

XXII. K O L B E N.

§. 225.

Verschiedene Arten von Kolben und Kolben-Verschlüssen.

Stempel oder Kolben sind Organe zur Aufnahme der Bewegung von Flüssigkeiten und zum Uebertragen von Bewegung auf Flüssigkeiten tropfbarer oder gasförmiger Natur. Sie wirken durch ihre relative Bewegung gegen Gefässe, in welchen sie durch Aenderung ihrer Lage Veränderungen der von denselben umschlossenen Räume verursachen.

Ein Kolben muss behufs der räumlichen Theilung des ihn umgebenden Gefässes oder Stiefels mit einem die Bewegung gestattenden mehr oder weniger dichten Verschluss an den Gefässwänden anliegen, welcher Verschluss demnach in seiner Einrichtung von der Form des Kolbens und des Stiefels abhängig ist. Die gebräuchlichste Kolbenbewegung ist die geradlinige und deshalb die gewöhnliche Kolbenform eine prismatische, welche zudem für die Mehrzahl der Fälle in die des Kreiscylinders gebracht wird. Hier sollen nur die cylindrischen Kolben behandelt werden; aus den für diese gültigen Grundsätzen lässt sich die Construction anders geformter Kolben dann leicht ableiten.

Der dichte Verschluss wird auf mancherlei verschiedene Weisen bewirkt. Eine der gebräuchlichsten Dichtungsarten ist die der Stopfdichtung oder Stopfung, bei welcher elastisch nachgiebige Körper den Kolben in Form eines Ringes umgeben, der gegen die eine der Cylinderflächen während deren Bewegung angepresst wird, in die Gegenwand aber versenkt ist. Das Liderungsmaterial oder die Packung wird durch passende stellbare Vorrichtungen so fest angepresst, dass sie die abzusperrende Flüssigkeit nicht durchlässt.

Je nach der Lage des Packringes in der Wand des Hohlcyllinders, oder in derjenigen des Vollcyllinders kann man innere

oder Hohlpackung und äussere Packung unterscheiden, Fig. 383 und 384, auch eine zweifache Dichtung, welche eine äussere und eine innere an einem Kolben vereinigt, bilden, Fig. 385. Die erstere wird mit Vorzug eine Stopfbüchsendichtung, die zweite eine Kolbendichtung genannt. Lässt man den Stiefel an der einen Seite offen, wie in Fig. 383 bis 385 angedeutet, so heisst der Kolben einfachwirkend; die Formen Fig. 384 und 385 werden

Fig. 383.

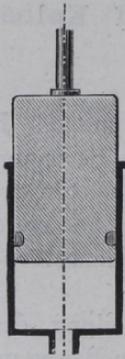


Fig. 384.

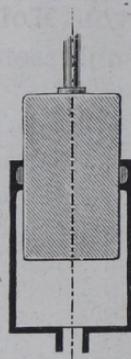
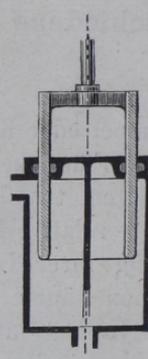


Fig. 385.



insbesondere Tauchkolben oder Taucher genannt; der Kolben Fig. 385 führt auch den Namen Perspektivkolben.

Wird der Stiefel auch auf der andern Seite des Kolbens verschliessbar gemacht, Fig. 386, 387, 388, so kann der Kolben doppeltwirkend gebraucht werden und wird danach benannt. Der Kolben Fig. 386 heisst häufig ein Scheibenkolben. Um einen

Fig. 386.

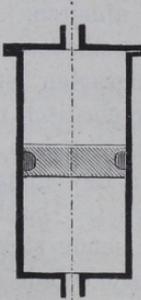


Fig. 387.

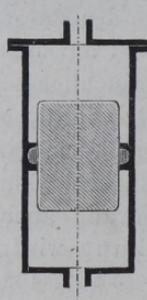
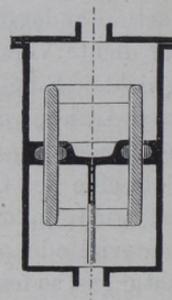


Fig. 388.



doppeltwirkenden Kolben von dem Raume ausserhalb des Stiefels aus bewegen zu können, versieht man denselben in der Regel mit

einer nach aussen gehenden Kolbenstange, Fig. 389 und 390, welche selbst einen Kolbenverschluss bekommt und dann nichts anderes ist, als ein mit dem ersten Kolben verbundener Tauchkolben, der gewöhnlich mit Hohlpackung *a* versehen wird (Fig. 384), doch auch äussere Dichtung erhalten kann, wie bei *a'*, Fig. 389, punktirt ist. Dieser zweite Kolben wirkt als Taucher auf die Flüssigkeit, sodass letztere über und unter den Kolben eine verschiedene Einwirkung erfährt. Soll diese Verschiedenheit vermieden werden, so wird auf der Gegenseite des Hauptkolbens eine der ersten gleiche Kolbenstange angebracht, wie in Fig. 389 punktirt ist. Die Kolbenstange kann auf verschiedene Arten vermieden werden, u. a. nach Fig. 391, wo ein Kurbelgetriebe in das Innere des Stiefels gelegt ist; eine andere Methode besteht darin, dass man den Kolben durch Flüssigkeitsdruck in Bewegung setzt (die hydraulische Presse, Joy's Dampfhammersteuerung u. s. w.).

Fig. 389.

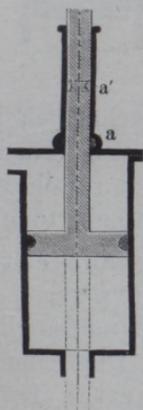


Fig. 390.

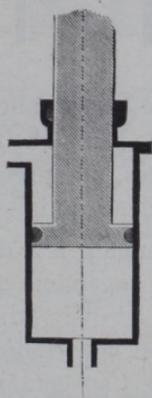
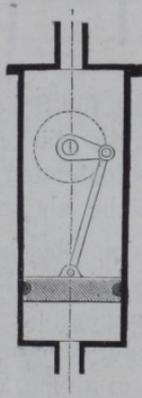


Fig. 391.



Einfach- und doppeltwirkende Kolben erhalten oft Durchlassöffnungen, welche mit Ventilen versehen werden, und heissen dann Ventilkolben, auch durchbrochene, gegenüber den bisher besprochenen massiven Kolben.

Bei der bis hierher vorausgesetzten Dichtungsart muss der dichte Verschluss durch fremden Druck auf die Packung herbeigeführt werden. Denkt man sich zwischen Packung und Gleitfläche eine dünne Schicht der abzusperrenden Flüssigkeit, Wasser, Luft, Dampf u. s. w. gelagert, so wird offenbar die gepresste Flüssigkeit von der stärker gedrückten Seite des Kolbens nach der

schwächer gedrückten nicht wandern können, wenn der Druck auf die Packung so gross ist, dass die vermittelnde Flüssigkeitsschicht dieselbe Spannung hat, welche auf der stärker gepressten Kolben-seite herrscht. Diese Spannung wird aber zwischen Packung und Gleitfläche hervorgerufen bei den sogenannten selbstthätigen, selbstschliessenden oder autoclaven Dichtungen.

Fig. 392 und 393 selbstschliessende sogenannte Stulpdichtungen für Scheibenkolben und Tauchkolben; die stärker gepresste Flüssigkeit drückt auf die Rückseite des verschliessenden (Leder-) Stulpes, so dass dieser mit der vorhin erwähnten Kraft an die Gleitfläche gepresst wird. Fig. 394, Metall-Liderung,

Fig. 392.

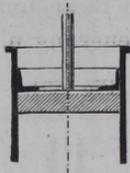


Fig. 393.

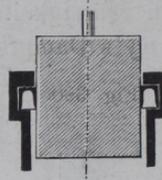
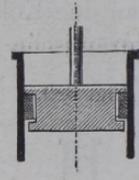


Fig. 394.



meistens für Scheibenkolben, doch auch für Tauchkolben angewandt; die stärker gespannte Flüssigkeit hat Zutritt zur Rückseite des abdichtenden Metallringes, und presst denselben sowohl an die Gleitfläche, als an die eine der Randflächen der Ringbettung.

Dem Blasebalg entnommen ist die Membrandichtung, welche bei den Kolben der sogenannten Priesterpumpe, Fig. 395, angewandt ist. Sie ist bei wirklich undurchdringlichem Stoffe der Membran ganz frei von Undichtheiten. Diese Membran wurde u. a. von Metall (Stahl) ausgeführt von Martini (1852) in

Fig. 395.

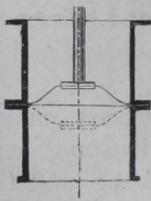


Fig. 396.

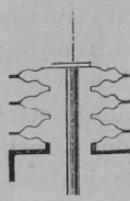
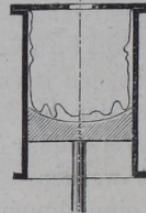


Fig. 397.



einer Dampfmaschine; um sie recht elastisch zu machen, wird sie gewellt und wiederholt angewandt (Manometer), Fig. 396. Eine

Abänderung der Membrandichtung ist die Schlauch- oder Sackdichtung, in Fig. 397 für einen Tauchkolben angegeben*).

Unter die selbstschliessenden Kolbendichtungen gehören auch die hydrostatischen oder Wasserschluss-Dichtungen, Fig. 398 und 399, hier beide für Tauchkolben gezeichnet. Die erstere Form wird u. a. zur Wasserförderung bei Setzmaschinen (Aufbereitungsmaschinen), letztere bei Gasbehältern, Luftpumpen, bei dem Seiler'schen Luftdruck-Hebezeug, bei der Taucherglocke bei den Luftkasten der Unterwasserbauten (Pfeilergründungen)

Fig. 398.

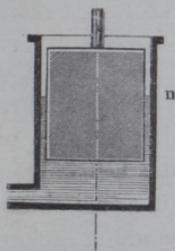


Fig. 399.

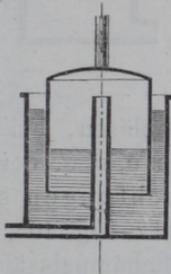
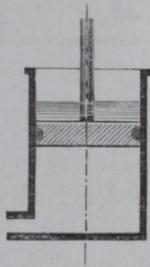


Fig. 400.



u. s. w. aufs mannigfachste benutzt. Stulpdichtungen und gewöhnliche Stopfdichtungen werden nicht selten durch Bedeckung des Kolbens mit einer Wasser- oder Oelschicht gegen Luftdurchlass sichergestellt (Fig. 400).

Eine letzte Klasse der Kolbendichtungen bilden die offenen Dichtungen, Fig. 401 (a. f. S.), welche der abzuschliessenden Flüssigkeit freien Zugang zu einer labyrinthartig gebildeten Umgebung des Kolbens gestatten, und deshalb Labyrinthdichtungen heissen können. Diese Kolbenverschlüsse werden vorzugsweise für Luftabschluss gebraucht. Die abzusperrende Luft ergiesst sich vermöge des Wechsels der dargebotenen Kanalquerschnitte mit fortwährend verzögerter Geschwindigkeit durch das Labyrinth, sodass ihre Spannung an dem Ausgang auf der Gegenseite des Kolbens wesentlich kleiner ist, als auf der Druckseite, um so kleiner, je grösser die Kolbengeschwindigkeit in der Richtung des Luftdurchganges ist (s. Weisbach Mech. III. 2. Abth. §. 410). An der untersten Grenze der Labyrinthdichtungen stehen die Dichtungen, bei

*) Von Dr. Taehau in kleinem Maasstabe (wohl zuerst) für eine Luftverdichtungspumpe mit ausgezeichnetem Erfolge benutzt.

welchen der Kolben als einfache Platte mit seinen Rändern in kleiner Entfernung an den Gefässwänden entlang geht (Fig. 402), wie es z. B. bei der sogenannten Scheibenkunst zur Wasserhebung, bei den Kropfrädern (mittelschlächtigen Wasserrädern), bei den Ven-

Fig. 401.

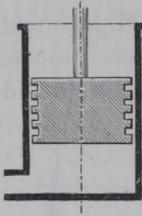


Fig. 402.

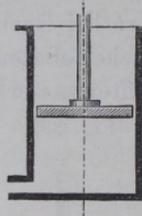
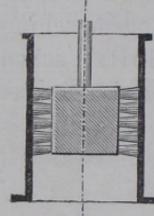


Fig. 403.



tilatoren oder Flügelradgebläsen, bei dem Fabry'schen, dem Lemielle'schen Ventilator u. s. w. der Fall ist. An der oberen Grenze der Labyrinthdichtungen stehen die Luftkolbendichtungen mit Bürstenbesatz, Fig. 403, welche u. a. bei einer Luftdruckeisenbahn beim Sydenhampalast in Anwendung gekommen sind.

Cylindrische Kolben, welche ohne alle Packung dicht eingeschliffen werden, sind nicht häufig. Kleine Anwendungen finden sich bei den Indicatoren, grössere, und wie es scheint sehr befriedigende u. a. bei den Metz'schen Feuerspritzen, wo dieselben sowohl für Wasser- als für Luftförderung dienen. Unter Umständen geht im Gebrauch ein Metallringkolben in Zustände über, bei welchen er sich so verhält, als ob er als fester Cylinder dicht eingeschliffen wäre*).

§. 226.

Stopfbüchsen.

Der Unterschied zwischen den Stopfbüchsen und Kolbendichtungen ist, wie oben erörtert, nur ein constructiver; bei der Stopfbüchsen-Dichtung wird das Liderungsmaterial oder die Packung (Hanf, Leder, Gummi, Filz, Sägespähne, Metall-Segmente) auf der concaven Wandfläche des umschliessenden Körpers an-

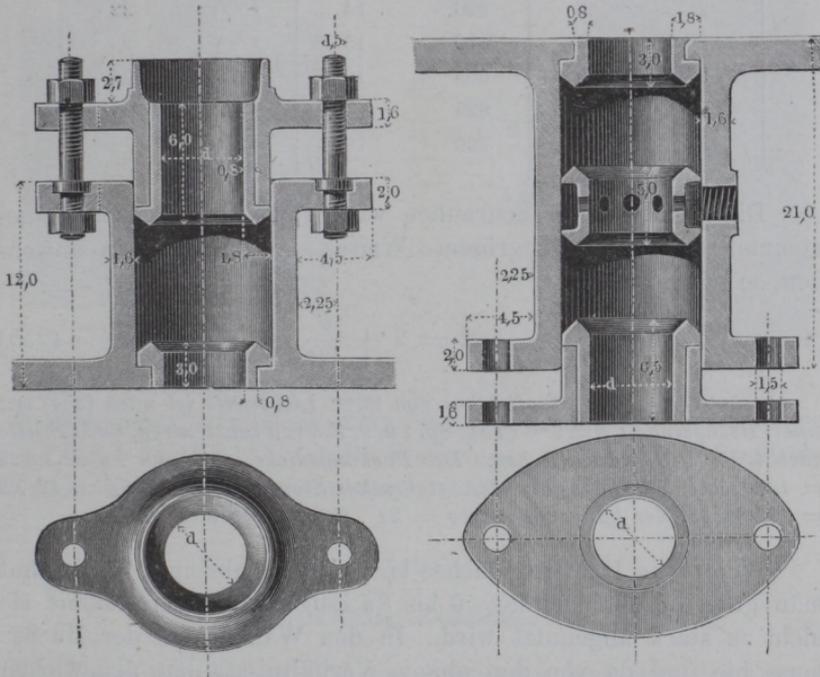
*) Siehe Constructionslehre für den Maschinenbau, Seite 902.

gebracht, während es bei der speziell so bezeichneten Kolben-Dichtung auf der convexen Seite des umschlossenen Körpers gelagert wird.

Die folgenden Figuren zeigen zwei vollständige cylindrische Stopfbüchsen für Hanfliderung bestimmt. Fig. 404 stehende Stopfbüchse, Fig. 405 hängende Stopfbüchse.

Fig. 404.

Fig. 405.



Die Einlagen in Brille und Topf werden aus Bronze gefertigt, damit sie die umfasste Kolbenstange nicht abnützend angreifen. Die ringkeilförmige Profilierung derselben hat Farcot eingeführt; sie bewährt sich weit besser, als die früher gebräuchliche einseitige Zuschärfung der Einlagen, welche sehr leicht aussen um die Packung herum die abzudichtende Flüssigkeit durchlässt. Als Bezugszahl für die den obigen Figuren eingeschriebenen Verhältnisszahlen gilt die empirische Formel:

$$s = 4\sqrt{d + 1} - 3 \dots \dots \dots (254)$$

wobei d die lichte Weite der Stopfbüchse bezeichnet. Dieser Ausdruck liefert folgende Resultate:

d	s	d	s	d	s
5	3	150	11	915	19
9	4	198	12	1093	20
16	5	256	13	1296	21
26	6	326	14	1526	22
39	7	410	15	1785	23
57	8	509	16	2076	24
81	9	625	17	2401	25
112	10	760	18	3164	26

Die Anzahl \mathfrak{N} der Schrauben wird von vielen stets = 2 genommen; will man für grössere Weiten mehr Schrauben anwenden, so nehme man:

$$\mathfrak{N} = 2 + \frac{d}{50} \quad \dots \quad (255)$$

Beispiel. Eine Stopfbüchse von 80^{mm} Lichtweite ist nach (254) mit einer Bezugsinheit $s = 9^{\text{mm}}$ (Tab. Sp. 1 u. 2, Z. 7) zu construiren, und erhalte nach (255) 4 Deckelschrauben. Die Packungsdicke wird: $1,8 \cdot s = 1,8 \cdot 9 = 16^{\text{mm}}$, die Topfhöhe bei der stehenden Stopfbüchse: $12 \cdot s = 12 \cdot 9 = 108^{\text{mm}}$, bei der hängenden: $21s = 21 \cdot 9 = 189^{\text{mm}}$ u. s. w.

Wenn eine Hanfstopfbüchse liegend anzubringen ist, so thut man gut, die Bodeneinlage 6 bis 8s lang zu machen, damit sie nicht zu stark abgenutzt wird. In den Wanddicken der Büchse muss hie und da von den obigen Verhältnisszahlen abgewichen werden, wenn nämlich nebenliegende Wände von grösserer Dicke wegen des Gelingens des Gusses berücksichtigt werden müssen. In solchen und ähnlichen Fällen dienen die obigen Angaben nur als Grundlage.

Zwei Stopfbüchsen mit Lederstulp für Pumpen, insbesondere hydraulische Pressen, sind in Fig. 406 und 407 dargestellt, erstere für kleinere, letztere für grössere Tauchkolben bestimmt. Der Doppelstulp in Fig. 407 wird durch einen eisernen aufgeschnittenen Ring (Springring) gestützt, damit er sich richtig anlegt, ehe die Wasserpressung zu wirken begonnen hat. Ist eine Stopfbüchse nach Fig. 407 in liegender Stellung angeordnet, so wird ein mehrtheiliger Bronzering (in unserer Figur punktirt) unter den Stulp

geschoben, welcher genau die Kolbendicke zur Weite hat, und dazu dient, den Kolben zu tragen und am Gleiten auf der gusseisernen

Fig. 406.

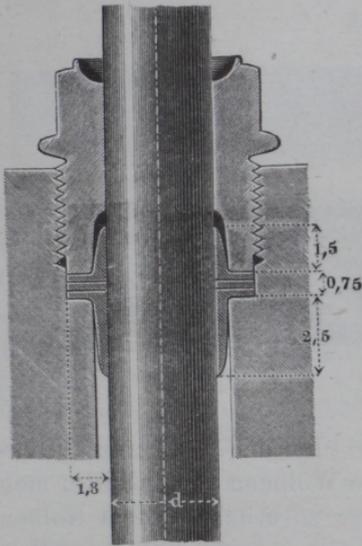
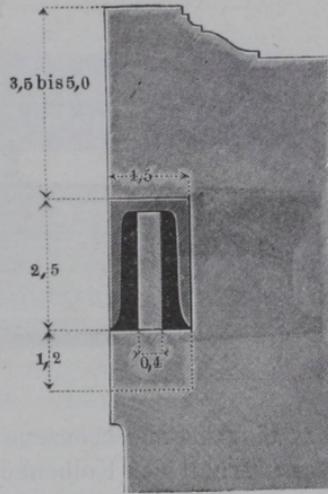


Fig. 407.



Stiefelwand zu verhindern; man lässt ihn ein wenig über den inneren Rand der Einbettung des Stulpringes vorspringen, damit der Kolben nicht die Gusseisenwand streift.

§. 227.

Dampfkolben.

Unter den Kolben sind am wichtigsten diejenigen der Dampfmaschinen. Sie werden bei niederem Dampfdruck oft noch mit Hanfliderung versehen; bei höheren Spannungen wendet man aber durchgehende Metall-Liderung, bei welcher Metallringe durch Federn gegen die Cylinderwand angelegt und darauf durch den Dampf fest angepresst werden, an; in manchen Fällen zeigt sich übrigens die gemischte Liderung sehr zweckmässig, eine Liderung, bei welcher die Metallringe durch eine hintergelegte Hanfpackung statt durch Federn angepresst werden.

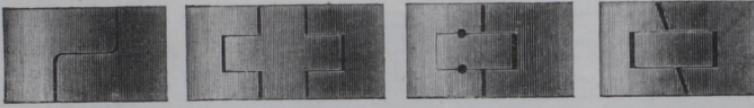
Als Bezugsinheit für die Kolbenabmessungen benutzen wir wieder wie oben die Zahl:

$$s = 4 \sqrt{D + 1} - 3 \dots \dots \dots (254)$$

wobei D den Kolbendurchmesser bezeichnet.

umgossen bilden die Liderung. Will man jeden einzelnen Kolbenring an der Schnittfuge dicht machen, so kann man einen der in folgender Figur 410 angedeuteten Ringschlüsse anwenden. Die

Fig. 410.

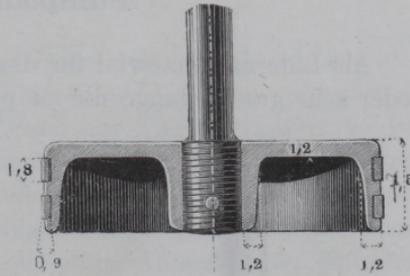
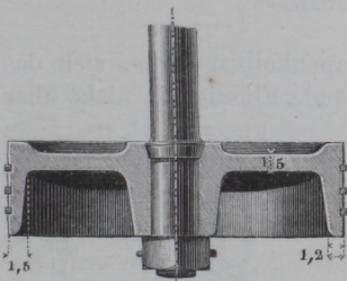


eingesetzten Stücke sind dicht einzuschleifen; dasselbe gilt von der Ueberblattung bei der ersten Abschlussart. Es zeigt sich höchst zweckmässig, die reibenden Flächen der Schlussringe aus einem weicheren Metall als die Cylinderwand herzustellen, damit die Abnutzung vorzugsweise die leichter zu ersetzenden Ringe angreift. Deshalb sind auch ganz bronzene Kolbenringe sehr brauchbar, guss-eiserne und gar stählerne aber nicht zu empfehlen, mit der Ausnahme für Gusseisen, dass dasselbe von besonderer Weichheit, die Cylinderwand aber recht hart sei.

Fig. 411. Ramsbotton'scher Kolben. Drei Stahl- oder besser Messingringe von 6^{mm} Breite und Höhe im Querschnitt bilden die Liderung dieses vielfach bewährt gefundenen Kolbens. Fig. 412 zeigt den sogenannten schwedischen Kolben. Seine Ringe,

Fig. 411.

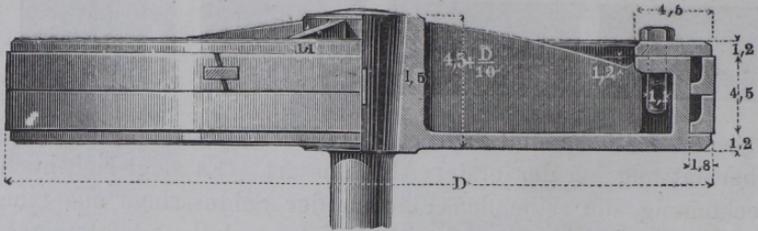
Fig. 412.



aus einer elastischen Bronze oder (was weniger gut ist) aus Schmiedeisen bestehend und nach Fig. 316 I. gestossen, werden so weit auseinandergebogen, dass sie über die Ränder des Kolbenkörpers gehen. Letzterer findet sich auf den schwedischen (Karlssunder) Schiffsmaschinen und danach auf französischen Bahnen in Schmiedeisen ausgeführt gefunden, wodurch er sehr leicht ausfällt. Auch für Luftpumpen hat man neuerdings mit Erfolg den schwedischen Kolben benutzt.

Einen Kolben mit gemischter Liderung, hier für eine einfach wirkende Maschine bestimmt gedacht, zeigt Fig. 413. Die hinter die Metallringe getriebene Hanfpackung bringt einen guten

Fig. 413.



Schluss hervor, wobei sie bei genügender Elasticität doch eine grosse Festigkeit hat. Daher ist diese bei Grubenmaschinen vortrefflich bewährte Kolbenliderung auch bei Schiffmaschinen mit bestem Erfolg statt der reinen Metall-Liderung angewandt worden, indem letztere durch das Hin- und Herschleudern des Kolbens bei heftigen Schwankungen der Schiffe leicht beschädigt wird.

§. 228.

Pumpenkolben.

Als Liderungsmaterial für die Pumpenkolben eignet sich das Leder sehr gut, so lange die zu pumpende Flüssigkeit nicht über

Fig. 414.

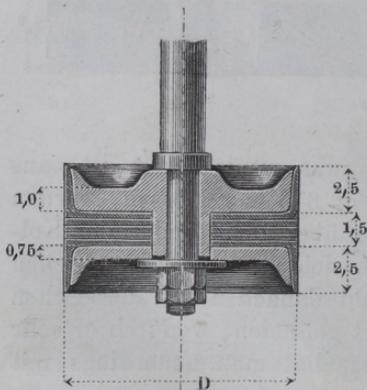
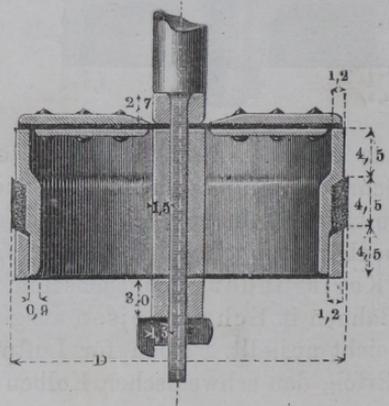


Fig. 415.



30° Temperatur hat; bei höheren Temperaturen wählt man gewöhnlich Hanfliderung, so z. B. für die Speisepumpen der Dampfkessel und die Luftpumpen der Dampfmaschinen und Zuckerküchen. Ein Scheibenkolben mit Stulpdichtung ist in Fig. 414 dargestellt; einen mit Ventilen versehenen Lederkolben, wie er für Schachtpumpen gebräuchlich ist und sehr zweckmässig befunden wurde, zeigt Fig. 415. Die Packung besteht aus konischen Leder- und Leinwandringen, von denen je drei aufeinander genäht sind. Bei beiden Kolben erfolgt die Anpressung der Packung durch den Wasserdruck. Saure Grubenwasser greifen oft die Lederpackung der Schachtpumpenkolben an; man wendet in solchen Fällen häufig vollständige Metallpackungen (mit Ringen aus weichem Guss-eisen) an; in Fahlun in Schweden hat man in demselben Falle nach vielfachen Versuchen Birkenrinde als das passendste Liederungsmaterial erkannt und eingeführt. Bezugs-einheit für die Verhältnisszahlen ist die Einheit s aus Formel (254). Die Tauchkolben der Schachtpumpen erhalten Stopfbüchsen-Dichtung mit Hanfliderung.

§. 229.

Berechnung der Kolbenstange aus dem Kolbendurchmesser.

Die Kolbenstange wird in der Regel aus Schmiedeeisen oder aus Gussstahl gefertigt; sie ist entweder bloss oder ganz vorwiegend auf Zug beansprucht und dann auf Zugfestigkeit zu berechnen, oder sie wird auch zusammengepresst, und muss dann auf Strebfestigkeit berechnet werden, wenn ihre Länge einigermaassen bedeutend ist. Bei geringer Länge tritt die Berechnung auf Druckfestigkeit ein, welche dieselben Abmessungen erfordert wie die Zugfestigkeit. Einer auf Strebfestigkeit zu berechnenden Stange darf also keine kleinere Dicke gegeben werden, als sie die Berechnung auf Zugfestigkeit erfordert.

a. Berechnung der Stange auf Zugfestigkeit.

Bezeichnet D den Kolbendurchmesser,

δ die Dicke der Kolbenstange,

n den in Atmosphären angegebenen nützlichen Druck auf den Kolben,

so nehme man für die schmiedeiserne, bloss auf Zug beanspruchte Kolbenstange:

$$\frac{\partial}{D} = 0,0408 \sqrt{n} \dots \dots \dots (257)$$

oder mit genügender Annäherung:

$$\frac{\partial}{D} = \frac{57 + 7n}{1000} \dots \dots \dots (258)$$

Beispiel. Ist $n = 4$, so erhält man aus (257): $\frac{\partial}{D} = 0,0816$, also bei einem Kolbendurchmesser von 500mm , $\partial = 500 \cdot 0,0816 = 40,8 \sim 41\text{mm}$. Die Annäherungsformel (258) liefert: $\frac{\partial}{D} = \frac{57 + 28}{1000} = 0,085$, oder bei $D = 500\text{mm}$, $\partial = 42,5 \sim 43\text{mm}$.

Die gussstählerne, bloss auf Zug gebrauchte Kolbenstange darf 0,8mal so dick genommen werden, als die schmiedeiserne.

b. Berechnung der Stange auf Strebfestigkeit.

Unter Beibehaltung der gleichen Bezeichnungen, wenn noch L die Schublänge bedeutet, nehme man:

$$\frac{\partial}{D} = 0,0573 \sqrt{\frac{L}{D}} \sqrt[4]{n} \dots \dots \dots (259)$$

nach welcher Formel folgende kleine Tabelle berechnet ist:

$\frac{L}{D}$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = 6$	$n = 7$	$n = 8$
1,5	0,070	0,083	0,093	0,099	0,150	0,110	0,114	0,118
2,0	0,081	0,096	0,107	0,115	0,121	0,127	0,132	0,136
2,5	0,091	0,108	0,120	0,128	0,136	0,142	0,148	0,153

Diese Werthe gelten für die schmiedeiserne sowohl, als für die gussstählerne Stange (vergl. die Berechnung des Pleuelstangenschaftes, §. 201, und das Verhältniss der Elasticitätsmodel beider Materialien, Tabelle §. 2).

Beispiel. Ein Dampfcylinder von 400mm Weite und 1000mm Schublänge habe 4 Atmosphären nützlichen Druck auf den Kolben; dann ist nach Spalte 5 Zeile 3 (wegen $\frac{L}{D} = \frac{1000}{400} = 2,5$) zu nehmen: $\frac{\partial}{D} = 0,128$, oder $\partial = 0,128 \cdot 400 = 51\text{mm}$, was für Schmiedeisen und Gussstahl gilt.

§. 230.

Berechnung der Kolbenstange aus der Pleuelzapfendicke.

Bei den Kurbeldampfmaschinen muss stets die Dicke des Kurbel- oder Pleuelzapfens ermittelt werden; es ist dann bequem, aus dessen Durchmesser d die Dicke der Kolbenstange abzuleiten.

a. Berechnung der Pleuelzapfendicke aus dem Kolbendurchmesser.

Man nehme unter Beibehaltung der obigen Bezeichnungen:

$$\frac{d}{D} = 0,1 \sqrt{n} \dots \dots \dots (260)$$

Hieraus ergibt sich für:

$n =$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{d}{D} =$	0,10	0,14	0,17	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28

wobei der Pleuelzapfen als aus Schmiedeisen gefertigt vorausgesetzt ist.

Beispiel. In einer Condensations-Dampfmaschine von 400^{mm} Cylinderweite habe der Dampf $3\frac{1}{4}$ Atmosphären Ueberdruck, oder $4\frac{1}{4}$ Atm. wirklichen Druck; im Condensator herrsche ein Gegendruck von $\frac{1}{4}$ Atm.; es ist dann $n = 4\frac{1}{4} - \frac{1}{4} = 4$, und also zu nehmen: $\frac{d}{D} = 0,20$, mithin: $d = 0,2 \cdot 400 = 80^{mm}$.

b. Berechnung der Kolbenstange auf Zugfestigkeit.

Für die schmiedeiserne Kolbenstange nehme man nun:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial}{d} = 0,41 \\ \text{für die gussstählerne:} \\ \frac{\partial}{d} = 0,33 \end{array} \right\} \dots \dots \dots (261)$$

Beispiel. Für obige Dampfmaschine liefert (261) für die schmiedeiserne Kolbenstange die Dicke $\partial = 0,41 \cdot d = 0,41 \cdot 80 = 32^{mm}$.

c. Berechnung der Kolbenstange auf Strebfestigkeit:

Hat die Kurbel eine Armlänge R , so mache man bei der schmiedeisernen, wie bei der gusstählernen Kolbenstange:

$$\frac{\vartheta}{d} = 0,25 \sqrt{\frac{R}{d}} \dots \dots \dots (262)$$

oder genügend angenähert:

$$\vartheta = \frac{d}{2} + \frac{R}{32} \dots \dots \dots (263)$$

Beispiel. Bei unserer obigen Dampfmaschine wird in der Regel die Kolbenstange abwechselnd auf Zug- und Strebfestigkeit beansprucht werden, wobei denn die letztere zu berücksichtigen ist. Wir erhalten dafür wegen $R = \frac{1000}{2} = 500\text{mm}$, wenn die Stange aus Schmiedeisen

oder Gussstahl: $\frac{\vartheta}{d} = 0,25 \sqrt{\frac{500}{80}} = 0,25 \cdot \sqrt{6,25} = 0,25 \cdot 2,5 = 0,625$,

oder $\vartheta = 0,625 \cdot 80 = 50\text{mm}$. Die Annäherungsformel (263) ergibt:

$$\vartheta = \frac{80}{2} + \frac{400}{32} = 40 + 13 = 53\text{mm}.$$

Die Abmessungen des Kolbenkeiles bestimmen sich aus der Kurbelzapfendicke d wie bei den Querhäuptern, indem man seine Dicke $= 0,15(d + 5)$, seine Höhe in der Mitte $= 0,5(d + 5)$ nimmt. Für das obige Beispiel erhalte man also eine Keildicke: $0,15 \cdot (40 + 5) = 6,8$ oder 9mm , und eine mittlere Keilhöhe: $0,5 \cdot 45 = 23\text{mm}$.
