

Würde man das vordere Kolbenstangenstück für sich allein nach der Eulerschen Formel berechnen, so würde der Sicherheitsgrad mit:

$$\mathcal{S}_E = \frac{\pi^2}{\varphi^2} \cdot \mathcal{S}_1 = \frac{\pi^2}{1,67^2} \cdot 4,54 = 16,1$$

um das 3,5fache überschätzt werden.

Wegen der Kupplung wurde sowohl die Dampfkolbenstange auf der Strecke l_2 , wie die Pumpenkolbenstange auf der Strecke l_3 auf 75 mm verstärkt. Einen Anhalt über ihre Sicherheit auf der Strecke l_2 bietet die Rechnung unter der wiederum ungünstigen Annahme, daß die Stange am Kupplungsende vollkommen frei, im Dampfkolben aber eingespannt, also nach dem ersten Eulerschen Fall zu berechnen sei. Dann würde die Sicherheit immerhin noch:

$$\mathcal{S}'_2 = \frac{\pi^2 \cdot J}{4 \alpha \cdot l^2 \cdot P_2} = \frac{\pi^2 \cdot 155,3 \cdot 2150000}{4 \cdot 155^2 \cdot 3700} = 9,25 \text{ fach}$$

sein und ausreichend erscheinen.

Ähnliches gilt von der Pumpenkolbenstange, die im Pumpenkolben eingespannt betrachtet werden kann, über den letzteren aber noch weniger weit hervorragt. Die Stützung, welche die Stopfbüchsen bieten, und die Versteifung der Stangen durch die Kupplung sind in der vorstehenden Rechnung ganz außer acht gelassen.

3. Durchbiegung der Kolbenstange einer 2000 PS-Reihengasmaschine der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. Außendurchmesser 275, Bohrung 120 mm. Entfernung Mitte Kreuzkopf bis Mitte Kolben rund 3000 mm, Mitte Kolben bis Mitte Schlitten rund 2600 mm. Kolbenstangengewicht G_s rund 2050 kg, Kolbengewicht, einschließlich Wasserfüllung $G_k = 1500$ kg.

Unter der Annahme, daß das Kolbengewicht in der Mitte wirkt, ist Formel (282) anwendbar und gibt:

$$y = \left(G_k + \frac{5}{8} G_s \right) \frac{\alpha \cdot l^3}{48 \cdot J} = \left(1500 + \frac{5}{8} \cdot 2050 \right) \frac{1 \cdot 560^3 \cdot 64}{2150000 \cdot 48 \pi (27,5^4 - 12^4)} = 0,174 \text{ cm.}$$

Die Stange ist also um 1,7 mm nach oben geknickt herzustellen, wenn sie im Betriebe annähernd gerade sein soll. Die Verschiebungen der Endflächen beim Abdrehen der Stange nach Abb. 1008 ergeben sich zu:

$$\overline{III} = \frac{1,74 \cdot 5600}{2600} = 2,60 \text{ mm}$$

und

$$\overline{IIIV} = \frac{1,74 \cdot 5600}{3000} = 3,25 \text{ mm.}$$

Dreizehnter Abschnitt.

Stopfbüchsen.

Zweck und Einteilung.

Stopfbüchsen dienen zum Abdichten der Stangen, Spindeln, Wellen oder Kolben an Stellen, wo sie durch Wandungen hindurchtreten, gegenüber innerem oder äußerem Überdruck.

Das Dichtmittel, die Packung oder Liderung P , Abb. 1013, ist in einer zylindrischen Ausdrehung A der Wandung eingeschlossen und wird darin durch die Brille B zusammengedrückt und gehalten. Als Liderungen dienen: Lederstulpe, Weichpackungen und Metalldichtungen; ohne Dichtmittel arbeiten die Labyrinthdichtungen. Leichtes

und rasches Zusammensetzen und Auseinandernehmen der Teile, im übrigen aber möglichste Einfachheit, ist anzustreben.

Von den Arten der Bewegung der in den Stopfbüchsen laufenden Teile, die gewöhnlich der Einteilung zugrunde gelegt werden, bietet die hin- und hergehende, die die Kolben und Stangen in der Mehrzahl der Fälle haben, beim Betriebe meist geringere Schwierigkeiten als die drehende von Wellen und ähnlichen Teilen, durch welche die Packung leichter mitgerissen wird. Zudem ist die gleichmäßige und hinreichende Schmierung in diesem Falle schwieriger, so daß oft starke örtliche Abnutzungen und Riefenbildungen entstehen.

A. Stopfbüchsen an hin- und hergehenden Teilen.

1. Stulp- oder Manschettendichtungen.

Des Näheren schon bei den Kolben besprochen, kommen sie vor allem für Flüssigkeiten bei geringen Stangengeschwindigkeiten von höchstens 1 m/sek, jedoch bis zu sehr hohen Drucken in Anwendung. Die Abdichtung von Kolbenstangen mittels winkelförmiger Lederringe zeigen die Abb. 945 und 946, die der Spindel eines kleinen Ventils durch Uförmige Manschetten, Abb. 941. Bei derartigen kleinen Durchmessern gibt übrigens ein aufgespaltener Gummiring, Abb. 1012, gute Dichtungsmöglichkeit; jedoch ist darauf zu achten, daß die verwandten Gummiringe nicht an den Spindeln oder Stangen haften, weil sie sonst sehr rasch verschleifen.

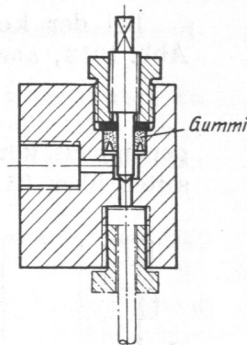


Abb. 1012. Spindelabdichtung mittels gespaltenen Gummiringe.

2. Stopfbüchsen mit Weichpackungen.

Das Anwendungsgebiet der Weichpackungen ist ein viel weiteres. Sowohl für Flüssigkeiten, wie auch für Gase und Dämpfe geeignet, bewähren sie sich bei richtiger Wahl der Bau- und Packungstoffe auch bei hohen Wärmegraden und großen Betriebsgeschwindigkeiten.

a) Dichtmittel.

Der früher vorwiegend benutzte Hanf wird mehr und mehr durch die weichere Baumwolle, oft in Verbindung mit Leder, Gummi und anderen Faser- und Füllstoffen und durch den bei hohen Wärmegraden zweckmäßigen Asbest, häufig durch Metalleinlagen verstärkt, verdrängt. Endlich bilden die aus weichen Metalldrähten geflochtenen, sehr verschiedenartig zusammengesetzten Packungen den Übergang zu den eigentlichen metallischen Liderungen.

Alle Weichpackungen werden in dem Packungsraum der Stopfbüchse dadurch, daß sich der Druck der Brille beim Anziehen in der weichen Masse nach allen Seiten fortzupflanzen sucht, auch in radialer Richtung angepreßt und zum Abdichten gebracht. Je größer die Elastizität der verwandten Stoffe ist, desto leichter und vollkommener wird diese Wirkung erreicht. Am geeignetsten sind geflochtene Packungen quadratischen Querschnitts, die in Form einzelner Ringe mit versetzten Stößen eingelegt, den Stopfbüchsenraum schon beim Verpacken nahezu ausfüllen. Die Ringe werden in Längen, die dem mittleren Umfang des Raumes entsprechen, scharf abgeschnitten und zusammengebogen, so daß die Stoßfugen gut schließen. Runde Querschnitte, beispielsweise die mit Graphit gefüllten Bleiringe von M. Bach, Charlottenburg, Abb. 1030 a, müssen erst durch das Anziehen der Brille breit gedrückt werden.

Beim Abdichten von Wasser, Sattedampf, Luft und Gasen werden Hanf- und Baumwollpackungen mit geschmolzenem Talg, Fett, Paraffin, Vaseline, oft unter Zusätzen von Graphit, getränkt. Dadurch wird nicht allein die Abdichtung, sondern auch die Schmierung der Laufflächen erleichtert. Die Anwendung ist an mäßige Betriebsdrucke gebunden. An Dampfmaschinen gibt Lynen [XIII, 1] für Hanf als obere Grenze 7 at,

für Baumwollpackungen 10 at an. Die Kriegsmarine verwendet die letzteren bei größeren Maschinen nur bis zu 4 at.

Für kaltes Wasser empfiehlt Paul Lechler in Stuttgart quadratisch geflochtene Dichtungen aus Rohhautstreifen, die im Wasser aufquellen und dadurch den Packungsraum gut ausfüllen, die aber der starken Quellfähigkeit wegen beim Zusammenbau nicht zu stark angezogen werden dürfen. Asbestpackungen, mit hitzebeständigen Schmierstoffen getränkt, werden bei hohen Drucken und Heißdampf bis zu 350° C benutzt. Dünne Weißmetallspäne, in den Stopfbüchsenraum eingefüllt und kräftig zusammengepreßt (Planitpackung), geben beim Laufen allmählich feste und widerstandsfähige Ringe.

Grundsätzlich sollten die Packungen nur so stark angespannt werden, daß gerade Dichtigkeit erzielt wird, weil sonst nicht allein unnötig hohe Reibung und Erwärmung, sondern auch größerer Verschleiß eintritt. Frische Packungen brauchen nicht so fest angezogen zu werden als alte, hart gewordene.

b) Konstruktive Gestaltung der Stopfbüchsen.

Bei der konstruktiven Durchbildung geht man von der Packungsstärke s , Abb. 1013, aus, die, soweit sie nicht von vornherein gegeben ist, zu etwa:

$$s = 2 \sqrt{d} \text{ bis } 2,5 \sqrt{d} \text{ mm} \quad (283)$$

genommen werden kann, mit der Beschränkung, daß man bei großen Durchmessern selten über 25 bis 30 mm hinausgeht. Die Tiefe des Stopfbüchsenraumes pflegt je nach dem Drucke $t = 5$ bis 8 s , entsprechend 5 bis 8 Zöpfen quadratischen Querschnitts genommen zu werden. Gegenüber Gasen und Dämpfen wird man im allgemeinen größere Packungshöhen als gegenüber den leichter abzudichtenden Flüssigkeiten vorsehen. Wichtig ist, daß die Wandung des Stopfbüchsenraumes glatt ausgedreht und stets sauber gehalten wird, damit die Packung dem Anziehen der Brille gut folgen kann.

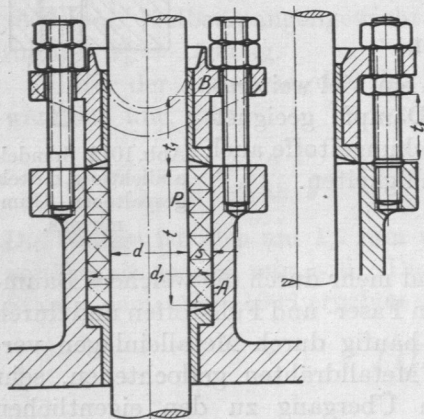


Abb. 1013. Stopfbüchse mit Weichpackung.

Die nutzbare Länge der Brille t_1 , Abb. 1013, ist — gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Gegenmuttern unter der Brille in der Nebenabbildung —, so zu bemessen, daß die Packungshöhe noch zur Abdichtung ausreicht, wenn die Brille ganz nachgezogen ist. Bei Weichpackungen, die sich abnutzen, darf man durchschnittlich drei bis fünf Ringe noch als hinreichend ansehen, so daß $t_1 = 3 s$ als Mittelmaß gelten kann. Bei härteren Packungen kann t_1 noch kleiner sein. Unnötige Brillenhöhe vergrößert nicht allein die Baulänge der Stopfbüchse und der Stange, sondern auch die des Rahmens und der ganzen Maschine!

Zum Einbringen der Packung muß die Brille genügend weit zurückgeschoben werden können. Damit der nötige Raum vorgesehen wird, sollte die Brille beim Entwerfen stets in der herausgezogenen Lage dargestellt werden.

Die früher allgemein übliche Bauart der Stopfbüchsen zeigt Abb. 1013. Bei ihr wird die Stange am Boden durch eine Bronzebüchse, die Grundbüchse, geführt, auf der die Packung sitzt, die ihrerseits mittels einer ebenfalls ausgefüllten Brille durch die Stopfbüchsen-schrauben angezogen wird. Die Ausführung ist nicht allein teuer, sondern hat auch den Nachteil, daß die Stange bei schiefer Anziehen der Brille leicht eingeklemmt und beim Lauf beschädigt oder heiß werden kann. Tritt das Warmlaufen einseitig auf, so ziehen sich die Stangen oft dauernd krumm, wenn die Wärmespannungen zusammen mit denen durch die Belastung die Fließgrenze des Werkstoffes erreichen. Die Grundbüchse zum Tragen der Stangen zu benutzen, ist wenig zu empfehlen; besser ist es, wenn

nötig, eine Tragschale vor der Stopfbüchse anzuordnen, die sicherer geschmiert und überwacht werden kann, vgl. Abb. 1023.

Die neuere Form der Stopfbüchsen mit Weichpackung zeigt Abb. 1014. Die Stange hat im Deckel und in der gußeisernen Brille geringes Spiel. Kurze, die Stange umschließende Bronzeringe verhindern jedoch, daß Packungsteile beim Laufen in die Spalten hineingerissen werden. Wohl aber haben die Ringe außen Spiel, damit sie sich der Stange anpassen und sogar geringen Durchbiegungen derselben folgen können, soweit das die Elastizität der Packung zuläßt. Die Ausführung ist durch den geringen Verbrauch an Bronze billig und gegen das Schiefziehen der Brille, das übrigens am ungleichmäßigen Spiel längs des Stangenumfangs leicht festgestellt werden kann, viel weniger empfindlich. Im Brillenspalt sammelt sich Öl, das die Schmierung der Stangen erleichtert.

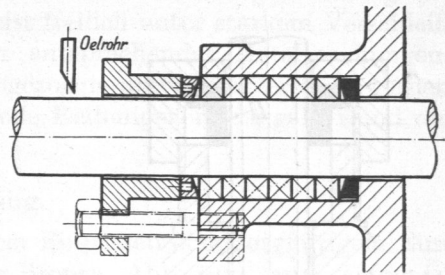


Abb. 1014. Neuere Form der Stopfbüchse.

Um das Anpressen der Packung an der Stange zu unterstützen, werden die Grundringe vielfach kegelig ausgedreht.

Die Stopfbüchsschrauben haben die Aufgabe, die Packung so stark zusammen zu pressen, daß auch in radialer Richtung genügender Dichtungsdruck entsteht. Man pflegt sie deshalb auf ein Mehrfaches der aus dem Überdruck p nach Abb. 1013 sich ergebenden Kraft:

$$P = c \cdot \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) \cdot p \quad (284)$$

zu berechnen, wobei c bei den gewöhnlichen Drucken gleich 3, bei hohen Wasserdrucken an Pumpen und Akkumulatoren bis herab zu $\frac{5}{4}$ gesetzt werden kann. Konstruktiv verwendet man Stiftschrauben oder auch Hammerschrauben, Abb. 739, die sich beim Verpacken der Stopfbüchsen leicht wegnehmen lassen. Zur Sicherung der Muttern, die beim Nachlassen der Pressung infolge der Abnutzung der Packung oder bei Erschütterungen durch den Betrieb, z. B. an fahrbaren Maschinen, zum Lösen neigen, können Gegenmuttern, Abb. 1031, verwendet werden, die unter dem Brillenflansch angeordnet, Abb. 1013 rechts, auch das Abziehen der Brille erleichtern.

Als Anhalt für die Wandstärke der Büchse bei kleineren und mittleren Abmessungen diene die Regel, sie etwa gleich der Packungsdicke zu nehmen. Oft ist sie durch die Stärke der anschließenden Teile, des Deckels oder Zylinders oder durch die Stopfbüchsen-schrauben gegeben; nur bei größeren Betriebsdrucken ist sie nach der Rohrformel zu berechnen.

Flansche mit zwei Schrauben erhalten längliche Form, die man entweder nach Abb. 1015 durch Kreisbogen und gerade Linien bildet, wobei die Mittelpunkte M_1 und M_2 zweckmäßigerweise von den Schraubenmitten nach innen verlegt werden, um den auf Biegung beanspruchten Querschnitt AB widerstandsfähiger zu machen, oder die man elliptisch oder nach der auf Seite 358 an Abb. 669 beschriebenen Konstruktion annähernd elliptisch gestaltet.

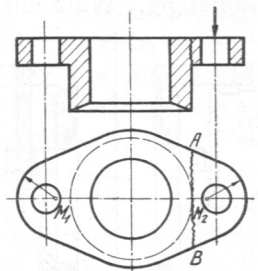


Abb. 1015. Stopfbüchsenbrille mit länglichem Flansch.

Bei zwei Schrauben ist das Schiefziehen der Brille nicht ausgeschlossen, namentlich wenn die Packung senkrecht zur Schraubenebene ungleichmäßig verteilt ist. Durch drei gleichmäßig auf dem Umfange verteilte Schrauben ist der Brillenflansch stets genau senkrecht zur Stangenachse einstellbar. Das gleiche erreicht man bei kleinen Abmessungen z. B. an einer Stopfbüchse für ein Wasserstandrohr, Abb. 1016, durch eine Überwurfmutter mit gesondertem Druckstück D , das das Verwürgen der Packung beim Drehen der Mutter verhüten soll.

Bei mehr als zwei Schrauben werden meist runde Flansche genommen. Das gleichmäßige Anziehen aller Muttern durch Schneckentriebe oder Zahnräder, Abb. 1017 und 1018, gibt teure Ausführungen, die aber dann zu empfehlen sind, wenn die Zugänglichkeit der Muttern erschwert oder das Anziehen rasch erfolgen muß, wie es etwa an Lokomotiven während des kurzen Aufenthaltes auf den Haltestellen verlangt wird. Eine Führung

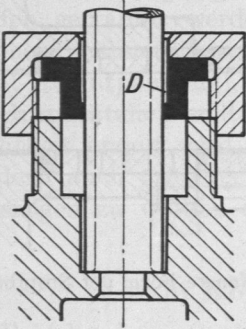


Abb. 1016. Stopfbüchse an einem Wasserstandrohre.

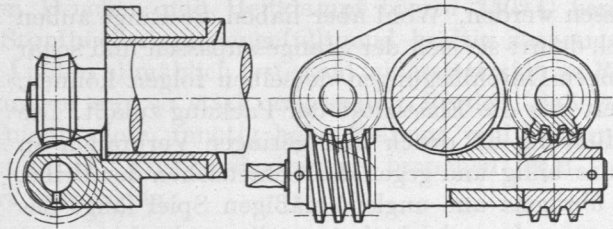


Abb. 1017. Gleichzeitiges Anziehen der Stopfbüchsmuttern mittels Schneckentriebes.

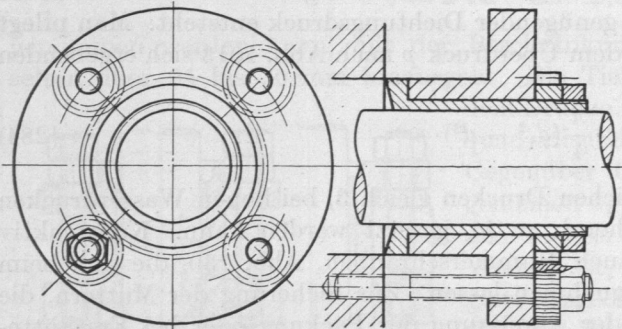


Abb. 1018. Gleichzeitiges Anziehen der Stopfbüchsschrauben mittels Zahnrädern.

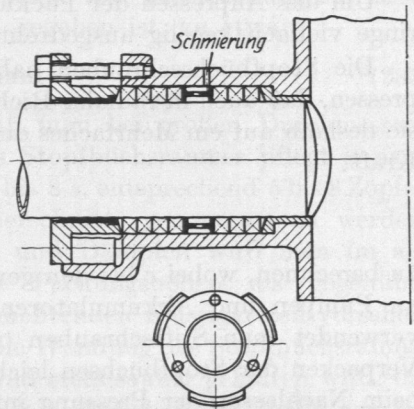


Abb. 1019. Brillenföhrung an einer größeren Pumpenstopfbüchse.

des Brillenumfanges nach Abb. 1019 sichert bei der kurzen Führungslänge nur unvollkommen gegen das Schiefziehen.

Die Reibung ist in hohem Maße von der Wartung und dem Zustande der Packung abhängig. Während eine frische, elastische, schwach angezogene nur mäßige Reibung erzeugt, kann eine ältere, harte und fest angezogene Packung recht erhebliche Widerstände bedingen.

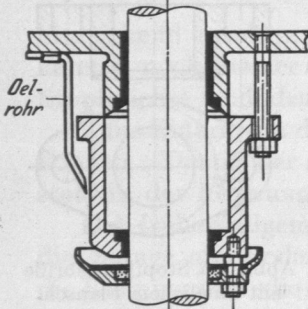


Abb. 1020. Hängende Stopfbüchse.

Wichtig ist die gute Schmierung der in den Stopfbüchsen laufenden Stangen und Kolben, da der Fettgehalt der Packung bald abgegeben wird und daher nur für kurze Zeit ausreicht. An liegenden Maschinen läßt man bei mäßigen Drucken Öl auf die Stange, unmittelbar vor die Brille tropfen, Abb. 1014, das durch die Bewegung mitgenommen und verteilt wird. Sicherer ist der Einbau eines besonderen Ringes, Abb. 1019, in den das Schmiermittel gepreßt wird, der aber die Baulänge der Stopfbüchse vergrößert. Er ist so zu bemessen und gegenüber dem Zuführrohr so anzuordnen, daß die Schmierung auch bei allmählichem Verbrauch der hinter ihm liegenden Packung noch gesichert bleibt.

An Pumpen benützt man ähnliche Ringe vielfach zur Zuleitung von Flüssigkeit vom Druckraum her, um die Packung zu schmieren und um gleichzeitig zu verhüten, daß während des Saughubes Luft angesaugt wird. Für stehende Stopf-

büchsen genügt bei niedrigen Drucken eine Rinne oder Abschragung, Abb. 1013, an hängenden wird oft ein besonderer Vorraum für das Öl durch eine zweite kurze Brille geschaffen, Abb. 1020.

Der Hauptvorteil der Weichpackung ist ihre Nachgiebigkeit, so daß selbst Stangen, deren Oberfläche nicht tadellos ist oder die sich durch den Betrieb ungleichmäßig abgenutzt haben, noch abgedichtet werden können, meist freilich unter starkem Verschleiß des Dichtmittels. Der Preis ist niedriger als der entsprechender Metallpackungen. Nachteilig ist, daß Weichpackungen häufig nachgezogen und öfters ersetzt werden müssen, ferner daß sie bei unrichtiger Wartung große Reibungsverluste geben und die Stangen usw. angreifen können.

3. Labyrinthdichtung.

Ohne besondere Packung kommt man bei genauem Einpassen oder sorgfältigem Einschleifen der Stangen in Büchsen aus Gußeisen oder Bronze, Abb. 1021, aus. Durch Öl oder Niederschlagwasser, das in den Rillen der Stange festgehalten, den geringen Spielraum ausfüllt, wird bei hin- und hergehender Bewegung genügende Dichtheit erzielt. Sehr häufig findet sich diese „Labyrinthdichtung“ an den Ventilspindeln der Gasmaschinen bei Führungslängen von etwa 8 bis 10 d . Lentz und andere verwenden sie auch an Dampfmaschinen. Da Formänderungen der Büchsen leicht zum Klemmen der

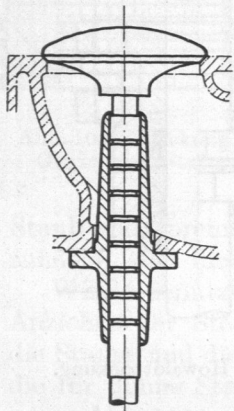


Abb. 1021. Labyrinthdichtung an Steuer-ventilspindeln.

Spindeln führen, ist konstruktiv darauf zu achten, daß die Büchsen möglichst unabhängig von den Teilen bleiben, in denen sie sitzen und namentlich, daß sie sich frei ausdehnen können. In Abb. 1021 ist die Führung deshalb nur durch einen breiten Flansch am Gehäuse festgehalten, ragt aber im übrigen frei nach innen und außen vor.

Die Labyrinthwirkung benutzen auch die aus einzelnen ungeteilten Ringen zusammengesetzten Dichtungen, wie z. B. die von Lentz angegebene, Abb. 1022, bei welcher mehrere die Stange dicht

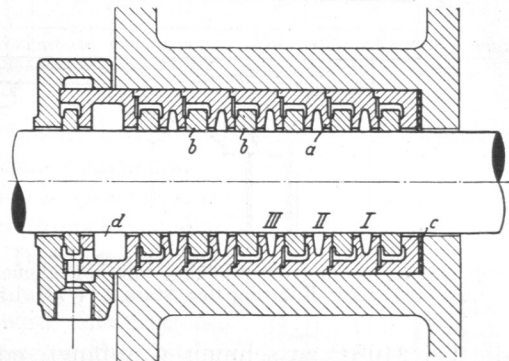


Abb. 1022. Lentzdichtung.

umschließende Ringe b in Kammerringen a leicht verschiebbar angeordnet sind. Durchtretender Dampf soll in den leeren Kammern I , II , III sich ausdehnen und zum Teil wieder zurückströmen können, sobald der Druck in der vorangehenden Kammer oder im Zylinder abnimmt. Die Abdichtung wird auf die Weise in mehrere Stufen zerlegt, in denen nachweisbar die Druckschwankungen immer geringer und die Drucke selbst niedriger werden. Gegenüber der Stopfbüchswandung wird die Abdichtung durch eine Dichtungsplatte c auf der ebenen Grundfläche der Büchse und durch Aufschleifen der Kammerringe aufeinander erreicht. Niederschlagwasser sammelt sich in dem weiten Raume d , aus dem es durch ein Rohr abgeführt wird. Der Vorteil der Labyrinthdichtung ist der Wegfall jedes Anpreßdrucks an den Stangen und die dadurch bedingte gleichmäßige und geringe Reibung. Vollkommene Abdichtung ist aber bei höheren Drucken nicht möglich.

4. Stopfbüchsen mit metallischer Liderung.

Sie finden immer weitere Anwendung und sind besonders für hohe Drucke und Wärmegrade sowie große Geschwindigkeiten geeignet, verlangen aber nicht allein eine viel peinlichere Herstellung der Stangen und Kolben, die durchweg gleichen Querschnitt und eine

sehr glatte und gleichmäßige, am besten polierte Oberfläche haben müssen, sondern erfordern auch einen viel sorgfältigeren Zusammenbau, wenn sie sich bewähren sollen. Ein großer Vorteil ist, daß sie bei genügender Schmierung sehr geringe oder gar keine Abnutzung zeigen und dementsprechend keines Nachziehens, also nur geringer Wartung bedürfen. Sie können deshalb bei geeigneter Durchbildung selbst im Innern der Maschinen angeordnet werden und haben erst den gedrängten Bau der neueren Einkurbelverbundmaschinen möglich gemacht, bei denen die Zylinder unmittelbar unter Weglassen besonderer Zwischenstücke zusammengebaut werden. Auch das Anziehen der Schrauben ist nicht in dem starken Maße wie bei Weichpackungen notwendig, wirkt bei manchen sogar schädlich. In Formel (284) darf c im allgemeinen gleich 1 gesetzt werden.

Die eigentlichen metallischen Liderungen bestehen entweder aus weichen, dem Weißmetall ähnlichen Legierungen oder aus Gußeisen. Die Legierungen müssen einerseits so nachgiebig sein, daß sie sich beim Anspannen und Laufen den Stangen rasch anschmiegen und anpassen, dürfen aber weder bei gewöhnlichen Temperaturen, noch bei der Erwärmung durch den Betrieb so weich werden, daß sie „schmieren“, d. h. an der Stange haften. Als geeignete Mischungen werden u. a. empfohlen: 45% Zinn, 45% Blei und 10% Antimon, die bei 192° C oder die billigere: 20% Zinn, 65% Blei, 15% Antimon,

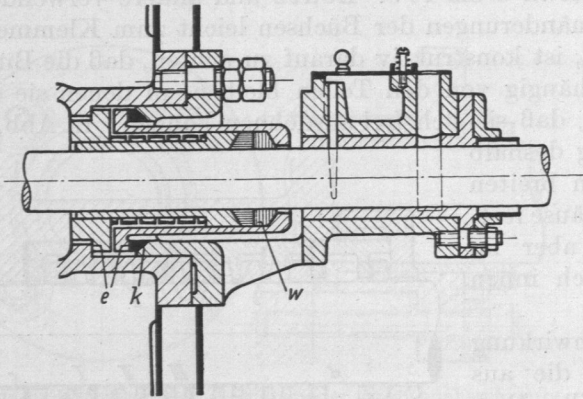


Abb. 1023. Lokomotivstopfbüchse mit beweglicher Metallpackung und besonderer Führung der Stange. W. Schmidt, Kassel.

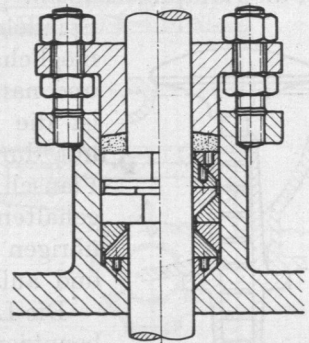


Abb. 1024. Howaldtpackung.

die bei 240° C zu schmelzen anfängt, oder die etwas festere Legierung aus 89% Zinn, 4% Kupfer, 7% Antimon, die bei dem großen Zinngehalt bei etwa 230° flüssig wird. Für die Howaldtpackung wird 80% Blei, 12 bis 18% Zinn, 8 bis 2% Antimon angegeben. Beginn des Schmelzens bei etwa 190°.

Wird die Stopfbüchse weit hinausgezogen und so ausgebildet, daß sie von der Außenluft umspült und gut gekühlt wird, Abb. 1023, so kann man die Legierungen selbst dann anwenden, wenn die Höchsttemperatur des Betriebsmittels den Schmelzpunkt um 50 bis 100° überschreitet. Da nämlich die höchsten Wärmegrade bei den Kraftmaschinen und Kompressoren in der Totlage auftreten und die mit den Packungen in Berührung kommenden Teile der Kolbenstange erst später in den Zylinderraum eintreten, nehmen diese auch geringere Temperaturen an und werden den Dichtungsringen nicht gefährlich.

Gußeisen, das auch bei den höchsten, zur Zeit benutzten Wärmegraden zu Dichtungsringen geeignet ist, bekommt während des Betriebs durch die schleifende Wirkung der Stangen eine äußerst glatte und harte Oberfläche und zeigt dann sehr geringe Abnutzung.

Bei den Packungen Abb. 1024 bis 1027 sind geteilte Weißmetallringe dreieckigen Querschnitts abwechselnd so angeordnet, daß sie beim Anziehen der Stopfbüchsschrauben teils gegen die Stange, teils gegen die Stopfbüchswand gepreßt werden und dort abdichten. Die an der Wandung anliegenden Ringe können auch aus Messing oder ähnlichen billigen Legierungen oder auch aus Gußeisen bestehen. Zum Herausnehmen dienen Gewindelöcher, die bei der Anordnung nach Abb. 1025 zu zwei Sorten von Ringen führen,

im Gegensatz zu der nach Abb. 1024, welche wegen der Schraubenlöcher vier Arten verlangt, aber etwas günstigere Abdichtverhältnisse längs der Fuge bietet. Um das Anpassen zu erleichtern und um eine gewisse Labyrinthwirkung zu erreichen, dreht Gminder, Stuttgart, in die Ringe zahlreiche Rillen, Abb. 1026, ein. Dauernde und gleichmäßige Anpressung kann durch Federn, Abb. 1027 oder durch eine kurze Weichpackung, die auch

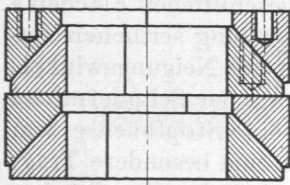


Abb. 1025. Metallpackung.

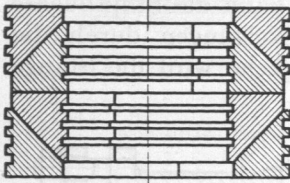


Abb. 1026. Packung von Gminder, Stuttgart.

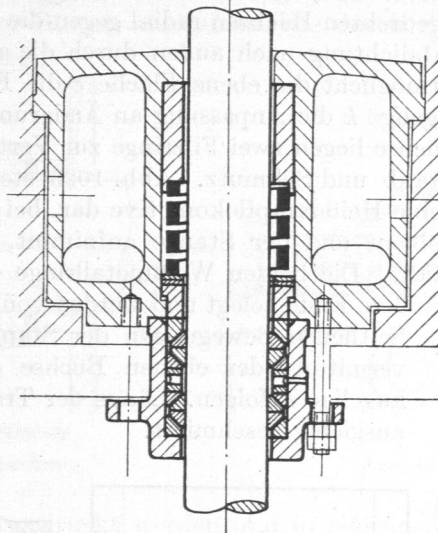


Abb. 1027. Als Ganzes abziehbare Packung mit Anpressung durch eine Feder.

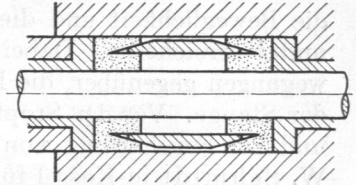


Abb. 1028. Wildtsche Packung.

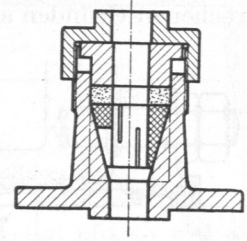


Abb. 1029. Packung von Cordts, Hamburg.

Staub und Unreinigkeiten zurückhält, Abb. 1024, erzielt werden. Bei Abb. 1027 ist hervorzuheben, daß die Stopfbüchspackung als Ganzes abgezogen werden kann.

Wildt benutzt zwei geteilte Ringe U-förmigen Querschnitts, Abb. 1028, die er beim Anziehen der Stopfbüchsschrauben durch ein doppelt kegeliges Zwischenstück gegen die Stange und die Wandung preßt. Nur einen Dichtungsring hat die für dünne Stangen geeignete Packung von Cordts in Hamburg, Abb. 1029. Der Ring ist geschlitzt und wird entweder unmittelbar in den kegelig ausgedrehten Stopfbüchsenraum oder in einem besonderen, außen zylindrisch abgedrehten Hohlkegel eingesetzt.

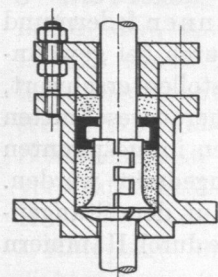


Abb. 1030. Metallische Liderung mit Weichpackung als Druckmittel.

Abb. 1030 zeigt hinter dem zwei- oder dreiteiligen, an den Fugen durch Verzahnungen abgedichteten Ring eine Weichpackung, die durch die Stopfbüchsschrauben zusammengedrückt, die radiale Anpressung der Metallpackung und die Abdichtung längs der Stopfbüchswandung übernimmt. Ihre Elastizität ermöglicht sogar geringe seitliche Bewegungen der Kolbenstange, die bei den vorher besprochenen Beispielen ausgeschlossen waren.

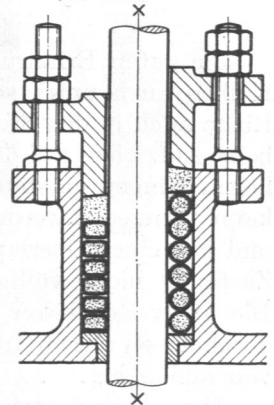


Abb. 1030a. Stopfbüchspackung von M. Bach, Charlottenburg.

U-förmige Stulpen aus Weißmetall wendet die Berliner Maschinenbau A.-G., vorm. L. Schwartzkopf in den höheren Stufen von Luftkompressoren an [XIII, 5].

Mit weichen Massen gefüllte Bleiringe, Abb. 1030a rechts, liefert M. Bach, Charlottenburg. Beim Anziehen der Brille werden sie, wie die linke Hälfte der Abbildung zeigt, breit gedrückt und auf diese Weise wirksam gegen die Stopfbüchswand und die Stange gepreßt.

Größere Nachgiebigkeit der Packungen ist besonders an umsteuerbaren Maschinen, wie Lokomotiven und Schiffsmaschinen, erwünscht, weil mit der Umlaufrichtung auch der Gleitbahndruck wechselt und die Kolbenstange infolge des unvermeidlichen Spiels an den Kreuzkopfschuhen eine andere Lage einnimmt. Beispiele für derartige bewegliche Metallpackungen bringen die Abb. 1031 und 1023. Bei der Lokomotivstopfbüchse der Preußischen Staatsbahnen, Abb. 1031, werden die beiden geteilten Metallringe durch die Feder F und die kegelig ausgedrehten Büchsen radial gegen die Stange gepreßt, während die Beweglichkeit und die Abdichtung nach außen durch die aufgeschliffenen Flächen e und k erreicht ist. Dabei ermöglicht die ebene Fläche e die Einstellung seitlichen Bewegungen gegenüber, die kugelige k die Anpassung an Änderungen des Neigungswinkels der Stange. Vor der Stopfbüchse liegen zwei Filzringe zur Verteilung der Schmiermittel und zur Fernhaltung von Staub und Schmutz. Abb. 1023 stellt eine Stopfbüchse von W. Schmidt in Kassel für eine Heißdampflokomotive dar, bei der eine besondere Tragbüchse das Gewicht des Kolbens und der Stange aufnimmt, so daß der Stopfbüchse lediglich die Abdichtung zufällt. Die beiden Weißmetallringe w sind aus den oben besprochenen Gründen an das äußere Ende gelegt und werden von der Luft kräftig gekühlt.

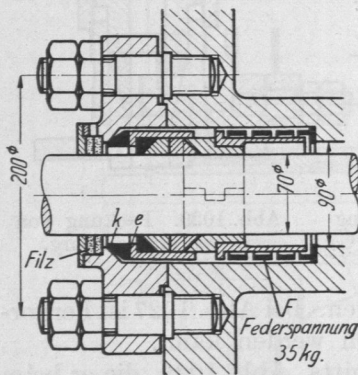


Abb. 1031. Bewegliche metallische Packung.

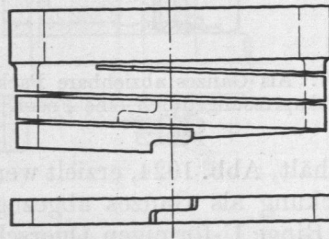


Abb. 1032. Herstellung eines nach innen spannenden Ringes.

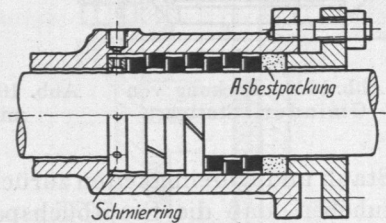


Abb. 1033. Stopfbüchse mit nach innen und außen abdichtenden, selbstspannenden Ringen.

Die guten Erfahrungen, die man mit gußeisernen, selbstspannenden Ringen an den Kolben auch unter schwierigen Verhältnissen gemacht hatte, führten dazu, derartige Ringe auch in den Stopfbüchsen anzuwenden. Sie müssen dabei nach innen federn und beim Aufziehen auf die Stange auseinander gebogen werden. Das dadurch bei gewöhnlichen Ringen entstehende Klaffen, das die Abdichtung an den Stoßstellen erschwert, kann vermieden werden, wenn die Ringe aus einer Spirale, Abb. 1032, herausgeschnitten und mit einer Überlappung versehen werden. Ihre Stirnflächen würden im gespannten Zustande nicht völlig eben sein; sie müssen deshalb nochmals nachgedreht werden. Die Davy-Robertson Gesellschaft, Berlin, erzielt die Federung der auf den Stangendurchmesser abgedrehten Ringe in der bei den Kolben beschriebenen Weise durch Hämmern von außen her.

Abwechselnd nach innen und außen federnde Ringe mit versetzten Stößen geben die einfache und kurze Bauart der Stopfbüchse Abb. 1033. An einer beliebigen Stelle kann ein mit Bohrungen versehener Ring zur Zuführung des Öls unter Druck eingeschaltet werden. Die zwischen dem Druckring und der Brille vorgesehene Asbestpackung verhütet durch ihre Elastizität das Festklemmen der Ringe und ermöglicht deren Ausdehnung, wenn sie heißer als die Wandung werden.

Das umständliche Aufschieben der einteiligen Ringe von einem Stangenende her, das beim Auswechseln das Lösen der Kolbenstangenverbindung verlangt, hat zur Verwendung zwei- und mehrteiliger Ringe geführt, die genau dem Stangendurchmesser entsprechend ausgedreht, durch künstliche Mittel, meist Blatt- oder Spiralfedern, in dem

gewünschten Maße angepreßt werden. Da aber bei etwa 300° die Anlaßtemperatur der Federn erreicht und ein Nachlassen der Spannung zu erwarten ist, empfiehlt es sich, auch derartige Packungen vor zu hohen Wärmegraden zu schützen, z. B. an Dampfmaschinen durch Fernhalten von der Deckelheizung und durch weites Herausziehen und Luftkühlung, an Gasmaschinen durch Einbau in den gekühlten Deckel.

Anwendungsbeispiele zeigen die Abb. 1034 bis 1037. Die Schwabepackung, Abb. 1034, setzt sich aus dreiteiligen Ringen zusammen, die durch Schlauchfedern in halbrunden

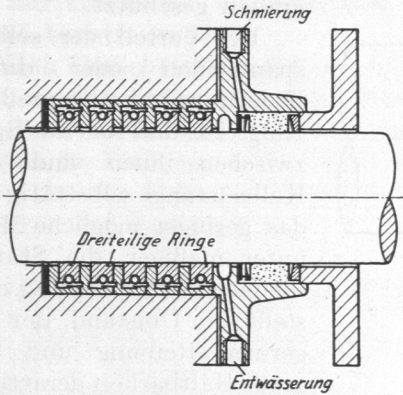


Abb. 1034. Schwabepackung.

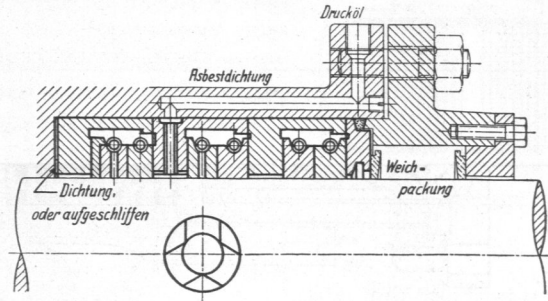


Abb. 1035. Proellpackung.

Nuten gegen die Stange gedrückt werden und in einzelnen Kammern mit so viel Spiel liegen, daß sie den Durchbiegungen der Kolbenstange zu folgen vermögen. Die innerste Kammer wird durch die Stopfbüchsschrauben gegen eine Flachdichtung gepreßt. Vor die gußeisernen Ringe kann eine kurze, getrennt von der Hauptstopfbüchse nachzuziehende Weichpackung gelegt werden. Die Zahl der Ringe richtet sich nach der Höhe der Spannung, gegen welche abzudichten ist. Zur Schmierung dient in der Abbildung der Grundring unter der Weichpackung; bei hohen Drucken kann dazu aber auch einer der Kammerringe herangezogen werden.

Die Packung des Ingenieurbureaus Dr. R. Proell in Dresden, Abb. 1035, in einer Ausführung für Drucke von 9 bis 10 at und 300 bis 350° bei Kolbenstangen mittlerer Größe dargestellt, benutzt sechsteilige gußeiserne Ringe, die ebenfalls durch Schlauchfedern zusammengehalten, zu zweien mit versetzten Stößen in je einer Kammer liegen. Der Höhe des Dampfdruckes entsprechend werden 1 bis 4 Ringpaare hintereinander angeordnet. Zur Abdichtung von 2 at oder gegen Vakuum genügt bei Stangen von 95 mm Durchmesser noch ein Ringpaar.

Radial angeordnete Spiralfedern in Dichtungsringen aus Sonderbronze benutzt die Ascherslebener Maschinenbau A.-G. in der Form Abb. 1036 für Heißdampf von 10 at Druck und 320 bis 360°. Die freie Beweglichkeit der Kolbenstange ist durch kugelige und ebene Flächen gewährleistet, zwischen welchen letzteren die Ringkammern liegen.

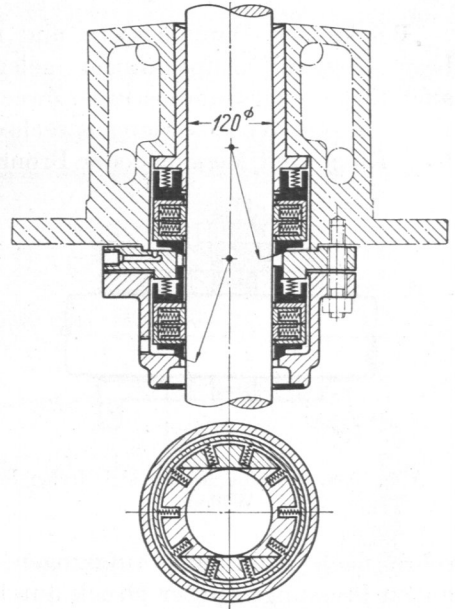


Abb. 1036. Metallpackung der Ascherslebener Maschinenbau A.G.

Abb. 1037 zeigt eine Dichtung für Großgasmaschinen der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. Sie besteht aus zwei Teilen, einem inneren Satz von nach innen federnden, gußeisernen Ringen in einzelnen Kammern und einem äußeren nach Art der Howaldt-

packung. Die Unabhängigkeit und die Ausdehnungsmöglichkeit der letzteren ist durch kurze Spiralfedern gesichert. Im höchsten Punkte eines zwischen beiden Teilen liegenden

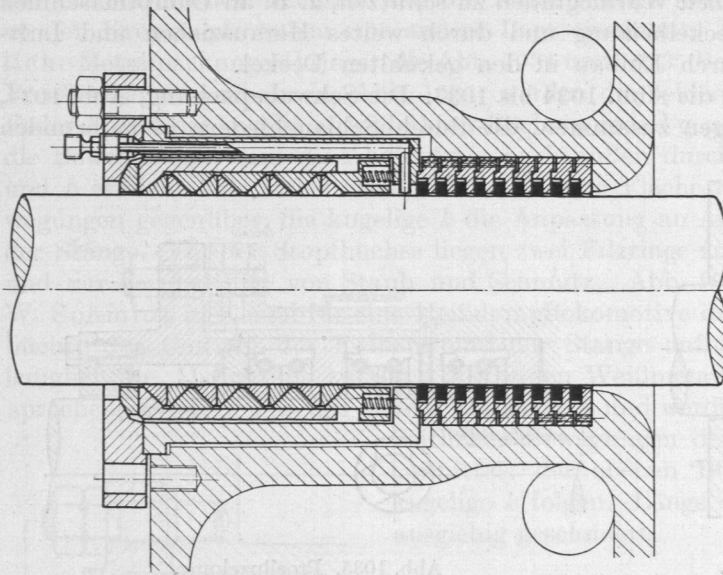


Abb. 1037. Großgasmaschinendichtung der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

Ringes mündet die Druckschmierung. Das Ganze ist in den wassergekühlten Zylinderdeckel eingesetzt und so vor zu hohen Wärme-graden geschützt.

Der Vorteil der selbstspannenden oder durch Federn radial angepreßten Ringe ist, daß sich das Spiel zwischen ihnen und der Kolbenstange selbsttätig auf das geringst mögliche Maß, unter mäßiger, die Stange schonender Anpressung einstellt, ein Umstand, der die geringe Reibung und die große Haltbarkeit derartiger Stopfbüchsen bei guter Durchbildung und richtigem Zusammenbau begründet.

B. Stopfbüchsen an sich drehenden Wellen.

Bei kleinen Durchmessern und mäßigen Geschwindigkeiten benutzt man die oben besprochenen Weichpackungen, gelegentlich, nämlich zur Abdichtung von Flüssigkeiten, auch Leder- oder Gummistulpe. Zwecks Schonung der Welle werden auswechselbare Ringe und Messing- oder Bronze-

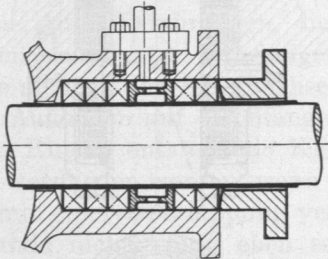


Abb. 1038. Stopfbüchse für sich drehende Wellen.

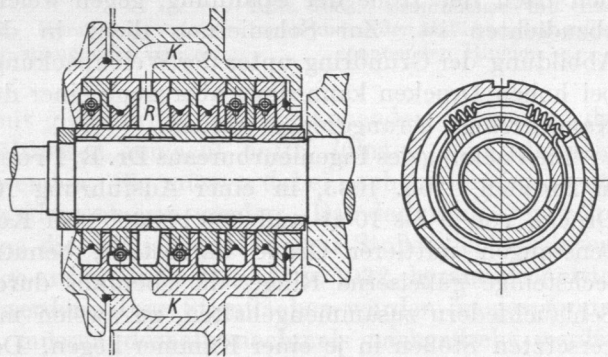


Abb. 1039. Stopfbüchse mit Kohleringen, Maschinenfabrik Oerlikon.

rohre nach Abb. 1038 aufgezogen. Die Zuführung des Schmiermittels geschieht bei hohen Pressungen unter Druck durch einen in der Packung angeordneten Öhring.

Der Dampfturbinenbau verlangte die Ausbildung von Stopfbüchsen an sich drehenden Wellen bei sehr hohen Geschwindigkeiten. Sie werden heute im wesentlichen in zwei Arten gebaut. Nach Abb. 1039, einer Ausführung der Maschinenfabrik Oerlikon, werden dreiteilige Kohleringe in einzelnen, sorgfältig aufeinander gepaßten Kammern durch Schlauchfedern unmittelbar auf die Welle oder auf auswechselbare Ringe gedrückt. Bei Überdruck kann der durchtretende Dampf aus dem Ring *R* und dem Kanal *K* abgeführt, bei Unterdruck Sperrdampf durch *K* zugeleitet werden, um das Ansaugen von Luft sicher zu verhüten.

Die zweite Art beruht auf der Labyrinthwirkung. Abb. 1040 zeigt beispielweise die Konstruktion der Turbinenfabrik der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin. In der Welle sind zahlreiche Rillen vorgesehen, in welche schmale, in eine zweiteilige Büchse eingesetzte Metallringe eingreifen. Diese haben nur geringes Spiel in radialer Richtung. Dasjenige längs der Welle aber wird nach deren Ausdehnung im Betrieb bemessen und so eingestellt, daß während des Laufens ein sehr kleiner Spalt übrig bleibt. Die Lücke L mit zahlreichen radialen Bohrungen kann wieder zur Ableitung des durchtretenden Dampfes oder zur Zuführung von Sperrdampf benutzt werden.

Nach ähnlichen Grundsätzen sind packungslose Stopfbüchsen auch an Wasserturbinen unter Zuleitung von Sperrwasser ausgebildet worden. Sie bieten den Vorteil dauernder Dichtigkeit unter Wegfall des Packungsstoffes, der Schmierung, sowie der Wartung, ferner den der Sicherheit gegen Warmlaufen und gegen Beschädigungen der Wellen [XIII, 6].

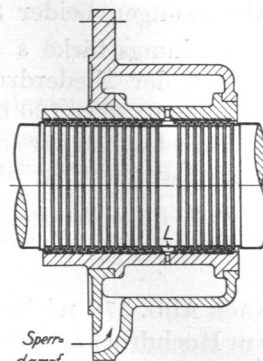


Abb. 1040. Stopfbüchse mit Labyrinthdichtung. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.

C. Berechnungs- und Konstruktionsbeispiele.

1. Stopfbüchse zum Akkumulator, Abb. 940. Betriebsdruck $p = 150$ at. Baustoff der Flaschen: zäher Flußstahl.

Zur konstruktiven Durchbildung sei folgendes bemerkt: Um bei den großen Längskräften mit einem kleinen Innendurchmesser der Laterne Z , die die beiden Flaschen verbindet, vgl.

Abb. 941, auszukommen, wurde die Stopfbüchsenbrille als Überwurfmutter aus Flußstahl ausgebildet. Beim Zusammenbau des Akkumulators wird sie mit einem Sonderschlüssel oder einem Stift angezogen, die in den am unteren Rande eingebohrten Löchern angesetzt werden. Das ist zulässig, weil die verwandte Stulpdichtung ein Nachziehen der Brille unter Druck, durch das die Löcher sehr rasch leiden würden, nicht verlangt. Um die Brille durch den Schlitz in der Laterne einführen und darin in die richtige Lage bringen zu können, ist sie außen kugelig abgedreht.

Beanspruchung der Stopfbüchsenwandung, als Rohr von $d_1 = 120$ mm Innendurchmesser berechnet. Wandstärke unter Berücksichtigung der eingeschnittenen Gewindgänge von rund 1,5 mm Tiefe: $s_1 = 9,25$ mm.

$$\sigma_z = \frac{p \cdot d_1}{2 s_1} = \frac{150 \cdot 12}{2 \cdot 0,925} = 973 \text{ kg/cm}^2.$$

Noch zulässig, da die Beanspruchung im wesentlichen eine ruhende ist.

Druck auf die Überwurfmutter:

$$P = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) \cdot p = \frac{\pi}{4} (12^2 - 10^2) \cdot 150 = 5180 \text{ kg.}$$

Pressung im Gewinde p_0 ; Außendurchmesser 140 mm, $z_0 = 11$ Gang auf 1''; Länge $l = 35$ mm, Tragtiefe $t_i = 1,47$ mm.

Gangzahl:

$$z = \frac{l \cdot z_0}{2,54} = \frac{3,5 \cdot 11}{2,54} = 15,1;$$

$$p_0 = \frac{P}{z \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_i} = \frac{5180}{15,1 \cdot \pi \cdot 13,85 \cdot 0,147} = 53,6 \text{ kg/cm}^2.$$

Biegebeanspruchung im Querschnitt I , Abb. 1041. An einem Streifen von 1 cm Breite, auf den rund $\frac{5180}{\pi \cdot 12} = 137$ kg Belastung entfallen, wird:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} = \frac{6 \cdot 137 \cdot 1}{1,17 \cdot 2^2} = 176 \text{ kg/cm}^2,$$

ist also sehr niedrig.

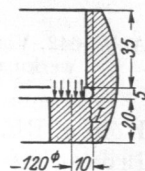


Abb. 1041.

2. Vordere Stopfbüchsen der Wasserwerkmaschine, Tafel I. Stangendurchmesser $d = 100$ mm.

Die Stopfbüchse am Niederdruckzylinder werde so gestaltet, daß sowohl Weich- wie Metallpackung verwendet werden kann. Dampfdruck bei 40% Füllung $p_n = 2,7$ at Überdruck. Auf der Hochdruckseite sei des Heißdampfes wegen Metallpackung vorgesehen. Dampfdruck $p_h = 12$ at Überdruck, Temperatur 300° C. Die Formen und Abmessungen beider Stopfbüchsen wird man möglichst gleichartig durchbilden.

Packungsstärke $s = 2\sqrt{d} = 2\sqrt{100} = 20$ mm.

Auf der Niederdruckseite erscheint bei dem mäßigen Drucke eine Packungshöhe $t = 6s = 6 \cdot 20 = 120$ mm ausreichend. Nutzbare Brillenhöhe $t_1 = 3s = 3 \cdot 20 = 60$ mm.

Berechnung der Stopfbüchsschrauben. Am Niederdruckzylinder werde der dreifache Dampfdruck, also $c = 3$ in Formel (284) zugrunde gelegt.

$$P_n = c \cdot \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) \cdot p_n = 3 \cdot \frac{\pi}{4} (14^2 - 10^2) \cdot 2,7 = 610 \text{ kg.}$$

Nach Abb. 378 reichen bei sorgfältiger Ausführung ($c = 0,045$) zwei $\frac{5}{8}$ " Schrauben aus. Am Hochdruckzylinder, dessen Metallpackung nur leicht angezogen werden darf, genügt es, die Rechnung mit dem Einströmdruck von $p_h = 12$ at, also mit $c = 1$, durchzuführen.

$$P_h = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d^2) \cdot p_h = \frac{\pi}{4} \cdot (14^2 - 10^2) \cdot 12 = 905 \text{ kg,}$$

entsprechend zwei Stück $\frac{3}{4}$ " Schrauben. Der Gleichmäßigkeit wegen gewählt auf beiden Seiten je zwei $\frac{3}{4}$ " Schrauben.

Stopfbüchsbrille. Bei $h = 20$ mm Flanschstärke wird die Biegebeanspruchung im Querschnitt I auf der Hochdruckseite:

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot P_h \cdot a}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{6 \cdot 905 \cdot 2}{2 \cdot 9,4 \cdot 2^2} = 142 \text{ kg/cm}^2. \text{ Niedrig.}$$

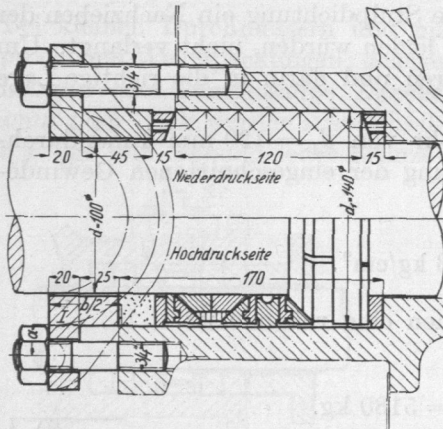


Abb. 1042. Vordere Stopfbüchsen der Wasserwerkmaschine Tafel I. M. 1:5.

In der Entwurfsskizze 1042 sind beide Stopfbüchsen übereinander durchgebildet. Die Gesamtlängen wurden gleich groß, die Brillenhöhe für die Metalliderung aber niedriger und dafür der Packungsraum tiefer gehalten. Auf der Niederdruckseite ist die Stopfbüchse außerhalb des Heizraumes des Deckels angeordnet; am Hochdruckdeckel, an dem keine Heizung vorgesehen ist, wird sie durch die Wärmeschutzmasse in den Aussparungen des Deckels vor zu hohen Wärmegraden geschützt.

Die auf der Hochdruckseite benutzte Metallpackung von Fr. Goetze in Burscheid bei Köln a. Rh. gestattet geringe seitliche Bewegungen der Stange und besteht aus äußeren Bronzeringen, die durch Vor- und Rücksprung mit versetzten Stößen zusammengebaut sind. Die Stöße der inneren Ringe, die aus Weißmetall oder anderem zweckentsprechenden Baustoff bestehen, werden durch einen dritten darumgelegten Ring abgedeckt. Vor der Metallpackung liegt eine kurze Weichpackung.