

## Die Seilreibung.

Wenn ein an beiden Enden belastetes Zugorgan über eine gekrümmte Leitfläche hinbewegt wird, so entsteht zwischen Zugorgan und Leitfläche eine unter Umständen sehr beträchtliche gleitende Reibung. Sie wird, weil zuerst bei Seilen mathematisch untersucht, Seilreibung genannt. Die Leitfläche gehöre einem Drehkörper an und die Bewegung finde in Parallelebenen desselben statt. Ueberwindet dann die Belastung  $T$  am führenden Trum sowohl die Seilreibung  $F$ , als die Belastung  $t$  am geführten Trum, Fig. 816, so ist zunächst der Betrag der Reibung:  $F = T - t$ . Sie hängt ab von der Grösse  $\alpha$  des Umschlagswinkels und dem Reibungskoeffizienten  $f$ , ist aber unabhängig vom Halbmesser  $R$  der Leitfläche; sodann hängt sie noch ab von der Wirkung der Zentrifugalkraft auf das Zugorgan. Für die genannten Einflüsse gelten folgende Beziehungen:

$$T = t e^{f \alpha (1-z)} \dots \dots \dots (237)$$

$$F = t (e^{f \alpha (1-z)} - 1) \dots \dots \dots (238)$$

Hierin ist  $e$  die Grundzahl der natürlichen Logarithmen, 2,71828 . . ., und  $z = 1000 \gamma v^2 : g \mathfrak{S}$ , wobei  $v$  die Geschwindigkeit des Zugorganes,  $\mathfrak{S}$  die Spannung im Querschnitt desselben,  $\gamma$  das Gewicht des Kubikmillimeters seines Materials und  $g$  die Beschleunigung der Schwere = 9,81 ist\*).

*Beispiel.* Bei einem Gangspill für Seil nach Fig. 794a sei  $f = 0,21$ ,  $\alpha = 6\pi$  (3 Umschläge),  $z = 0$ . Dann ergibt sich  $f \alpha = 0,21 \cdot 6 \cdot 3,14 = 3,958 \sim 4$  und daraus  $F = t (2,7184 - 1) = t (54,6 - 1) = 53,6 t$ , die Reibung des Seiles auf der Trommel also gegen 54mal so gross, als der am geführten (leeren) Trum ausgeübte Zug.

Die Zentrifugalkraft wird bei grösseren Geschwindigkeiten und wenn im Zugorgan kleine Spannungen herrschen, merkbar. Für Hanf- und Baumwollseile etc. ist, wie für Lederriemen  $\gamma$  rund = 0,000001, für Drahtseile rund 9mal so viel. Der Werth von  $\mathfrak{S}$  in dem Ausdruck  $z = 1000 \gamma v^2 : g \mathfrak{S}$  ist eigentlich wieder eine

\*) Dem radialen Umfangedruck  $U$  setzt sich die Zentrifugalkraft  $Z$  entgegen oder zu (bei gewissen Hohlraddkupplungen) mit dem Betrage:  $Z = (G : g) \omega^2 (R : 1000) = (\gamma q R d \alpha : g) \omega^2 (R : 1000) = (1000 \gamma q : g) v^2 d \alpha$ , wenn  $q$  der Querschnitt des Zugorganes ist. Nun ist aber  $\mathfrak{S} q$  gleich der Anspannung  $Q$  des Zugorganes, somit  $Z = (Q 1000 \gamma : g \mathfrak{S}) v^2 d \alpha$  und daher die bei dem Gleiten entstehende Reibung  $dQ$  auf dem Bogen  $R d \alpha$  bei äusserer Berührung:  $(U - Z) f = f d \alpha Q (1 - z)$  u. s. w.

Funktion von  $\alpha$ . Wir dürfen ihn indessen hier mit einem konstanten Durchschnittswerth für den Verlauf von  $\alpha$  in Rechnung setzen und erhalten dann folgende Zahlenreihe für die Werthe  $1-z$ , welche für Faserseile wie für Drahtseile gilt, wofür für letztere die 9fache Höhe der Spannung  $\mathfrak{S}$  in Ansatz gebracht wird, welche für erstere eingesetzt wird.

Werthe der Koeffizienten  $1-z$  für die Zentrifugalkraft.

Faserseile und Riemen $\mathfrak{S}$	Umfangsgeschwindigkeiten $v$						Drahtseile $\mathfrak{S}$
	5	10	15	20	25	30	
0,2	0,988	0,950	0,868	0,800	0,688	0,550	1,8
0,3	0,991	0,967	0,925	0,867	0,792	0,700	2,7
0,4	0,994	0,975	0,944	0,900	0,844	0,775	3,6
0,5	0,995	0,980	0,955	0,920	0,875	0,820	4,5
0,6	0,997	0,983	0,963	0,933	0,896	0,850	5,4
0,8	0,997	0,987	0,972	0,950	0,922	0,888	7,2
1,0	0,998	0,990	0,978	0,960	0,938	0,910	9,0

Es zeigt sich hier, dass es bei hoher Geschwindigkeit erforderlich ist, die Materialspannung im Zugorgane hoch zu wählen, um störender Einwirkung der Fliehkraft zu begegnen. Um letztere praktisch rechnerisch zu berücksichtigen, kann man in jedem einzelnen Falle den Exponenten  $f\alpha (1-z) = f'\alpha$  setzen, d. h. statt des wirklichen Reibungskoeffizienten  $f$  einen anderen  $f'$  einführen, welcher  $= (1-z)f$  ist. Wird das Zugorgan zum Treiben benutzt (Fig. 810), so dass entweder von der Rolle auf das Seil, die Kette, den Riemen u. s. w. die Umfangskraft  $P$  übertragen werden soll oder umgekehrt, so müssen die Anspannungen eine Seilreibung  $\geq P$  erzeugen, woraus als Minimalwerth von  $T$  folgt:

$$\frac{T}{P} = \tau = \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} = \frac{\varrho}{\varrho - 1} \dots \dots \dots (239)$$

wobei ist:

$$\frac{T}{t} = \varrho = e^{f'\alpha} \dots \dots \dots (240)$$

Beide Werthe sind absolute Zahlen. Das Verhältniss  $T:P$  gibt an, wie stark das Zugorgan angespannt werden muss und möge daher der Anspannungsmodul genannt und mit  $\tau$  bezeichnet werden. Den Werth  $T:t$  wollen wir den Seilreibungsmodul nennen und mit  $\varrho$  bezeichnen. Folgende Tabelle gibt eine Reihe von Werthen für beide.

Tabelle der Seilreibungs- und Anspannungsmodel.

$f' \alpha$	$\varrho = \frac{T}{t}$	$\tau = \frac{T}{P}$	$f' \alpha$	$\varrho = \frac{T}{t}$	$\tau = \frac{T}{P}$	$f' \alpha$	$\varrho = \frac{T}{t}$	$\tau = \frac{T}{P}$
0,1	1,11	10,41	1,1	3,00	1,50	2,2	9,03	1,13
0,2	1,22	5,52	1,2	3,32	1,43	2,4	11,02	1,10
0,3	1,35	3,86	1,3	3,67	1,37	2,6	13,46	1,08
0,4	1,49	3,03	1,4	4,06	1,33	2,8	16,44	1,07
0,5	1,65	2,54	1,5	4,48	1,29	3,0	20,09	1,05
0,6	1,82	2,22	1,6	4,95	1,25	3,2	24,53	1,04
0,7	2,01	1,99	1,7	5,47	1,22	3,4	29,96	1,03
0,8	2,23	1,86	1,8	6,05	1,20	3,6	36,60	1,03
0,9	2,46	1,69	1,9	6,69	1,18	3,8	44,70	1,02
1,0	2,72	1,58	2,0	7,39	1,16	4,0	54,60	1,02

*Beispiel.* Umschlags- oder Umfassungswinkel  $= \pi$ , Reibungskoeffizient  $f = 0,16$ , Geschwindigkeit  $v = 25$  m; das Zugorgan sei ein Riemen, der mit durchschnittlich 0,2 kg auf den qmm gespannt werde, so ist nach der Tabelle a. v. S. 1  $1 - z = 0,792$ , also  $f' \alpha = 0,792 \cdot 0,16 \pi = 0,398 \sim 0,4$ . Hierfür gibt die Tabelle einen Seilreibungsmodul  $\varrho = 1,49$  und einen Anspannungsmodul  $\tau = 3,03$ , d. h. der Riemen wird über 3mal so stark angepannt, als die zu übertragende Umfangskraft beträgt. Bei  $v = 5$  käme der Werth  $1 - z = 0,988$  und  $f' \alpha = 0,490 \sim 0,5$ , der Anspannungsmodul  $\tau$  also nur 2,59.

Um die hier betrachteten Verhältnisse recht übersichtlich zu machen, sind die meist gebrauchten derselben in folgendem Proportionsriss (Fig. 816) zeichnerisch zusammengestellt, wobei oben quer ein Maassstab für die beiden Model, links senkrecht ein solcher für die Produkte  $f' \alpha$  angebracht ist.

Der Flächendruck  $p$  des Zugorganes auf den Radumfang nimmt vom geführten nach dem führenden Trum hin zu. Er ist gleich  $Q d\alpha : b' R d\alpha$ , wenn  $b'$  die Breite des berührenden Streifens bezeichnet. Nun ist beim Querschnitt  $q$  die Kraft  $Q = q \mathcal{E}$ . Hieraus folgt aber :

$$\frac{p}{\mathcal{E}} = \frac{q}{b' R} \dots \dots \dots (241)$$

woraus zu ersehen ist, dass der Flächendruck  $p$  leicht klein gehalten werden kann.

Auf besondere Anwendungen dieser Formel, sowie auch des Proportionsrisses Fig. 816 wird weiter unten zurückgekommen werden.

Fig. 816.

