d. h. die Steifigkeit des Riemens veranlaßt wegen dessen Biegung einen Arbeitsverlust gleich 0,45 Proc. der Nutzwirkung $Kl$, wenn man voraussetzt, daß das Wiedergeradeziehen des Riemens Arbeit nicht weiter erfordert. Nimmt man den Durchmesser der zweiten Scheibe von gleicher Größe an, so erhält man für sie denselben Betrag, daher im Ganzen einen Arbeitsverlust durch Steifigkeit des Riemens von 0,9 oder rund 1 Proc. der übertragenen Nutzarbeit.

§. 61. **Gleitungsverlust.** In Folge der verschiedenen Anspannungen $S_1$ und $S_2$ des führenden und des geführten Riemenendes tritt noch ein sogenannter Gleitungsverlust des Riemens auf den Scheiben ein, der zur Folge hat, daß der Umfang der getriebenen Scheibe (immer bis zur Mitte des Riemens gemessen, also $R + \frac{\delta}{2}$ als Halbmesser in Rechnung gesetzt) etwas langsamer sich bewegt als der Umfang der treibenden Scheibe. Diese Wirkung zu ermitteln denke man sich ein beliebiges Stück Riemen, welches im nicht ausgedehnten Zustande die Länge $l$ habe, so wird dasselbe, wenn es als Theil des führenden Riemens auftritt, welcher mit der Kraft $S_1$ angespannt wird, einer specifischen Spannung $k_1 = \frac{S_1}{b\,\delta}$ ausgesetzt sein, während die Spannung pro Querschnittseinheit nur $k_2 = \frac{S_2}{b\,\delta}$ beträgt, sobald dieses Riemenstück einen Theil des geführten Riemens ausmacht. Durch diese Spannungen $k_1$ und $k_2$ wird nun aber das betrachtete Stück bekanntlich (Thl. I, §. 210) um

$$l\,\frac{k_1}{E} \quad \text{und bezw.} \quad l\,\frac{k_2}{E}$$

ausgedehnt, so daß die Längen, welche es während seines Aufenthalts im führenden und im geführten Riemenzweig hat, resp. durch

$$l\left(1 + \frac{k_1}{E}\right) \quad \text{und} \quad l\left(1 + \frac{k_2}{E}\right)$$

dargestellt sind. Diese Längen geben nun aber auch die Geschwindigkeiten in den Umfängen der treibenden und der getriebenen Scheibe an, denn es ist klar, daß jedes Riemenstück von der Länge $l\left(1 + \frac{k_1}{E}\right)$, wo $l$ eine beliebige Größe ist, welches die treibende Scheibe an sich heranzieht, nachher, wenn es von dieser wieder abgegeben wird, wegen der geringeren Spannung $k_2$ sich auf die geringere Länge $l\left(1 + \frac{k_2}{E}\right)$ zusammenzieht, daher der getriebenen Scheibe auch nur eine Umfangsbewegung in diesem Betrage gestattet. Der Verlust an Bewegung, welcher hierdurch herbeigeführt wird, drückt sich im Verhältniß zur Bewegung der treibenden Scheibe offenbar aus durch:

$$\frac{l\left(1+\frac{k_1}{E}\right)-l\left(1+\frac{k_2}{E}\right)}{l\left(1+\frac{k_1}{E}\right)}=\frac{1-\frac{k_2}{k_1}}{1+\frac{E}{k_1}}.$$

Nun ist aber offenbar

$$\frac{k_2}{k_1}=\frac{S_2}{S_1}=\frac{1}{e^{\varphi\gamma}},$$

im Mittel

$$=\frac{1}{e^{0,28\,\pi}}=\frac{1}{2,41}=0,415,$$

und man erhält daher mit diesem Werthe und wenn $E=20$, $k_1=0,2$ gesetzt wird:

$$\frac{1-\frac{k_2}{k_1}}{1+\frac{E}{k_1}}=\frac{1-0,415}{1+100}=0,0058.$$

Der Gleitungsverlust beträgt daher im Durchschnitt etwa $\frac{1}{2}$ Proc.

Bei Drahtseilen ist der Gleitungsverlust wegen der geringeren Dehnung des Materials ganz unbedeutend, denn man erhält für dieselben aus

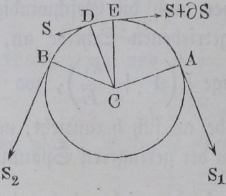
$$E=20\,000,\ k_1=6 \quad \text{und} \quad k_2=\frac{1}{2}k_1$$

den Gleitungsverlust zu

$$\frac{1-\frac{1}{2}}{1+\frac{20\,000}{6}}=0,00016.$$

Bei schnell laufenden Riemen und Seilen übt auch noch die Centrifugalkraft derselben einen bemerkbaren Einfluß aus, indem durch diese Centrifugalkraft der Druck, mit welchem der Riemen auf den Scheibenumfang gepreßt wird, zum Theil aufgehoben und daher die Reibung zwischen Riemen und Scheibe vermindert wird. Aus diesem Grunde wird ein Riemen, welcher eine bestimmte Umfangskraft $K$ übertragen soll, um so stärker gespannt werden müssen, je größer die mit der Geschwindigkeit wachsende Centrifugalkraft ist. Um diesen Einfluß kennen zu lernen, sei $ACB$, Fig. 207, der vom Riemen umspannte Bogen einer Riemenscheibe. Ist $S$ die Riemen=

Fig. 207.



spannung in einem beliebigen Punkte $D$ und ist die Spannung in dem um das Winkelelement $\partial\gamma$ entfernten Punkte $E$ durch $S + \partial S$ ausgedrückt, so ist, unter $F$ die Friction auf dem Bogenelemente $DE$ verstanden, für den Grenzfall des Rutschens: $\partial S = F$. Die Friction, bestimmt sich aber aus dem Normaldrucke $N$ des Riemens, welcher als Resultirende aus den drei auf das Riemenstück $DE$ wirkenden Kräften $S$, $S + \partial S$ und der Centrifugalkraft zu bestimmen ist. Die beiden Spannungen $S$ und $S + \partial S$ haben eine Mittelkraft gleich

$$S \sin \frac{\partial\gamma}{2} + (S + \partial S) \sin \frac{\partial\gamma}{2},$$

oder wegen der Kleinheit von $\partial\gamma$ und $\partial S$ von $S\partial\gamma$. Hierzu kommt die entgegengesetzt gerichtete Centrifugalkraft des Riemenstückes, welche durch

$$q R \partial\gamma \frac{v^2}{Rg} = q \partial\gamma \frac{v^2}{g}$$

ausgedrückt ist, wenn $q$ das Gewicht der Längeneinheit des Riemens, $v$ dessen Geschwindigkeit und $R$ den Halbmesser der Scheibe bis Mitte Riemen bedeutet. Die Reibung zwischen Riemen und Scheibe beträgt daher für das Bogenelement

$$\partial S = F = \varphi \left(S \partial\gamma - q \partial\gamma \frac{v^2}{g}\right),$$

und man erhält daher:

$$\varphi \partial\gamma = \frac{\partial S}{S - q \frac{v^2}{g}}.$$

Dies giebt zwischen den Grenzen $\gamma$ und $0$, resp. $S_1$ und $S_2$ den Ausdruck:

$$\varphi \int_0^\gamma \partial\gamma = \int_{S_2}^{S_1} \frac{\partial S}{S - q \frac{v^2}{g}},$$

d. i.

$$\varphi\gamma = log.\ nat.\ \frac{S_1 - q \frac{v^2}{g}}{S_2 - q \frac{v^2}{g}},$$

oder:

$$S_1 = S_2\, e^{\varphi\gamma} - q \frac{v^2}{g} (e^{\varphi\gamma} - 1),$$

somit:

$$K = S_1 - S_2 = \left(S_2 - q \frac{v^2}{g}\right) (e^{\varphi\gamma} - 1),$$

sowie:

$$S_2 = \frac{K}{e^{\varphi\gamma} - 1} + q\,\frac{v^2}{g}$$

und

$$S_1 = \frac{e^{\varphi\gamma}\,K}{e^{\varphi\gamma} - 1} + q\,\frac{v^2}{g}.$$

Die zu übertragende Kraft $K$ vermindert sich also wegen der Centrifugalkraft in dem Verhältnisse von $q\,\frac{v^2}{g}$ zu $S_2$. Setzt man in der gefundenen Formel

$$S_2 = q\,\frac{v^2}{g}, \text{ so wird } K = 0 \text{ und } S_1 = S_2.$$

Man erhält hierdurch diejenige Grenze der Riemengeschwindigkeit, bei welcher unter Zugrundelegung eines zulässigen Werthes von $S_2$ oder $S_1$ eine Uebertragung von Kraft überhaupt nicht mehr möglich ist. Nennt man $f$ den Querschnitt eines Riemens resp. Seils, $k$ die höchstens zulässige Spannung und $\varepsilon$ die Dichte des Materials, so hat man für obige Voraussetzung $S_2 = S_1 = fk$ Kilogramm, und $q = f\varepsilon$ Milligramm, und es folgt daher die gedachte höchstens mögliche Geschwindigkeit $v$ aus

$$fk = \frac{f\varepsilon}{1\,000\,000}\,\frac{v^2}{g}$$

zu

$$v = \sqrt{\frac{kg}{\varepsilon}\,1\,000\,000} = 1000\sqrt{\frac{kg}{\varepsilon}}\text{ Millimeter} = \sqrt{\frac{kg}{\varepsilon}}\text{ Meter.}$$

Für Lederriemen war $k = 0{,}2$ angenommen, man erhält daher, wenn die Dichte 0,9 beträgt:

$$v = \sqrt{\frac{0{,}2\,.\,9810}{0{,}9}} = 46{,}8\text{ Meter,}$$

während für Drahtseile bei $k = 6$ Kilogramm und $\varepsilon = 7{,}7$ die höchste Geschwindigkeit, bei welcher noch Uebertragung möglich ist, zu:

$$v = \sqrt{\frac{6\,.\,9810}{7{,}7}} = 87{,}5\text{ Meter}$$

folgt.

**Beispiel.** Wenn eine Kreissäge zu ihrem Betriebe bei 1200 Umdrehungen pro Minute 6 Pferdekraft gebraucht, wie stark muß der Riemen gespannt werden, wenn die Betriebsscheibe einen Durchmesser von 0,24 Meter hat?

Es ist hier

$$v = \frac{1200}{60}\,.\,0{,}24\,.\,3{,}14 = 15{,}08\text{ Meter,}$$

daher die Umfangskraft

$$K = \frac{6\,.\,75}{15{,}08} = 29{,}8\text{ Kilogramm;}$$

folglich ist, wenn der umspannte Bogen 0,45 des ganzen Kreises und daher

$$e^{\varphi}\gamma = e^{0,28\,.\,0,45\,.\,2\pi} = 2,2$$

beträgt,

$$S_1 = \frac{e^{\varphi}\gamma K}{e^{\varphi}\gamma - 1} + q\,\frac{v^2}{g} = \frac{2,2\,.\,29,8}{1,2} + \frac{f\,.\,0,9}{1000\,.\,1000}\,\frac{15,08^2}{9810}$$
$$= 54,6 + 0,021\,f.$$

Hat nun der Riemen eine Breite von $b$ und eine Dicke von 5 Millimeter, so folgt $b$ aus

$$54,6 + 0,021\,.\,5\,b = 5\,b\,.\,0,2$$

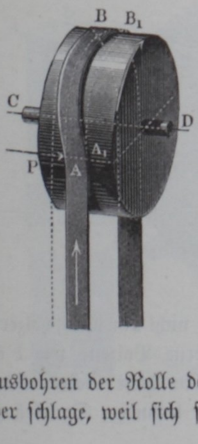
zu

$$b = \frac{54,6}{0,895} = 61 \text{ Millimeter.}$$

Die Centrifugalkraft erfordert also in diesem Falle eine Vergrößerung der Spannung resp. der Riemenbreite von 100 — 89,5 = 10,5 Proc. Der Einfluß der Centrifugalkraft ist natürlich nur bei ausnahmsweise großen Geschwindigkeiten erheblich.

**Construction der Riemenräder.** Die Räder, Rollen, Scheiben und Trommeln für den Riemenbetrieb werden meistens von Eisen und nur in einzelnen Fällen von Holz ausgeführt. Die Spur- oder Bahnbreite macht man gewöhnlich um ein Fünftel bis ein Viertel größer als die Riemenbreite, auch giebt man dem Kranze eine kleine Wölbung, durch welche nicht nur das Auflegen des Riemens erleichtert, sondern auch eine sichere Lage desselben auf der Scheibe erlangt wird. Nur bei Riemscheiben, auf denen der Riemen behufs Ein- und Ausrückung der Bewegung öfter verschoben werden muß, läßt man die Wölbung weg, weil sie die Verschiebung nur erschweren würde. Zum Verschieben selbst bedarf es nach dem Früheren nur eines geringen Seitendruckes an der Auflaufstelle $A$, Fig. 208, in Folge §. 62.

Fig. 208.




dessen der in schräger Richtung auflaufende Riemen sich so lange in der Richtung des Pfeils auf der Scheibe verschiebt, als der Druck andauert. Man bedient sich dieses Mittels häufig, um die Axe einer Arbeitsmaschine je nach Bedürfniß bald in Betrieb zu setzen, bald wieder still zu stellen, indem man auf ihr zwei genau gleich große Riemscheiben dicht neben einander anbringt, von denen die eine fest mit der Welle verkeilt, die andere lose auf ihr drehbar angebracht ist. Je nachdem der Riemen, welcher von einer stetig umlaufenden Betriebsscheibe von doppelter Breite kommt, über die feste oder lose Scheibe läuft, wird die Arbeitsmaschine in Bewegung gesetzt oder nicht. Uebrigens ist beim Ausbohren der Rolle darauf zu sehen, daß sie nicht unrund gehe, d. h. weife oder schlage, weil sich sonst der Riemen leicht abschlägt, und bei der Auf-