

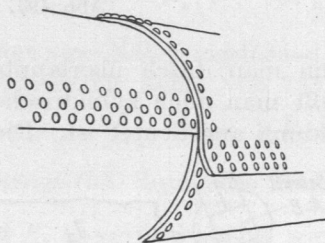


Abb. 503. Vierplattenstoß mit stumpfem Schluß.

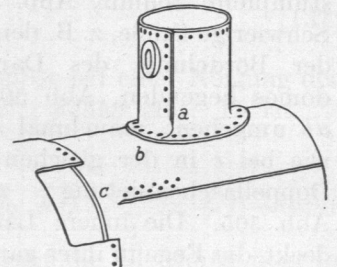


Abb. 504. Dampfessel mit Schweißstellen bei a—b und c.

Die oft besonders breiten Längsnähte sollen möglichst dem Feuer entzogen und in den Zug gelegt werden, in welchem die Gase am meisten abgekühlt sind. Schweißstellen

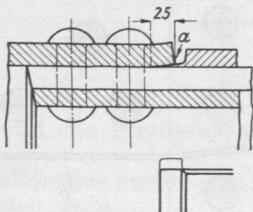


Abb. 505. Stoß an einer Doppellaschennietung.

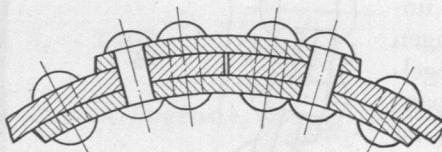


Abb. 506. Zusatzspannungen in der Überlappung.

von gleicher Stärke, wie das volle Blech, sind wegen des Fehlens der Wärmestauungen in der erwähnten Beziehung Nietnähten überlegen.

Für die Anordnung der Niete gibt die auf Grund der Rechnung ermittelte Teilung den ersten Anhalt. Praktisch wird man von derselben wegen der Abmessungen der Schüsse häufig mehr oder weniger abweichen müssen — nach oben freilich nur, so weit es der Gleitwiderstand der Niete zuläßt —, wird aber im übrigen möglichst gleichmäßige

Nietverteilung anstreben. Unregelmäßige Anordnung und größere Abweichungen von der normalen Teilung sind oft an den Stößen notwendig, wo besonders darauf zu achten ist, daß sich die Köpfe trotz der vorspringenden Blechkanten gut schlagen und verstemmen lassen, während aber andererseits sorgfältig zu vermeiden ist, daß die Nietentfernung längs der Stemmkannten zu groß wird. Vgl. hierzu die Berechnung und konstruktive Durchbildung der Nietung an dem Dom, Abb. 529, Abb. 532 und Berechnungsbeispiel Nr. 3.

Nietlöcher, welche im ungerollten Zustande des Bleches angerissen und gebohrt werden sollen, werden in der Abwicklung, Abb. 530, so, wie es das Anreißen verlangt, solche, die erst nach dem Biegen oder Bördeln hergestellt werden können, z. B. die Anschlußniete des Domes am Kessel, am fertigen Stück, Abb. 529, angegeben.

Daß man an ein und demselben Kessel oder Konstruktions- teil der einfacheren Herstellung wegen durchweg Niete gleichen Durchmessers benutzt, selbst wenn die Rechnung verschiedene Maße liefert, sei hier nochmals betont.

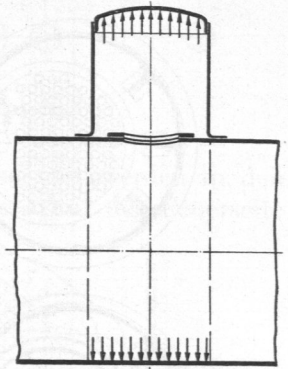


Abb. 507. Belastung der Kesselwandung durch den Druck auf den Domboden.

Ausschnitte in den Kesselwandungen, wie sie als Mannlöcher und wegen Anschlüssen von Dömen oder Rohrstützen nötig werden, sind so klein wie möglich zu halten. Sie bedingen eine oft beträchtliche Schwächung des Kesselmantels in mehrfacher Hinsicht. Infolge der durch die Löcher hervorgerufenen Kerbwirkung (vgl. Seite 148) tritt eine Erhöhung der Spannungen am Lochumfang ein; erst in größerer Entfernung vom Loche nähert sich die Beanspruchung der nach Formel (56) berechneten mittleren. Ferner sucht der im Fall der Abb. 507 oft recht bedeutende Druck auf dem Domboden und auf dem dem Boden gegenüberliegenden Stück der Wandung den Kessel unter Verzerrung des kreisförmigen Querschnitts

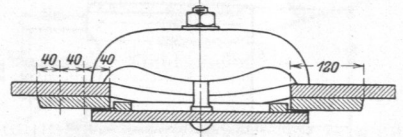


Abb. 508. Mannlochverschluß.

durchzuspannen, ruft also Nebenbeanspruchungen auf Biegung hervor [VI,14]. Diese Inanspruchnahme ist nicht von der Größe des Ausschnittes im Mantel, sondern vom Durchmesser des Domes, genauer von dem Durchmesser abhängig, bis zu welchem der Dampfdruck zwischen Kesselmantel und Domflansch vordringt. Aus all den Gründen ist eine wirksame Verstärkung der Ränder größerer Ausschnitte geboten, z. B. durch Aufnieten eines Ringes nach Abb. 507. Mindestens muß der Schuß im ungünstigen Querschnitt auf die volle Kraft, welcher er ausgesetzt ist, berechnet, die volle Sicherheit aufweisen, die für die Kesselart und Ausführungsweise vorgeschrieben ist. Längliche Ausschnitte, wie die Mannlöcher zum Befahren des Kessels, werden zweckmäßig mit ihrer Längsachse quer zu der des Kessels angeordnet, weil dieser dann in dem stärker beanspruchten Längsschnitt weniger geschwächt wird. Normale Abmessungen eines Mannlochausschnittes mit gepreßten oder ebenen Verschlußdeckeln, des besseren Dichthaltens wegen von innen her angelegt, zeigen die Abb. 529 und 508. Die geringste zulässige Lichtweite ist 280·380 mm, die normale 300·400 mm.

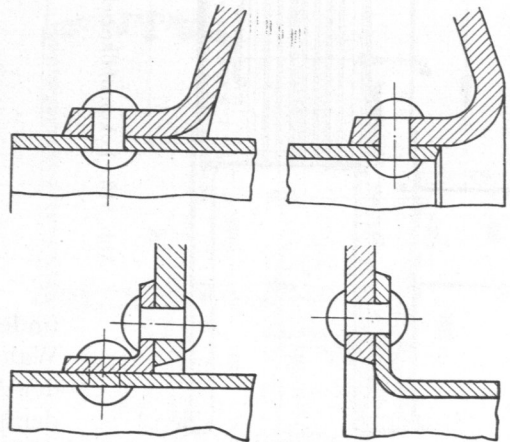


Abb. 509 bis 512. Nietverbindungen an Flammrohren und Kesselböden.

Übliche Verbindungen der Kesselböden mit Längswänden und Flammrohren zeigen die Abb. 509 bis 512, die Flammrohrkesseln mit gepreßten Böden nach Abb. 478 bis 481 ent-

nommen sind. An ihnen pflegt der eine Boden, gewöhnlich der hintere, mit Einhalssungen, der andere dagegen mit Aushalsungen zur Befestigung der Flammrohre nach Abb. 527, 510 und 509 versehen zu werden, um das Schließen der Niete und den Einbau des Feuergerätes zu erleichtern. Allerdings hat die Aushalsung den Nachteil, daß sich der keilförmige Zwischenraum gern mit Kesselstein zusetzt, der die Wärmeleitung verschlechtert, die stärkere Erhitzung des Rohres und dadurch das Undichtwerden der Nietnaht begünstigt, wenn die Stelle dem Feuer ausgesetzt ist. Verbindungen mit ebenen Böden, wie sie sich beispielweise an Lokomobilkesseln mit aus-

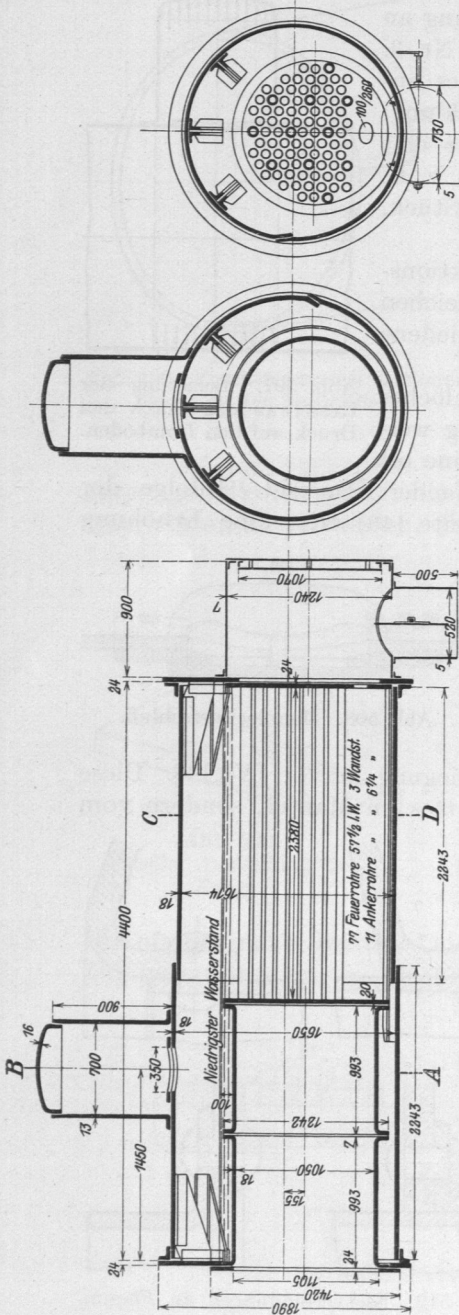


Abb. 513. Lokomobilkessel mit ausziehbarem Flammrohr und Rohrbündel. M. \approx 1 : 60.

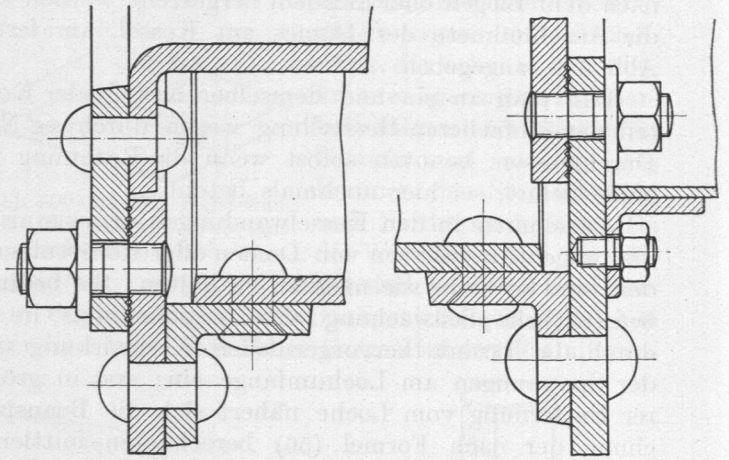


Abb. 514 und 515. Nietverbindungen und Verschraubungen an dem ausziehbaren Flammrohr und Rohrbündel des Kessels, Abb. 513.

zieharen Röhrenbündeln, Abb. 513, unter Benutzung von gewalzten oder geschweißten Winkelringen

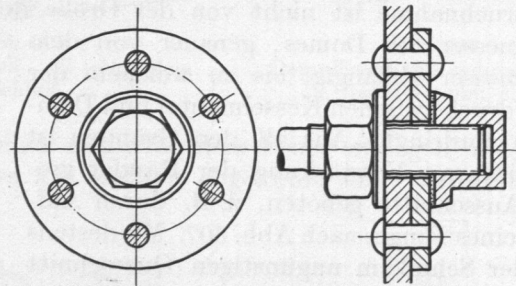


Abb. 516. Anker.

die zuletzt geschlossen werden sollen. Zu verstemmende Kanten müssen etwas zurücktreten und zugänglich gehalten werden.

Größere ebene Wände werden durch Anker, Ankerrohre, Stehbolzen, aufgenietete Träger oder Eckbleche versteift. Abb. 516 zeigt einen Anker mit einer geschlossenen Mutter unter gleichzeitiger Verstärkung der Angriffstelle durch eine aufgenietete Platte. Ankerrohre, Abb. 517, werden an Rauch- und Wasserrohrkesseln zwischen den Siede-

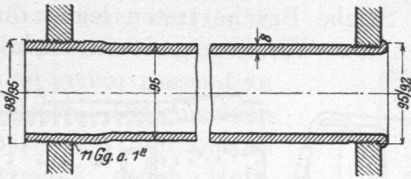


Abb. 517. Ankerrohr.

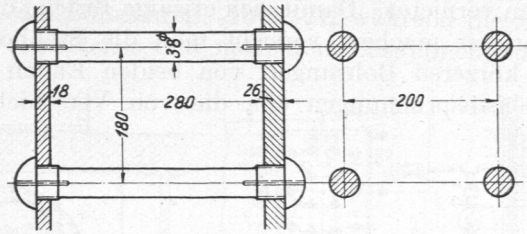


Abb. 518. Stehbolzen.

rohren, Abb. 513, verteilt angeordnet, haben größere Wandstärke und werden in den Böden oder Wandungen eingeschraubt, aufgewalzt und mindestens auf der Feuerseite

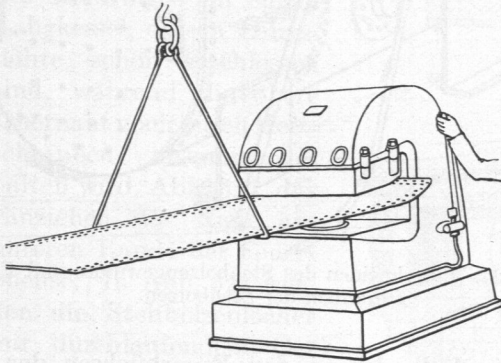


Abb. 519. Anbiegen der Kesselschüsse.

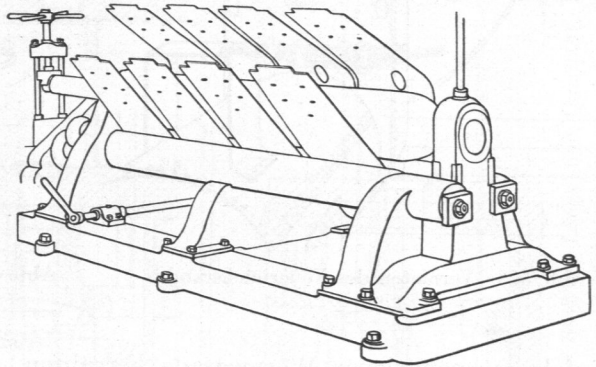


Abb. 520. Biegen der Stehkesselbleche.

umgebördelt. Stehbolzen, Abb. 518, dienen zur Versteifung naher Wände und tragen an beiden Enden Gewinde, das durchlaufen muß, um Zwängungen beim Einziehen,

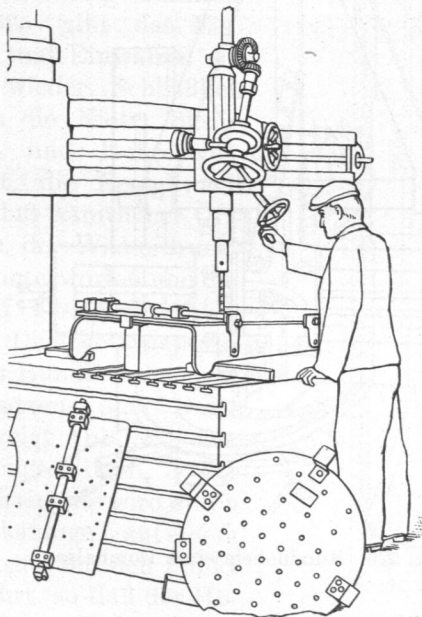


Abb. 521. Bohren einer Feuerbüchswand unter Benutzung von Bohrlehren.

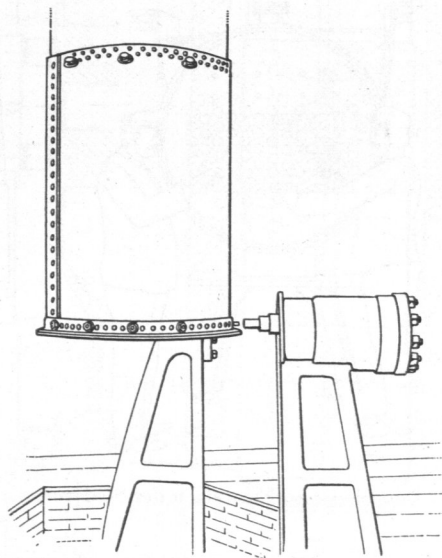


Abb. 522. Annieten des Bordringes am Langkessel.

das mittels eines an den Bolzen sitzenden Vierkants erfolgt, zu vermeiden. Nach Entfernung der Schraubengänge und des Vierkants an den vorstehenden Enden werden die

Bolzen vernietet. Damit sich etwaige Brüche durch Ausströmen von Wasser oder Dampf bemerkbar machen, versieht man die Stehbolzen mit einer durchlaufenden oder mit zwei kürzeren Bohrungen von beiden Enden her. Solche Brüche treten leicht durch Biegebeanspruchungen ein, die von Verschiebungen der Wände gegeneinander meist

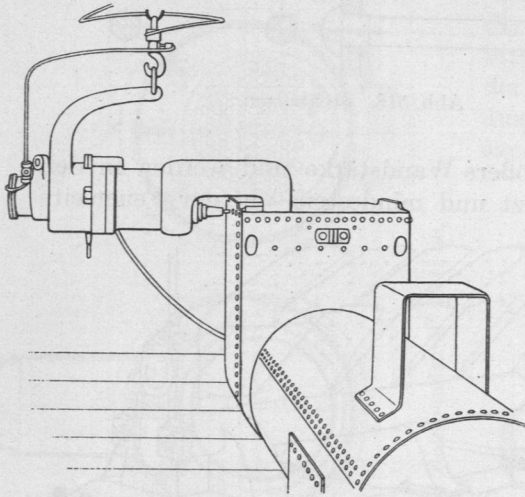


Abb. 523. Vernieten des Feuerbüchsrandes.

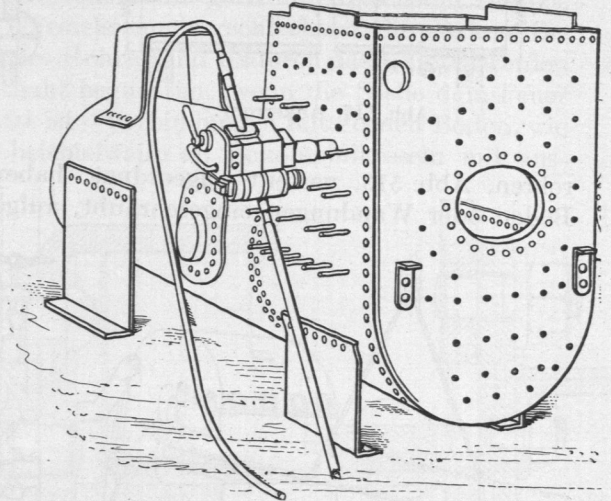


Abb. 524. Einschneiden des Stehbolzengewindes und Einschrauben der Stehbolzen.

infolge verschiedener Wärmegrade herrühren, ein Fall, der an den Feuerbüchsen der Lokomotiven und Lokomobilen häufig vorkommt.

Einige wichtige Stufen der Herstellung von Kesseln sind in den Abb. 519 bis 526 nach Aufnahmen der Maschinenfabrik H. Lanz, Mannheim u. a.

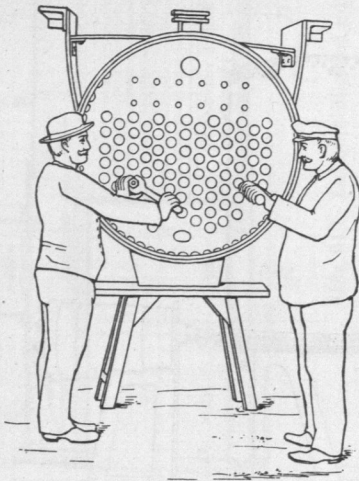


Abb. 525. Einziehen und Einwalzen der Siederohre.

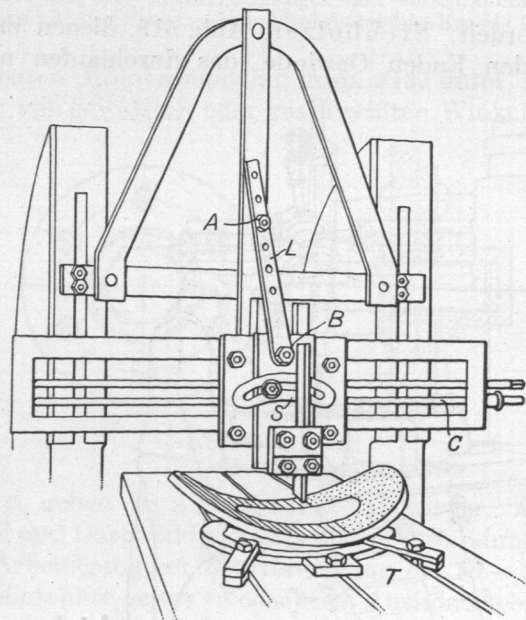


Abb. 526. Rundhobeln eines Domhalses.

wiedergegeben. Die für den Kesselmantel bestimmten Bleche werden in ungerolltem Zustande angerissen, an den Längskanten gehobelt und zu mehreren gleichzeitig gebohrt. Vollrunde Kesselschüsse biegt man dann an den Enden an, Abb. 519, und bringt sie ähnlich wie die Stehkesselbleche, Abb. 520, auf der Biegemaschine allmählich in die endgültige Form. Das Bohren der gepreßten Böden und äußeren Feuer-

8. Berechnungsbeispiele.

1. Nachrechnung des Zweiflammrohrkessels, Abb. 527, von J. Piedboeuf, Aachen. $D = 2200$ mm Durchmesser, $p = 10$ at Überdruck. Wandstärke der Schüsse $t = 17,5$, der Böden $t_1 = 21$ mm. Nietdurchmesser $d = 22$ mm. (Unnormal, da der Kessel vor der Dinormung ausgeführt wurde.) Maschinennietung.

a) Längsnähte. Dreireihige Doppellasschennietung mit einschnittigen Nieten in der äußersten Reihe, Abb. 528. Feldbreite $e = 287,2$ mm mit je $n_2 = 7$ zweischnittigen und $n_1 = 2$ einschnittigen Nieten. Kraft in einem Felde (110):

$$P_e = \frac{D \cdot p \cdot e}{2} = \frac{220 \cdot 10 \cdot 28,72}{2} \approx 31600 \text{ kg.}$$

Belastung der Niete auf Gleitwiderstand:

$$k_n = \frac{P_e}{(n_1 + 2 \cdot n_2) \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{31600}{(2 + 2 \cdot 7) \cdot 3,80} = 520 \text{ kg/cm}^2. \quad (\text{Zulässig } 700, \text{ nach Bach } 550 \text{ kg/cm}^2.)$$

Beanspruchung des Bleches in der äußersten einschnittigen Nietreihe, unter Abzug des in den Bestimmungen vorgeschriebenen Zuschlages von 0,1 cm, auf P_e kg berechnet:

$$\sigma_z = \frac{P_e}{(e - 2d) \cdot (t - 0,1)} = \frac{31600}{(28,72 - 2 \cdot 2,2) \cdot (1,75 - 0,1)} = 788 \text{ kg/cm}^2.$$

(Bei einer Festigkeit des Bleches von $K_z = 3600$ kg/cm² und $\mathcal{S} = 4$ facher Sicherheit wäre $k_z = \frac{K_z}{\mathcal{S}} = 900$ kg/cm² Spannung zulässig.) Beanspruchung in der zweiten Nietreihe, unter Abzug der von den zwei einschnittigen Nieten der äußersten Reihe aufgenommenen Kraft auf

$$P' = \frac{31600 \cdot 14}{16} = 27650 \text{ kg berechnet:}$$

$$\sigma'_z = \frac{P'}{(e - 3d) \cdot (t - 0,1)} = \frac{27650}{(28,72 - 3 \cdot 2,2) \cdot (1,75 - 0,1)} = 758 \text{ kg/cm}^2,$$

in der inneren Nietreihe mit

$$P'' = \frac{31600 \cdot 8}{16} = 15800 \text{ kg Belastung:}$$

$$\sigma''_z = \frac{P''}{(e - 4d) \cdot (t - 0,1)} = \frac{15800}{(28,72 - 4 \cdot 2,2) \cdot (1,75 - 0,1)} = 481 \text{ kg/cm}^2.$$

Beanspruchung des Kesselschusses an der Ansatzstelle des Domes. Der Schuß von $L = 2006$ mm Länge ist durch den Mannlochausschnitt in einer Breite von $b = 325$ mm und 4 Nietlöcher von je $d = 22$ mm Durchmesser geschwächt.

$$\sigma_z = \frac{D \cdot p \cdot L}{2(L - b - 4d) \cdot (t - 0,1)} = \frac{220 \cdot 10 \cdot 200,6}{2(200,6 - 32,5 - 4 \cdot 2,2)(1,75 - 0,1)} = 840 \text{ kg/cm}^2.$$

Der Schuß ist durch Aufnieten eines ovalen Ringes verstärkt.

b) Quernähte. Zweireihige Überlappungsnietung; $e' = 81$ mm mit je zwei einschnittigen Nieten von $d = 22$ mm Durchmesser. Belastung der Niete:

$$P'_e = \frac{D \cdot p \cdot e'}{4} = \frac{220 \cdot 10 \cdot 8,1}{4} = 4455 \text{ kg.}$$

Beanspruchung auf Gleiten:

$$k_n = \frac{P'_e}{2 \cdot \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{4455}{2 \cdot 3,80} = 586 \text{ kg/cm}^2.$$

Zugbeanspruchung im Bleche:

$$\sigma'_z = \frac{P'_e}{(e-d) \cdot (t-0,1)} = \frac{4455}{(8,1-2,2)(1,75-0,1)} = 458 \text{ kg/cm}^2.$$

c) Beanspruchung der gewölbten Böden, als Kugelwandung mit $R = 3000$ mm Halbmesser berechnet (123):

$$\sigma_z = \frac{p \cdot R}{2 \cdot t_1} = \frac{10 \cdot 300}{2 \cdot 2,1} = 715 \text{ kg/cm}^2. \quad (\text{Zulässig } 750 \text{ kg/cm}^2).$$

d) Wellrohr. Rechnungsmäßig beträgt die Wandstärke nach Formel (135)

$$t = \frac{p \cdot d_i}{1200} + 0,2 = \frac{10 \cdot 85}{1200} + 0,2 = 0,91 \text{ cm},$$

die bei eingebauten Feuerrosten um 0,1 cm Zuschlag auf $t = 1,01$ cm erhöht werden müßte. Ausgeführt ist das Flammrohr mit 11 mm Stärke.

2. Berechnung und konstruktive Durchbildung der Vernietung des Dampfdomes, Abb. 529.

$D = 700$ mm Durchmesser, Betriebsdruck $p = 12$ at Überdruck; Höhe des Dommantels 700 mm über Kesseloberkante. Die Festigkeit des verwandten Bleches sei $K_z = 3600$ kg/cm². Maschinennietung.

Nach (111)

$$P_{1 \text{ cm}} = \frac{D \cdot p}{2} = \frac{70 \cdot 12}{2} = 420 \text{ kg}$$

erscheint gemäß Zusammenstellung 76 einreihige Überlappungsnietung ausreichend und zweckmäßig. Mit $\mathcal{S} = 4,5$ facher Sicherheit wird

$$k_z = \frac{K_z}{\mathcal{S}} = \frac{3600}{4,5} = 800 \text{ kg/cm}^2,$$

$$t = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \varphi \cdot k_z} + 0,1$$

$$= \frac{70 \cdot 12}{2 \cdot 0,58 \cdot 800} + 0,1 = 1,05 \text{ cm}.$$

Gewählt in Rücksicht auf die Krempe am unteren Rande des Dommantels: $t = 12$ mm.

Nietdurchmesser nach Abb. 469

$$d = 20 \text{ mm}.$$

Teilung $e = 2d + 0,8 = 2 \cdot 2 + 0,8 = 4,8$ cm (113).

$$P_e = \frac{D p \cdot e}{2} = \frac{70 \cdot 12 \cdot 4,8}{2} = 2016 \text{ kg}.$$

Beanspruchung der Niete

$$k_n = \frac{P_e}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{2016}{3,14} = 642 \text{ kg/cm}^2.$$

Beanspruchung des Bleches in der Nietnaht (116):

$$\sigma_z = \frac{P_e}{(t-0,1)(e-d)} = \frac{2016}{(1,2-0,1)(4,8-2)} = 655 \text{ kg/cm}^2.$$

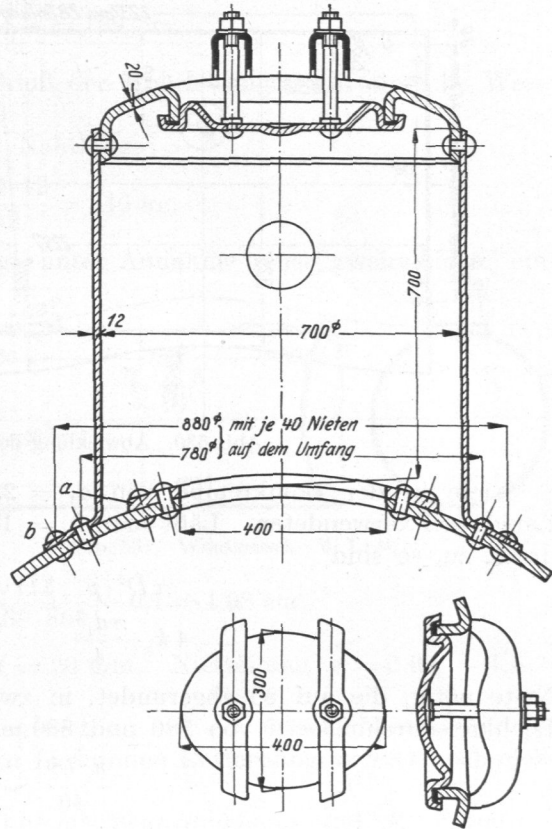


Abb. 529. Dampfdom. M. 1 : 15.

Die Nietteilung am Domboden könnte in Rücksicht auf die Festigkeit doppelt so groß wie in der Längsnaht sein, also $e = 9,6$ cm betragen. Der gleiche Wert ergibt sich auch auf Grund des Verstemmens, indem $8 \cdot t = 8 \cdot 1,2 = 9,6$ cm ist. Aus dem mittleren Umfang U des Mantelblechs würde damit die Zahl der Teilungen

$$\frac{U}{e} = \frac{\pi(D+t)}{e} = \frac{\pi(70+1,2)}{9,6} = 23,3.$$

Gewählt in Rücksicht auf bessere Abdichtung 28 Teilungen zu je 7,99 cm.

In der Längsnaht, die wegen der in der Längsebene des Kessels liegenden Stützen für die Dampfleitung und die Sicherheitsventile in der Querebene angeordnet wurde, bleiben, wenn das untere Ende nach Abb. 504 auf der Strecke $a-b$ der Bördelung wegen geschweißt wird, als Nahtlänge 672 mm oder 14 Teilungen zu je 48 mm übrig.

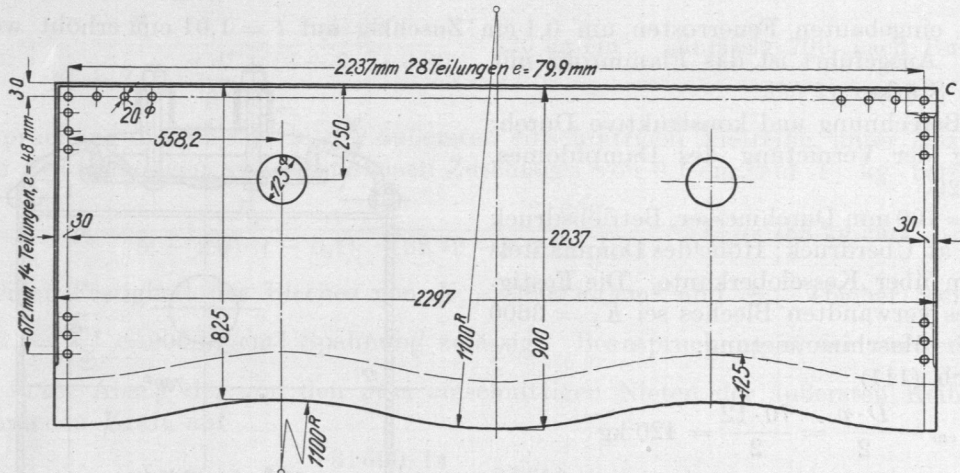


Abb. 530. Abwicklung des Dommantels M. 1 : 20.

Niete in der Domkrempe von $d_1 = 23$ mm Durchmesser, entsprechend den am Langkessel verwendeten. Läßt man $k_z = 150$ kg/cm² Zugspannung durch den Dampfdruck zu, so sind

$$n = \frac{\pi D^2 \cdot p}{4 k_z \cdot \frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 70^2}{4} \cdot \frac{12}{150 \cdot 4,15} = 74,2$$

Niete nötig, die auf 80 abgerundet, in zwei Reihen von je 40 Stück angeordnet, zu Lochkreisdurchmessern von 780 und 880 mm führen. Kleinster Nietabstand

$$\frac{\pi \cdot 780}{40} \sim 61 \text{ mm.}$$

Abb. 530 zeigt die Abwicklung des Dommantels mit den zum Anreißen der Nietlöcher nötigen Maßen. Auch am Stoß, der unter Zuschärfung des Bleches bei c gebildet ist, können die berechneten Teilungen in der Längs- und Quernaht ohne Schwierigkeit eingehalten werden. Die für die Anordnung der Niete am Domflansch nötigen Maße sind im Schnitt, Abb. 529, angegeben, weil die Löcher erst nach Herstellung der Bördelung angerissen und gebohrt werden können. Zum Anreißen derselben pflegt man dünne Blechlehren zu benutzen, die sich, über den Dom geschoben, der Krümmung des Flansches anschmiegen.

3. Ein liegender Windkessel von $V = 1,20$ m³ Inhalt ist unter Verwendung normaler gewölbter Böden für $p = 12$ at Betriebsdruck aus Blech von $K_z = 3600$ kg/cm² Festigkeit nach den für Dampfkessel geltenden Vorschriften zu entwerfen. Die Maultiefe der vorhandenen Nietmaschine beträgt 2000 mm. Die anzuschließenden Rohrleitungen haben 150 mm lichte Weite und 1200 mm Abstand voneinander.

Um die Rundnähte bequem schließen zu können, muß einer der Böden nach innen gewölbt sein, Abb. 531, da sonst ein Mannloch zum Befahren des Kessels wegen des Festhaltens der Setzköpfe beim Einziehen der Niete nötig wäre. Das Nieten müßte zudem von Hand erfolgen. In Rücksicht auf die vorhandene Nietmaschine darf der Abstand der linken Quernaht vom rechten Kesselschlußrand 2000 mm nicht überschreiten; andererseits wird man aber den Durchmesser des Schusses so klein wie möglich nehmen, um den Kessel leicht und billig zu machen, weil sowohl die Stärke der Wandung, wie die der Böden, mit dem Durchmesser zunimmt.

Bei $L_0 = 2000$ mm Schußlänge wäre der Mindestquerschnitt

$$F = \frac{V}{L} = \frac{1200000}{200} = 6000 \text{ cm}^2$$

und der entsprechende Durchmesser 874 mm: Gewählt $D = 900$ mm. $F = 6362 \text{ cm}^2$; lichte Länge des Kessels

$$L = \frac{V}{F} = \frac{1200000}{6362} = 189 \text{ cm.}$$

Ausgeführt $L = 1900$ mm, wobei der Anschluß der Rohrleitungen auf einfache Weise längs des Scheitels des Kessels möglich ist.

Längsnaht. Kraft auf ein Zentimeter Nahtlänge:

$$P_{1\text{cm}} = \frac{D \cdot p}{2} = \frac{90 \cdot 12}{2} = 540 \text{ kg.}$$

Nach Zusammenstellung 76, Seite 279, folgt unter Annahme einer zweireihigen, einschneittigen Überlappungsniertung ein Mittelwert für $\varphi = 0,69$ und bei $\mathcal{S} = 4,5$ facher Sicherheit die zulässige Beanspruchung auf Zug in der Wandung

$$k_z = \frac{K_z}{\mathcal{S}} = \frac{3600}{4,5} = 800 \text{ kg/cm}^2.$$

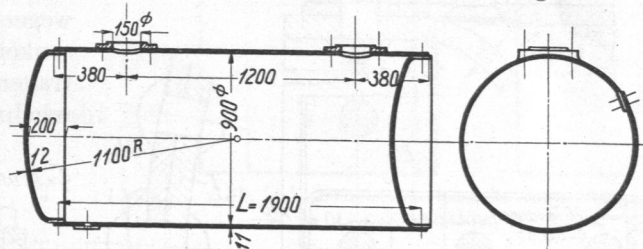


Abb. 531. Windkessel. M. 1 : 40.

Blechstärke:

$$t = \frac{D \cdot p}{2 \cdot \varphi \cdot k_z} + 0,1 = \frac{90 \cdot 12}{2 \cdot 0,69 \cdot 800} + 0,1 = 1,08 \text{ cm.}$$

Gewählt: $t = 11$ mm. Nietdurchmesser $d = 20$ mm. Nietteilung $e = 2,6d + 1,5 = 2,6 \cdot 2 + 1,5 = 6,7$ cm.

Quernaht. Eine einreihige Überlappungsniertung mit $e = 6,7$ cm Nietabstand genügt, da die Grenze der wegen Dichtigkeit zu fordernden Entfernung von $8t$ noch nicht erreicht ist.

Stärke des Kesselbodens bei $k = 650 \text{ kg/cm}^2$ Beanspruchung und $R = 1100$ mm Wölbungshalbmesser, Formel (123)

$$t_1 = \frac{p \cdot R}{2 k_z} = \frac{12 \cdot 110}{2 \cdot 650} = 1,04 \text{ cm.}$$

Gewählt $t_1 = 12$ mm. Die Nachrechnung des nach innen gewölbten Bodens auf Einbeulen liefert nach Formel (125)

$$k_0 = A - B \sqrt{\frac{R}{t_1}} = 2600 - 115 \sqrt{\frac{110}{1,2}} = 1498 \text{ kg/cm}^2,$$

während die Grenze für

$$k_0 = \frac{k}{0,4} = \frac{650}{0,4} = 1625 \text{ kg/cm}^2$$

wäre. Es ist mithin genügende Sicherheit gegen Einbeulen vorhanden.

Der Entwurf des Kessels führt bei $h = 70$ mm zylindrischer Krempehöhe des Bodens, $3d = 60$ mm Überlappung an den Quernähten und 1900 mm Abstand der Quernähte voneinander zu 1930 mm Entfernung der linken Quernaht vom rechten Kesselschlußrande, wofür die Nietmaschine ausreicht.

Teilung der Quernaht aus dem mittleren Umfange des Schusses. Zahl der Niete:

$$n = \frac{\pi(D+t)}{e} = \frac{\pi(90+1,1)}{6,7} = 42,7.$$

Gewählt 42 Niete in je

$$e = \frac{\pi(D+t)}{n} = \frac{\pi(90+1,1)}{42} = 6,81 \text{ cm}$$

Abstand.

Belastung der Niete auf Gleitwiderstand

$$k_n = \frac{D \cdot e \cdot p}{4 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{90 \cdot 6,81 \cdot 12}{4 \cdot 3,14} = 585 \text{ kg/cm}^2. \text{ Zulässig.}$$

Beanspruchung des Bleches in der Nietnaht:

$$\sigma_z = \frac{D \cdot e \cdot p}{4(t-0,1) \cdot (e-d)} = \frac{90 \cdot 6,81 \cdot 12}{4(1,1-0,1) \cdot (6,81-2)} = 382 \text{ kg/cm}^2.$$

Nachrechnung der Längsnaht. An dem nach außen gewölbten Boden muß der Abstand des ersten Niets von der Quernaht wegen der Bildung des Kopfes 55, am andern wegen der Wölbung des Bodens trotz Versenkens des Nietkopfes sogar 60 mm betragen, Abb. 532. Damit wird die für die regelmäßige Teilung verfügbare Strecke

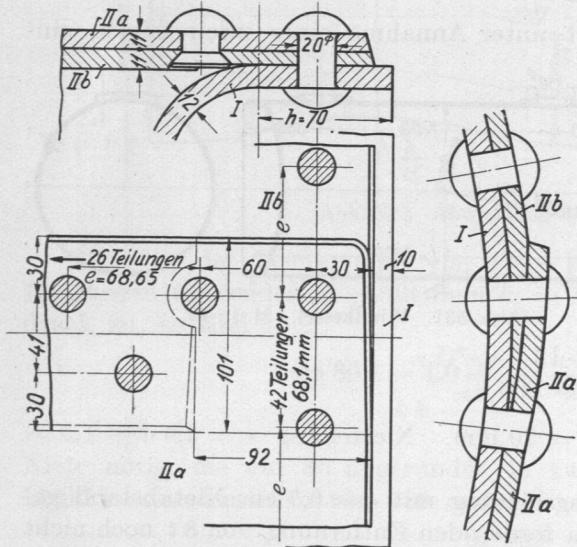


Abb. 532. Dreiplattenstoß am rechten Ende des Windkessels, Abb. 531, M. 1 : 4.

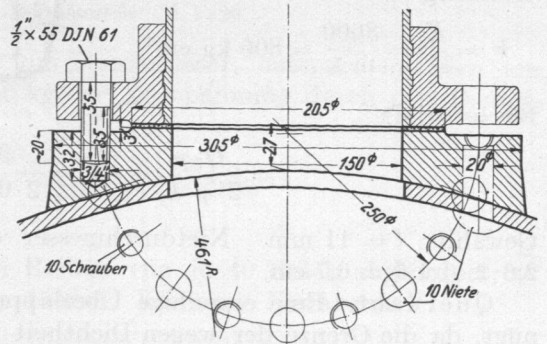


Abb. 533. Rohranschluß am Windkessel, Abb. 531, M. 1 : 10.

der Längsnaht $1900 - 55 - 60 = 1785$ mm, die, in 26 gleiche Teile eingeteilt, zu

$$e = \frac{1785}{26} = 68,65 \text{ mm}$$

führt. Beanspruchung der Niete auf Gleitwiderstand (120):

$$k_n = \frac{D \cdot p \cdot e}{4 \cdot \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{90 \cdot 12 \cdot 6,865}{4 \cdot 3,14} = 590 \text{ kg/cm}^2. \text{ Zulässig.}$$

Zugbeanspruchung des Bleches in der Naht (116):

$$\sigma_z = \frac{D \cdot e \cdot p}{2(t-0,1)(e-d)} = \frac{90 \cdot 6,865 \cdot 12}{2(1,1-0,1) \cdot (6,865-2)} = 762 \text{ kg/cm}^2. \text{ Zulässig.}$$

Die Rohrflansche erhalten nach den Normen der Rohrleitungen für Dampf von hoher Spannung 1912 10 Stück $\frac{3}{4}$ " Schrauben auf einem Lochkreis von 250 mm Durchmesser, Abb. 533. Druck aus dem mittleren Packungsdurchmesser $D_m = 177,5$ mm berechnet:

$$P = \frac{\pi}{4} D_m^2 \cdot p = \frac{\pi}{4} \cdot 17,75^2 \cdot 12 = 2940 \text{ kg.}$$

Gewählt 10 Niete von $d = 20$ mm Durchmesser, zwischen den Schrauben angeordnet. Zugbeanspruchung:

$$\sigma_z = \frac{P}{10 \cdot \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{2940}{10 \cdot 3,14} = 93,5 \text{ kg/cm}^2. \quad \text{Zulässig.}$$

C. Dichte Nietverbindungen.

Bei Gas- und Wasserbehältern für geringen Druck brauchen die Nietverbindungen keine größeren Kräfte zu übertragen, müssen dagegen die Bleche so stark aufeinanderpressen, daß die Fugen dauernd dicht bleiben.

1. Berechnung der Wandungen.

Behälter für Luft und Gase sind nach allen Richtungen gleichem Drucke ausgesetzt. In solchen für Flüssigkeiten nimmt der spezifische Druck p mit der Tiefe geradlinig zu. Ist das Raumgewicht γ kg/dm³, so beträgt p in der Tiefe von h Metern, Abb. 534,

$$p = \frac{\gamma \cdot h}{10} \text{ kg/cm}^2. \quad (138)$$

Für Wasser mit $\gamma = 1$ kg/dm³ vereinfacht sich der Ausdruck zu

$$p = \frac{h}{10} \text{ kg/cm}^2. \quad (138a)$$

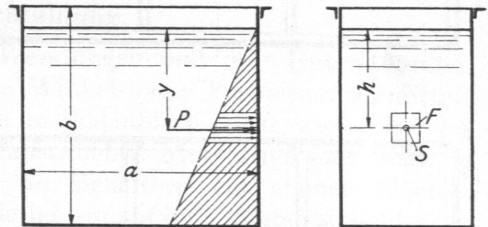


Abb. 534. Druckverteilung in einem Flüssigkeitsbehälter.

Der Druck P auf eine Fläche F in Quadratcentimetern wird

$$P = p \cdot F = \frac{\gamma \cdot h}{10} \cdot F \text{ kg,} \quad (139)$$

p und h sind im Schwerpunkte S der Fläche zu messen. Dagegen liegt der Angriffspunkt dieses Druckes in der Tiefe

$$y = \frac{J}{S}, \quad (140)$$

wenn J das Trägheits-, S das statische Moment der Fläche F in bezug auf die Schnittlinie ihrer Ebene mit dem Flüssigkeitsspiegel bedeutet. Bei tiefen Behältern können die Unterschiede im Druck verschiedene Wandstärken in den oberen und unteren Teilen zweckmäßig erscheinen lassen. Steht die Flüssigkeit in einem geschlossenen Behälter unter dem Druck p_1 kg/cm², so erhöht sich die spezifische Pressung an der Wand überall um p_1 .

In zylindrischen Behältern mit senkrechter Achse sind alle Teile des Umfanges in derselben Tiefe gleichmäßig auf Zug beansprucht; die Blechstärke t kann nach den für Kesselwandungen geltenden Formeln bestimmt werden. Bezeichnet

D den Durchmesser in cm,

p den größten spezifischen Druck, der auf das Blech wirkt, der also an der tiefsten Stelle des betreffenden Schusses zu bestimmen ist, in kg/cm²,

t die Wandstärke in cm,

φ die Schwächungszahl,

k_z die zulässige Beanspruchung auf Zug, in kg/cm²,