der Kolbenerweiterung noch ein Mal und schneiden aus ihr ein Flächentheilchen dF' heraus, welches eine Druckkraft $p \cdot dF'$ und eine Seitenkraft in der Richtung des Rohres $p \cdot dF' \cdot \cos\alpha' = p \cdot dF_x$ erfährt. Diese Seitenkraft ist der von dF gelieferten gleich und entgegengesetzt und hebt sich damit auf. In gleicher Weise liefern sämmtliche der Flüssigkeit ausgesetzte Oberflächentheile des Kolbens, die beim rechtwinkligen Projiciren in der Längenrichtung des Ansatzrohres paarweise auf einander fallen, keinen Beitrag zur wirksamen Kolbenkraft. Es bleibt als wirksame Druckfläche des Kolbens nur dessen rechtwinklige Querschnittsfläche F_x mit der wirksamen Kolbenkraft

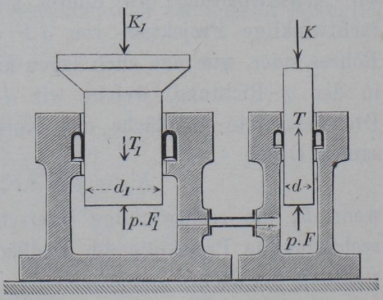
1) $$K_x = p \cdot F_x$$

übrig, auch geht K_x durch den Schwerpunkt von F_x, gerade so, als ob der Kolben dem Wasser eine rechtwinklige Querschnittsfläche F_x als Endfläche zukehrte.

b) Wasserdruck-Presse.

Dieselbe hat den Zweck, mittels einer Triebkraft K einen bedeutend grösseren Widerstand K_1 zu überwinden. In die beiden mit einer tropfbaren Flüssigkeit gefüllten, durch ein Rohr verbundenen Cylinder (Fig. 175) reichen Kolben von den Durchmessern d und d_1 dicht schliessend hinein. Der dichte Schluss, die sog. Dichtung, wird durch je einen Lederstulp, einen Ring von hufeisenförmigem Querschnitte (Fig. 176) bewirkt, der sich mit den beiden Schenkeln an die Cylinderwand bezw. den Kolben legt und der in dem Hohlraume von dem Wasserdruck ergriffen wird, welcher die Schenkel auseinander zu treiben sucht. Je stärker der Wasserdruck, um so fester legt sich der Stulp an die zu dichtenden Theile.

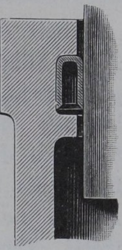
Fig. 175.



Bei dem Arbeiten der Presse bleibt nun der flüssige Körper nicht ganz im Gleichgewichte, da beim Niederdrücken des kleinen

Kolbens Flüssigkeit aus dem kleinen Cylinder in den grossen hinübertritt. Wenn wir aber annehmen, dass die Bewegung nur langsam erfolge, können wir annähernd mit den Gleichgewichts-Bedingungen rechnen.

Fig. 176.



Während der Kolben vom Durchmesser d an dem Stulp von der Höhe h abwärts gleitet, wird der letztere mit Kräften gegen den Kolben gedrückt, deren Summe $p \cdot d\pi h$ beträgt, also eine Reibung $T = f p d \pi h$ hervorruft, wenn p der Druck in der Presse ist. Für das Gleichgewicht dieses Kolbens gilt dann

$$K = p \cdot {}^1\!/\!_4\, d^2 \pi + f p d \pi h .$$

An dem grösseren Kolben vom Durchmesser d_1 sei die Stulphöhe h_1, dann beträgt die hier abwärts gerichtete Reibung $T_1 = f p d_1 \pi h_1$, und es gilt für diesen Kolben

$$K_1 = p\, {}^1\!/\!_4\, d_1{}^2 \pi - f p\, d_1 \pi h_1 .$$ Sonach wird

$$1)\qquad \frac{K_1}{K} = \frac{d_1{}^2}{d^2} \, \frac{1 - 4f\dfrac{h_1}{d_1}}{1 + 4f\dfrac{h}{d}} .$$

Bewegt sich der kleine Kolben um v abwärts, so muss eine Raummenge Wasser $= {}^1\!/\!_4\, d^2 \pi v$ in den grossen Cylinder übertreten und $= {}^1\!/\!_4\, d_1{}^2 \pi c$ sein, wenn c die Bewegung des grossen Kolbens. Mithin ist die Geschwindigkeits-Übersetzung $v : c = d_1{}^2 : d^2$. Der Wirkungsgrad wird hiernach

$$\eta = \frac{K_1 c}{K v} = \frac{1 - 4f\dfrac{h_1}{d_1}}{1 + 4f\dfrac{h}{d}} = \frac{K_0}{K},$$

wenn $K_0 = K_1 \dfrac{d^2}{d_1{}^2}$ die für eine vollkommene Presse ohne Reibung ($f = 0$) erforderliche Triebkraft wäre.

Beispiel: Für $h : d = h_1 : d_1 = 0{,}2$, $d_1 : d = 18$ und $f = 0{,}15$ ist

$$\eta = \frac{1 - 4 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}2}{1 + 4 \cdot 0{,}15 \cdot 0{,}2} = 0{,}79 ;$$

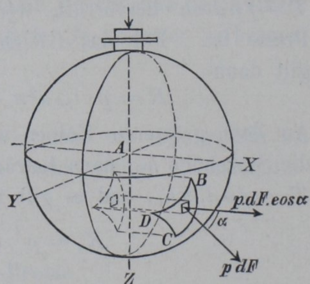
die Wasserdruckpresse arbeitet also erheblich günstiger als Keil- und Schraubenpressen (Theil 1, S. 215 und 264). Es wird $K_1 : K = 18^2 \cdot 0{,}79 = 256$. Die

Übersetzung ist eine sehr erhebliche und kann durch Wahl von $d_1 : d$ beliebig festgesetzt werden. Hier würde mit einer Triebkraft $K = 100$ kg eine Nutzkraft $K_1 = 25600$ kg erreicht werden.

c) Druckkraft auf ein beliebiges Stück der Gefässwand.

Soll das Gesammt-Ergebnis der Druckkräfte auf ein Stück BCD (Fig. 177) der Wandung eines Gefässes, in dem der Druck p herrscht, bestimmt werden, so bedenke man, dass ein Flächentheilchen die Druckkraft $p\,dF$ erfährt, die mit drei rechtwinkligen Achsen die Winkel α, β, γ bilden möge. Dann bekommt man gerade so, als ob BCD die Endfläche eines in der x-Richtung verschiebbaren Kolbens wäre, in dieser Achsenrichtung eine gesammte Kraft

Fig. 177.



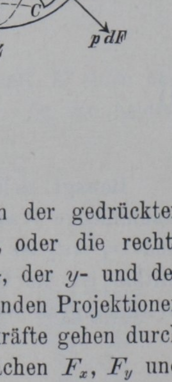
1) $D_x = p\Sigma dF \cdot \cos\alpha = p \cdot F_x$,

ebenso in den beiden anderen Achsenrichtungen

2) $$D_y = p\Sigma dF \cdot \cos\beta = p \cdot F_y,$$
$$D_z = p\Sigma dF \cdot \cos\gamma = p \cdot F_z.$$

Darin bezeichnen F_x, F_y und F_z die Projektionen der gedrückten Flächen auf die yz-, die xz- und die xy-Ebene, oder die rechtwinkligen Projektionen in den Richtungen der x-, der y- und der z-Achse, wobei die etwa paarweise aufeinander fallenden Projektionen von Flächentheilchen fortzulassen sind. Die Seitenkräfte gehen durch die Schwerpunkte der entsprechenden Projectionsflächen F_x, F_y und F_z hindurch und werden sich im Allgemeinen nicht zu einer Einzelkraft zusammensetzen lassen, sondern daneben noch ein Achsenmoment liefern. Gehört die Fläche freilich einer Kugel an, so gehen die einzelnen Kräfte $p \cdot dF$ sämmtlich durch deren Mittelpunkt und liefern eine durch denselben Punkt gehende Einzelkraft.

Fig. 178.



Auch noch in solchen Fällen lassen sich die Druckkräfte zu einer Einzelkraft D zusammensetzen, wo die Begrenzungslinie des Flächenstückes eine ebene Kurve