Beispiel: Für Lederriemen auf Gusseisenscheiben setzt man $f = 0{,}28$, sind ferner die beiden Scheiben gleich und daher $\alpha = \pi$, so wird

$$e^{f\alpha} = e^{0{,}28\,\pi} = 2{,}41.$$

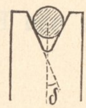
Ist nun $R = 0{,}6^{\,\mathrm{m}}$, $\mathfrak{M} = 100 \cdot 0{,}2 = 20^{\,\mathrm{mkg}}$, so wird

$$S_1 = \frac{20}{0{,}6}\,\frac{1}{1{,}41} + \varDelta S = 23{,}64^{\,\mathrm{kg}} + \varDelta S.$$

$$S_2 = 23{,}64 \cdot 2{,}41 + \varDelta S = 56{,}97^{\,\mathrm{kg}} + \varDelta S.$$

Wie bei den Reibungsrädern der Druck D, so verursachen hier die Spannkräfte S_1 und S_2 Zapfenreibungswiderstände in den Lagern. In ähnlicher Weise wie dort D, können hier S_1 und S_2 vermindert werden, wenn man den Riemen durch eine runde Schnur ersetzt und die Scheibe mit einer keilförmigen Rinne versieht (Fig. 295), so dass in Folge der Keilwirkung wiederum f mit $f : \sin\delta$ zu vertauschen ist. Man wähle δ so gross, dass das Seil sich in der Rinne nicht festklemmt, mache also $\delta > \varphi$, damit das Seil beim Ablaufen sich ohne erheblichen Widerstand aus der Rinne entfernt, nicht aber gewaltsam herausgezerrt werden muss.

Fig. 295.



Ist für Hanfseile in gusseisernen Rinnen $f = 1/3$, $\varphi = 18^0$, so ist $\delta = 30^0$ zulässig.

In den vorstehenden Rechnungen ist der Einfluss der Geschwindigkeit des Riemens auf Verminderung der Reibung nicht berücksichtigt. Für schnelllaufende Riemen ist an Stelle der Gl. 2 auf S. 233 zu setzen (nach Gl. 4, S. 234)

$$\left(S_1 - \frac{\gamma}{g} F r^2 \omega^2\right)\left(e^{f\alpha} - 1\right) \geqq S_2 - S_1 = Q\frac{r}{R}.$$

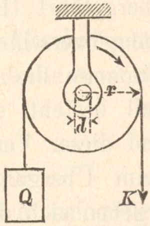
Dadurch kommt dann zu den Werthen S_1 und S_2 nach Gl. 3 und 4, S. 237 noch der Summand $\frac{\gamma}{g} F r^2 \omega^2$ hinzu.

Hat z. B. ein Riemen von $0{,}5 \times 6^{\,\mathrm{cm}} = 3^{\,\mathrm{qcm}} = 0{,}0003^{\,\mathrm{qm}}$ Querschnitt eine Dichte von 900, so ist $\gamma F = 0{,}27$. Bei $15^{\,\mathrm{m}}$ sekundl. Umfangsgeschwindigkeit wird dann $\frac{\gamma}{g} F r^2 \omega^2 = \frac{0{,}27 \cdot 15^2}{9{,}81} = 6{,}2^{\,\mathrm{kg}}$. Aus den Zahlen des vorstehenden Beispiels wird dann $S_1 = 23{,}64 + 6{,}2 + \varDelta S$ und $S_2 = 57{,}37 + 6{,}2 + \varDelta S$.

i) Seilrollen und Flaschenzüge.

Ist über eine Rolle (Fig. 296) ein völlig biegsamer Faden gelegt, der die Last Q trägt, so würde, wenn sich der Drehung der Rolle kein Widerstand entgegensetzte, zur gleichmässigen Drehung kein Moment, also auch keine Seilreibung erforderlich sein, es würde dann $K = Q$ hinreichen zum Hinaufziehen der Last. Nun findet aber ein Zapfendruck $D = Q + K$ statt, also ein Reibungsmoment $\mathfrak{M} = D f \frac{d}{2}$, wenn d der Zapfendurchmesser, zu dessen Überwindung eine am Umfange der Rolle angreifende Kraft $\frac{\mathfrak{M}}{r} = D f \frac{d}{2\,r} = \frac{Q + K}{2\,r} f\,d$ nöthig ist. Dies ist die auf den Rollenumfang bezogene Zapfenreibung Z. Diese Kraft kann von dem Seile nur durch die Seilreibung auf die Rolle übertragen werden, oder es ist $K - Q = \frac{K + Q}{2\,r} fd$. Daraus entsteht

Fig. 296.



$$\frac{K}{Q} = \frac{1 + \frac{fd}{2\,r}}{1 - f\frac{d}{2\,r}}.$$

Zur Vereinfachung multipliciren wir in Zähler und Nenner mit dem Zähler, erhalten

$$\frac{K}{Q} = \frac{1 + f\frac{d}{r} + \left(\frac{fd}{2\,r}\right)^2}{1 - \left(\frac{fd}{2\,r}\right)^2}$$

und vernachlässigen nun den kleinen Werth $\left(\frac{fd}{2\,r}\right)^2$ gegen die Einheit, so dass genau genug

1) $$\frac{K}{Q} = 1 + f\frac{d}{r} \quad \text{wird.}$$

Man kann auch schreiben $K = Q + Z$, wo

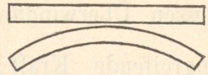
2) $$Z = Q f \frac{d}{r}$$

die auf den Rollenumfang bezogene Zapfenreibung, d. h. man kann (nach A. Ritter, Lehrbuch der technischen Mechanik, 2. Aufl., S. 365) die Sache so ansehen, als ob zu der Kraft $K_0 = Q$, die bei einer ideellen Rolle hinreichen würde, noch der Betrag Z hinzutreten muss.

Ausser der Zapfenreibung muss aber auch noch der Seilbiegungswiderstand berücksichtigt werden. Wir haben bisher ein Seil angenommen, dessen Richtung stets mit der Richtung seiner

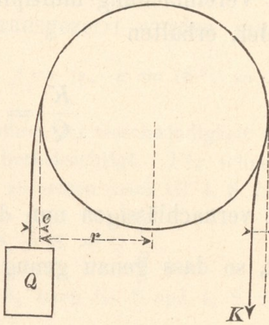
Spannkraft übereinstimmt, welches daher zu beiden Seiten der Rolle sich völlig tangential an diese legt. Wird aber ein wirkliches Seil aus der geraden Form in eine Krümmung übergeführt (Fig. 297), so müssen wegen der Längenverschiedenheit am inneren und äusseren Umfange die einzelnen Fasern, aus denen das Seil besteht, sich gegen einander verschieben, und dieser Verschiebung setzt sich ein Widerstand entgegen. Auch beim Übergange aus dem gekrümmten Zustande in den geraden ergeben sich die gleichen Widerstände.

Fig. 297.



Soll nun an der linken Seite der Rolle die Last Q aufgewunden werden, so geht das Seil nicht plötzlich aus der geraden Tangente in die Krümmung $1 : r$ über, sondern es vertheilt diese Krümmungsänderung auf eine gewisse Länge, und die Folge davon ist, dass die Mittellinie des unteren Theils des Seiles um eine gewisse Grösse e von der Tangente nach aussen abweicht (Fig. 298). Auf der Ablaufseite erfolgt der Übergang aus der Krümmung $1 : r$ in die Krümmung Null ebenfalls allmählich mittels einer Gegenkrümmung, und es folgt daraus eine Abweichung der Kraft K von der Tangente um die Grösse e_1 nach innen. Die Biegungswiderstände haben dann dieselbe Einwirkung auf die Drehung der Rolle, als ob die Last Q an dem grösseren Hebelarm $r + e$, die treibende Kraft K aber an dem kleineren Hebelarm $r - e_1$ angreift, wobei man die Abstände e und e_1 gleich annehmen darf, daher wird

Fig. 298.



$$K(r - e) = Q(r + e) \quad \text{oder}$$

$$\frac{K}{Q} = \frac{r + e}{r - e} = \frac{1 + \frac{e}{r}}{1 - \frac{e}{r}},$$

wofür man, weil $e : r$ wieder ein kleiner Werth ist, schreiben kann (vergl. S. 239)

$$\frac{K}{Q} = 1 + \frac{2e}{r}.$$

Nennt man $Q \cdot 2e : r = B$ den auf den Rollenumfang bezogenen Biegungswiderstand, so kann man den Einfluss dieses Umstandes wieder so auffassen, als ob zu $K_0 = Q$ wegen der unvollkommenen Biegsamkeit noch der Betrag B hinzutreten muss.

Die Grösse e in Metern ist von der Dicke und Beschaffenheit des Seiles abhängig. Nach Versuchen ist für Hanfseile von der Dicke δ (in Metern)

3) $$e = 6{,}5\,\delta^2, \text{ oder } B = Q\frac{13\,\delta^2}{r}.$$

Werden nun durch die Wirkung der Zugkraft K bei gleichförmiger Drehung der Rolle Zapfenreibung und Biegungswiderstand zugleich überwunden, so kann man

4) $$K = Q + Z + B = Q\left(1 + f\frac{d}{r} + \frac{13\,\delta^2}{r}\right) \text{ setzen, oder}$$

5) $$K = Qw,$$

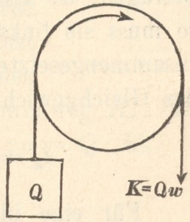
wenn $w = 1 + f\frac{d}{r} + \frac{13\,\delta^2}{r}$ ist; w heisst dann die Widerstandsziffer für Seilrollen.

Ist die Seildicke $\delta = 0{,}02$ m, der Rollenhalbmesser $r = 0{,}09$ m, der Zapfendurchmesser $d = 0{,}03$ m, $f = 0{,}12$, so wird

$$w = 1 + \frac{0{,}12 \cdot 0{,}03}{0{,}09} + \frac{13 \cdot 0{,}0004}{0{,}09} = 1 + 0{,}04 + 0{,}06 = 1{,}10.$$

Die Zapfenreibung vergrössert also die erforderliche Zugkraft um 4 %, der Biegungswiderstand um 6 %; der Abstand der Seilmitte von der Tangente beträgt $e = 6{,}5 \cdot 0{,}0004 = 0{,}0026$ m $= 2{,}6$ mm.

Fig. 299.



Um eine Last von 100 kg mittels einer solchen Rolle und eines solchen Seiles gleichmässig emporzuziehen, ist eine Kraft $K = 110$ kg erforderlich (Fig. 299). Beim Hinablassen der Last vertauschen Q und K ihre Rollen; das Verhältnis beider bleibt aber w, daher wird dann

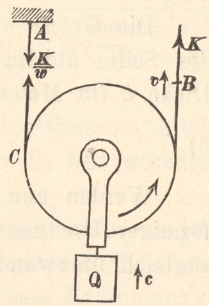
$$K = Q : w = 100 : 1{,}1 = 90{,}9 \text{ kg}.$$

Bei einem über eine Rolle geführten Seil ist die Spannkraft in dem sich abwickelnden Seilstücke die grössere; das Verhältnis beider Spannkräfte beträgt stets w.

Streng genommen muss für jede gegebene Rolle mit Seil der Ausdruck w besonders berechnet werden. Da die Verhältnisse zwischen d, r und δ aber meist nicht sehr schwanken, wollen wir für fernere Beispiele mit Seilrollen $w = 1{,}1$ wählen.

Lose Rolle. Bei der sog. losen Rolle ist die Drehachse nicht fest gelagert; vielmehr ist das eine Ende des Seiles bei A (Fig. 300) befestigt; an dem anderen wird bei B gezogen, und die Last hängt an der Achse der Rolle. Beim gleichmässigen Aufwärtsziehen erfährt die Rolle eine aufwärts gerichtete Verschiebung mit der Geschwindigkeit c, welche sich mit der Umfangsgeschwindigkeit $r\omega$ im Punkte C derartig vereinigt, dass dort die Geschwindigkeit Null entsteht. Denn das Seil AC ruht, und da es auf der Rolle nicht gleitet, so muss auch der Punkt C der Rolle die Geschwindigkeit Null haben. Mithin ist $c = r\omega$. An der rechten Seite der Rolle addiren sich c und $r\omega$ zu der Geschwindigkeit $v = c + r\omega = 2\,c$, mit welcher der Punkt B des Seiles sich aufwärts bewegen muss. Die lose Rolle wälzt sich an dem Seile AC empor; die Bewegung ist eine Rollbewegung, bei der die einzelnen Punkte der Rolle Cykloiden beschreiben.

Fig. 300.



Das Verhältnis der Spannkräfte des Seiles muss wieder w betragen; ist also rechts im ablaufenden Stücke die Spannkraft K, so muss sie links $K : w$ sein. Nach S. 219 müssen auch bei dieser zusammengesetzten Bewegung die Kräfte K und $K : w$ der Last Q das Gleichgewicht halten. Mithin wird

$$Q = K\left(1 + \frac{1}{w}\right) = K(1 + 0{,}91) = 1{,}91\,K.$$

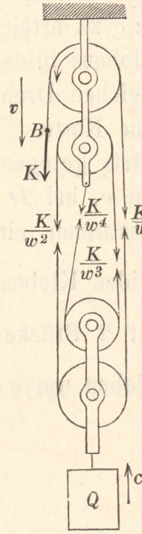
Für eine ideelle Rolle ohne Widerstände ist $w = 1$, mithin $Q = 2\,K_0$. Der Wirkungsgrad ist, weil $v = 2\,c$:

$$\eta = \frac{Qc}{Kv} = \frac{Q}{2\,K} = \frac{2\,K_0}{2\,K} = \frac{K_0}{K} = \frac{1{,}91}{2} = 0{,}955.$$

Flaschenzug. Ein Achsgestell mit einer oder mehreren Rollen heisst Klobenzeug oder kurzweg Kloben — auch eine Flasche (weil früher die Form der Kloben mit einer Flasche einige Ähnlichkeit hatte). Aus einer durch ein umgeschlungenes Seil oder Kette hergestellten Verbindung von festen und losen Kloben besteht der Flaschenzug. Sind mehrere Rollen in einem Kloben angeordnet, so bringt man diese jetzt meistens auf dieselbe Achse. In der Fig. 301 sind aber der Deutlichkeit wegen die Rollen u n t e r einander gezeichnet.

Die in Wirklichkeit gleichen Rollen zeigen hier etwas verschiedene Grösse. Die Zahl der Rollen in jedem Kloben beträgt in der Zeichnung 2, allgemein sei sie n. Der obere Kloben ist in den Deckbalken befestigt, an dem unteren Kloben hängt die Last Q.

Fig. 301.



Beim Aufwinden drehen sich (Fig. 301) sämmtliche Rollen links herum. Die bei B angreifende Kraft sei K, dann ist die Spannkraft in dem rechtsseitigen Seilstücke $K:w$, sie vermindert sich nach dem Übergange über die Rollen schrittweise auf $K:w^2$, $K:w^3$ und $K:w^4$. Das Verhältnis $v:c$ ist offenbar gleich der Zahl der Seilstücke, an denen der untere Kloben hängt, also 4 oder allgemein $2n$. Die Seile werden als sämmtlich lothrecht angenommen, da die geringen Abweichungen keine Bedeutung haben. Rückt die Last um c aufwärts, so verkürzen sich die Seilstücke je um c, zusammen also um $4c$ bezw. $2nc$. Die gleiche Länge $v = 4c$ bezw. $v = 2nc$ muss daher bei B abwärts gezogen sein. Macht man durch einen Schnitt zwischen beiden Kloben den unteren frei, so verlangt dessen Gleichgewicht, dass die Last Q gleich der Summe der Kräfte der durchschnittenen Seile. Ohne Widerstände wären die Seilkräfte durchweg K_0, daher $Q = 4K_0$ bezw. $= 2nK_0$, mithin ist wieder $v:c = Q:K_0$.

In Wirklichkeit ist

$$Q = K\left(\frac{1}{w} + \frac{1}{w^2} + \frac{1}{w^3} + \frac{1}{w^4}\right) = \frac{K}{w^4}(w^3 + w^2 + w + 1)$$

6) $$= \frac{K}{w^4}\,\frac{w^4 - 1}{w - 1} \quad \text{und ebenso allgemein}$$

7) $$Q = \frac{K}{w^{2n}}\,\frac{w^{2n} - 1}{w - 1}; \quad \text{mithin}$$

8) $$\eta = \frac{Qc}{Kv} = \frac{w^{2n} - 1}{2n \cdot w^{2n}(w - 1)}.$$

Beispiel: Es sei wieder $w = 1{,}1$, dann wird

für $n = 2 : Q = 3{,}16\,K$, $\eta = 0{,}79$,

für $n = 4 : Q = 5{,}34\,K$, $\eta = 0{,}67$.

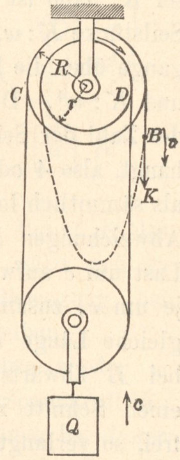
Im ersten Falle werden 79 % der aufgewendeten Arbeit nützlich verwerthet, im zweiten nur 67 %, während 21 bezw. 33 % verloren gehen. Mit wachsender

Rollenzahl nimmt also der Wirkungsgrad ab. Es ist daher besser, eine schwere Last an 2 Flaschenzügen zu je 4 Rollen aufzuwinden, als an 1 Flaschenzuge mit 8 Rollen.

Für das Hinablassen der Last ist durchweg w mit $1 : w$ zu vertauschen.

Differenz-Flaschenzug. Der Differenz-Flaschenzug (Fig. 302) gestattet, mit nur 3 Rollen ein bedeutendes Übersetzungsverhältnis $v : c$ zu erreichen. Die beiden Rollen des oberen Klobens bilden zusammen ein Stück, haben daher gleichen Drehungswinkel. Statt eines Seiles dient eine Kette. Wird bei B eine Kettenlänge v abwärts gezogen, so findet bei C ein Aufwärtswinden um v, bei D ein Abwärtswinden um $vr : R$, also zusammen eine Verkürzung der Kette zwischen beiden Kloben um $v\left(1 - \frac{r}{R}\right)$ statt; da sich diese auf 2 Stücke vertheilt, so hebt sich der untere Kloben um $c = \frac{v}{2}\left(1 - \frac{r}{R}\right)$, mithin ist

Fig. 302.



9) $$v : c = \frac{2}{1 - \frac{r}{R}}.$$

Der Name des Flaschenzuges erklärt sich daraus, dass das Heben in Folge der Differenz zwischen Aufwinden und Abwinden zu Stande kommt.

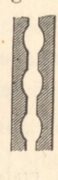
Ohne Widerstände würde in jedem Kettenstücke des unteren Klobens eine Kraft $\frac{1}{2} Q$ herrschen; dann ergiebt (wenn K_0 die ideelle Triebkraft) die Momentengleichung des oberen Klobens $0 = K_0 R + \frac{1}{2} Q r - \frac{1}{2} Q R$ oder $K_0 R = \frac{1}{2} Q (R - r)$, d. h.

10) $$Q : K_0 = 2 : (1 - r : R) = v : c.$$

Macht man z. B. $r : R = 14 : 15$, so wird $Q : K_0 = v : c = 30$.

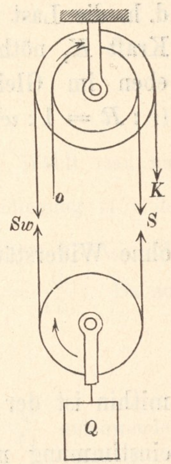
An der linken Seite der kleineren Rolle des oberen Klobens ist die Kette ohne Spannkraft, während auf der rechten Seite eine Spannkraft $= \frac{1}{2} Q$ herrscht; ebenso ist der Unterschied der Spannkräfte der grossen Rolle ein so erheblicher, dass die Seilreibung nicht genügen würde, um ein Gleiten zu verhindern. Aus diesem Grunde hat man statt des Seiles eine Kette gewählt, die zwischen zahnartige seitliche Vorsprünge der oberen Rollenkörper (Fig. 303) eingreift und

Fig. 303.



dadurch ein Gleiten unmöglich macht. Eine solche Kette hat nur geringe Steifigkeit, weshalb man die Widerstandsziffer der Kettenrolle zu $w = 1{,}05$ annehmen kann.

Fig. 304.



Betrachtet man die Verhältnisse annäherungsweise so, als ob der Widerstand ganz allein von der Zapfenreibung gebildet würde, so wäre nach Gleichung 4, S. 241

11) $$w = 1 + f\frac{d}{R},$$

An der unteren Rolle wirken Kettenkräfte S und Sw (Fig. 304), und es ist

$$Q = S(1 + w).$$

An der oberen Rolle tritt ein Zapfendruck auf, der annähernd gleich Q, da K nur ziemlich klein ist. Dadurch entsteht ein Zapfenreibungsmoment $\frac{1}{2}Qfd$. Die Momentengleichung für den oberen Rollenkörper lautet:

$$0 = KR + Sr - SwR - \tfrac{1}{2}Qfd.$$

Daraus wird $$K = S\left(w - \frac{r}{R}\right) + Qf\frac{d}{2R}$$

$$= \frac{Q}{1+w}\left(w - \frac{r}{R}\right) + Qf\frac{d}{2R} \text{ oder,}$$

12) weil $f\dfrac{d}{R} = w - 1$ (Gl. 11),

$$K = \frac{Q}{1+w}\left(w - \frac{r}{R} + \frac{w^2-1}{2}\right).$$

Es ist aber $w + \dfrac{w^2-1}{2} = w^2 - \dfrac{w^2 - 2w + 1}{2} = w^2 - \dfrac{(w-1)^2}{2}$.

Da nun $w^2 = 1{,}05^2 = 1{,}1$, $(w-1)^2$ aber nur $= 0{,}0025$, so ist $\dfrac{(w-1)^2}{2}$ gegen w^2 zu vernachlässigen, daher annähernd

13) $$K = \frac{Q}{1+w}\left(w^2 - \frac{r}{R}\right)$$ zu schreiben.

Für gleichmässiges Hinablassen ist w durch $1 : w$ zu ersetzen; es wird dann an Stelle von K die Kraft K_1 nöthig mit

14) $$K_1 = \frac{Q}{1 + \dfrac{1}{w}}\left(\frac{1}{w^2} - \frac{r}{R}\right).$$

Da nun $1 : w^2$ ein echter Bruch und $r : R$ ebenfalls, so könnte man $r : R$ beispielsweise $= 1 : w^2$ wählen. Dann wird $K_1 = 0$, d. h. die Last geht gleichmässig abwärts, ohne dass eine hemmende Kraft K_1 nöthig ist, oder die Last Q wird durch die Widerstände eben im Gleichgewichte gehalten. Unter diesen Verhältnissen ($r : R = 1 : w^2$) wird für Aufwinden

$$K = Q \frac{\left(w^2 - \frac{1}{w^2}\right)}{1 + w} = \frac{0{,}2}{2{,}05} Q,$$

ohne Widerstände aber

$$K_0 = Q \frac{\left(1 - \frac{1}{w^2}\right)}{2} = \frac{0{,}1}{2} Q,$$

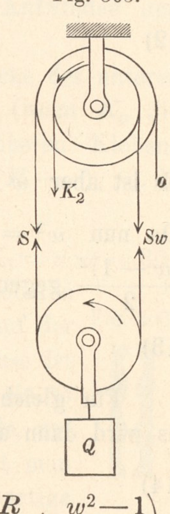
mithin ist der Wirkungsgrad $\eta = \frac{0{,}1 \cdot 2{,}05}{2 \quad 0{,}2} = 0{,}51$, also (in Übereinstimmung mit S. 216) nahezu gleich $^1/_2$.

Soll der Flaschenzug sich aber mit Sicherheit bremsen, so muss rechnungsmässig $K_1 < 0$, d. h. $1 : w^2 < r : R$, oder

15) $$r : R > 1 : w^2 \text{ sein.}$$

Diese Eigenschaft der Selbstsperrung wird bei dem Differenz-Flaschenzuge gewünscht. Weil nun ein negativer Zug K_1 an der Kette nicht ausgeübt werden kann, so muss die Drehung linksherum durch einen Zug K_2 an dem bisher nicht benutzten Kettenstücke bewirkt werden (Fig. 305). Da der Zapfendruck am oberen Zapfen wieder annähernd Q beträgt, das Reibungsmoment daher $Qf\,^1/_2\,d$, so lautet die Momentengleichung der oberen Rolle

Fig. 305.



$$K_2 r + SR = Sw\,r + Qf\,^1/_2\,d.$$

Wegen des geringen Unterschiedes zwischen r und R kann aber $fd = (w - 1)R$ (Gl. 12) annähernd auch $= (w - 1)r$ gesetzt werden, so dass

$$K_2 = S\left(w - \frac{R}{r}\right) + Q\frac{(w-1)}{2} \text{ wird,}$$

oder, weil wieder $Q = S(1 + w)$

$$K_2 = \frac{Q}{1+w}\left(w - \frac{R}{r}\right) + \frac{Q}{2}(w-1) = \frac{Q}{1+w}\left(w - \frac{R}{r} + \frac{w^2-1}{2}\right).$$

Es ist aber wieder $w + \frac{w^2 - 1}{2} = w^2 - \frac{(w-1)^2}{2}$ oder annähernd $= w^2$, mithin

$$16)\qquad K_2 = \frac{Q}{1+w}\left(w^2 - \frac{R}{r}\right),$$

was für $w^2 > R : r$ (Gl. 15) positiv wird.

Beispiel: Für $w = 1{,}05$ ist $w^2 = 1{,}1$, $1 : w^2 = 0{,}909$. Wählt man nun $r : R = 14 : 15$, so ist $\frac{14}{15} = 0{,}93 > 0{,}909$, d. h. die Bedingung (15) der Selbstsperrung erfüllt. Es ist ferner (nach Gl. 10) $v : c = 30 = Q : K_0$. Für das Aufwinden wird (nach Gl. 13) $K = \frac{Q}{2{,}05}\left(1{,}1 - \frac{14}{15}\right) = \frac{Q}{12{,}1}$. Da nun $K_0 = \frac{Q}{30}$, so ist

$$\eta = \frac{12{,}1}{30} = 0{,}40.$$

Zum Hinabwinden ist die Kraft $K_2 = \frac{Q}{2{,}05}\left(1{,}1 - \frac{15}{14}\right) = \frac{Q}{71}$ aufzuwenden. Also mit Aufwand von $K = 10$ kg kann man $Q = 121$ kg heben, während zum Hinabwinden $K_2 = 1{,}7$ kg hinreicht.

Der Differenz-Flaschenzug ist offenbar keine vortheilhafte Aufzugsmaschine, da sein Wirkungsgrad nur 0,4 beträgt. Angenehm sind aber seine Einfachheit und die Bequemlichkeit der Handhabung. Beim Einspannen einer schweren Achse in eine Drehbank oder beim Versetzen eines schweren Steines ist die Selbstsperrung sehr werthvoll. Der ihn handhabende Arbeiter braucht ihn nicht vorsichtig festzuhalten, sondern kann seine volle Aufmerksamkeit auf die genaue Einstellung der Last richten, indem er durch Ziehen an der einen oder anderen Kette die Last bald hebt, bald senkt, wie es erwünscht ist.

12. Rollwiderstand der Walzen und Räder. Gleichmässige Bewegung der Fuhrwerke.

Wird eine starre cylindrische Walze auf eine starre wagerechte Ebene gelegt, so findet die Berührung längs einer Cylinderseite statt (Fig. 306). Das Gewicht Q der Walze wird von dem Widerstande N der Ebene aufgehoben, und versetzt man die Walze in eine Rollbewegung, wobei die Geschwindigkeit c des Mittelpunktes O gleich der Umfangsgeschwindigkeit $r\omega$ der Drehbewegung ist, so ist an der Berührungsstelle A die Gesammtgeschwindigkeit $v = c - r\omega =$ Null, d. h. es findet kein Gleiten statt, und da die sonstigen Kräfte Q und N sich aufheben, so kommt keine Reibung

Fig. 306.