Die Mechanik fester Körper

Blau, Ernst

Hannover, 1905

§ 31. Die gleitende Reibung. Beispiele 130-131

Daher ergibt sich $N = \frac{P \cdot 2 R \pi n}{60 \cdot 75}$ und daraus

$$M = P \cdot R = \frac{60 \cdot 75}{2 \pi} \cdot \frac{N}{n} \text{ oder}$$

$$\boldsymbol{M = 716{,}2 \frac{N}{n} \text{ mkg} = 716\,200 \frac{N}{n} \text{ mmkg}} \quad . \; . \; . \; . \quad (81)$$

128. Das Schwungrad der in Beispiel 124 dimensionierten Dampfmaschine hat einen Durchmesser $D = 2{,}8$ m. — Wie groß ist die Umfangskraft an demselben?

Auflösung:

$$N = \frac{P \cdot v}{75}$$

$$P = \frac{75 N}{\frac{D \pi n}{60}} = \frac{60 \cdot 75 \cdot 40}{2{,}8 \pi \cdot 100}$$

$$\boldsymbol{P = 205 \text{ kg}}$$

129. Das treibende Kegelrad einer vertikal geachsten Turbine hat einen Durchmesser $D = 3440$ mm und muß eine Leistung von $N = 246$ PS bei $n = 46$ Touren übertragen. Wie groß ist der Zahndruck in diesem Kegelrade?

$$v = \frac{D \pi n}{60} = \frac{3{,}44 \cdot \pi \cdot 46}{60}$$

$$v = 8{,}25 \text{ m}$$

$$\frac{Z \cdot v}{75} = N$$

$$Z = \frac{75 \cdot 246}{8{,}25}$$

$$\boldsymbol{Z = 2225 \text{ kg}}$$

---

§ 31. Die gleitende Reibung.

Der fortschreitenden Bewegung eines Körpers von bestimmtem Materiale auf irgend einer Unterlage wirkt immer eine dieselbe verzögernde Ursache entgegen. — Man nennt letztere die **gleitende Reibung.** — Sie wird bedingt durch das Gewicht des Körpers, durch die Unebenheiten der Auflagefläche des Körpers und durch die seiner Unterlage, sowie durch die Art des Materiales beider, endlich zum Teil durch die Adhäsion.

Je nachdem Körper und Unterlage in direkter oder indirekter Berührung sind — letzteres ist der Fall bei Anwendung von Schmiermitteln —, unterscheidet man direkte (unmittelbare) und indirekte (mittelbare) Reibung.

Ein Schlitten sei durch ein Gewicht belastet und mit demselben Q kg schwer. — Am Ende des Schlittens, Fig. 103, ist eine Schnur befestigt, welche über eine Rolle geführt wird und an deren Ende sich ein Gewicht befindet. Dasselbe wird nun so groß genommen, daß ein Anstoß an den Schlitten genügt, um ihn in gleichförmige Bewegung zu setzen. Dann stellt P jene Kraft vor, welche die Reibung überwindet und zwar deshalb, weil die Bewegung des Schlittens eine gleichförmige geworden ist. Indem man den Schlitten nun mehr oder weniger belastet, hat man es in der Hand, den Reibungswiderstand abhängig von allen möglichen Umständen zu messen.

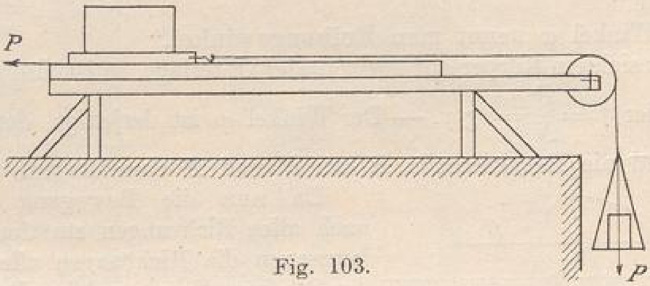

Fig. 103.

Gesetze über die gleitende Reibung:

1. Der Reibungswiderstand ist abhängig vom Stoffe der sich berührenden Körper. Er wird um so kleiner, je glatter und härter die Körper sind. Bei Holz ist die Reibung geringer, wenn die Berührung von Holz und Holz parallel zur Faserrichtung erfolgt. Öle und Fette verringern die Reibung; Wasser zwischen Hölzern vergrößert die Reibung.
2. Die Reibung ist abhängig vom Normaldruck des Körpers auf die Unterlage und zwar demselben proportional (die Adhäsion zwischen Körper und Unterlage ist vom Normaldruck aber unabhängig).
3. Der Reibungswiderstand ist unabhängig von der Größe der Berührungsflächen der Körper (Adhäsion ist dagegen von ihr abhängig). Wenn bei demselben Normaldruck die Berührungsflächen größer werden, so wird der spezifische Normaldruck kleiner, die spezifische Reibung wird kleiner, die totale bleibt gleich.
4. Der Reibungswiderstand während der Bewegung ist nahezu unabhängig von der Geschwindigkeit derselben.
5. Die Reibung der Ruhe ist größer als diejenige der Bewegung.

Ist für 1 kg Normaldruck der Reibungswiderstand f, so ist derselbe bei N kg Normaldruck

$$W = f \cdot N \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (82)$$

„Der Reibungswiderstand pro 1 kg Normaldruck heißt **Reibungskoeffizient.** Der totale Reibungswiderstand ist also gleich dem Produkte aus Reibungskoeffizient mal Normaldruck des Körpers."

Zur Messung von f dient folgende Erwägung: Wird eine schiefe Ebene, Fig. 104, auf welcher sich ein Körper, dessen Reibungskoeffizient bestimmt werden soll, so lange gegen die Horizontale geneigt, bis der Körper nicht mehr von ihr heruntergleitet, so gilt die Beziehung

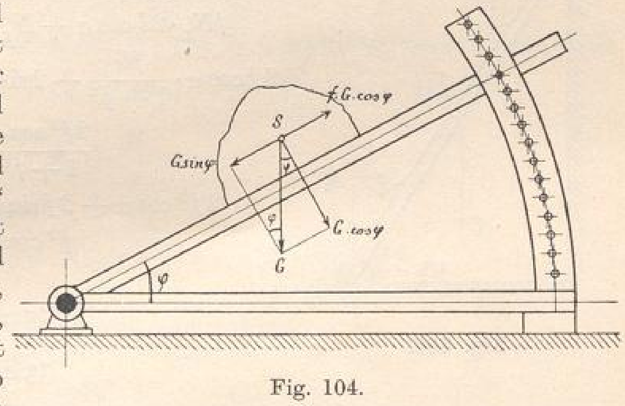

Fig. 104.

$$G \cdot \sin \varphi = f \cdot G \cos \varphi, \text{ d. h.}$$

$$f = \operatorname{tg} \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (83)$$

D. h. „Der Reibungskoeffizient ist die trigonometrische Tangente des Winkels, welchen die schiefe Ebene, auf welcher sich der Körper befindet, mit dem Horizonte einschließen muß, damit der letztere von ihr nicht mehr heruntergleite."

„Den Winkel φ nennt man **Reibungswinkel.**"

Bewegt sich ein Körper auf horizontaler Unterlage, so ist also $P = W = fN$, Fig. 105, oder $f = \frac{P}{N} = \operatorname{tg}\varphi$. — Der Winkel φ ist derjenige, den der Normaldruck N und die Resultierende R aus N und P einschließen.

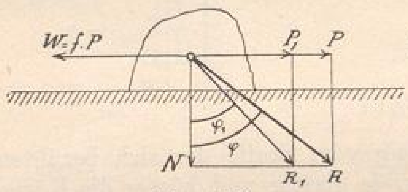

Fig. 105.

Da nun die Bewegung des Körpers nach allen Richtungen stattfinden kann, so begrenzen die Richtungen aller Resultierenden R einen Kegel, welcher **Reibungskegel** genannt wird.

Ist nun eine Kraft P_1 nicht imstande, den Körper in gleichförmige Bewegung zu setzen oder ihn in derselben zu erhalten, so ist der Winkel φ_1, welchen jetzt die Resultierende R_1 und N bilden, kleiner als φ; die Resultierende fällt in den Reibungskegel.

Beispiele.

130. Unter welchem Winkel α gegen den Horizont muß eine G kg schwere Leiter mindestens in Fig. 106 geneigt sein, damit sie im Gleichgewichte bleibe? Der Reibungskoeffizient ist f.

Auflösung: Dem Umfallen der Leiter wirken entgegen die Reibungswiderstände fN_1 und fN_2. Dann wird

$$N_1 = fN_2$$

$$\frac{fN_1 + N_2 = G}{f^2 N_2 + N_2 = G}$$

$$N_2 = \frac{G}{1+f^2}\,; \quad N_1 = \frac{fG}{1+f^2}$$

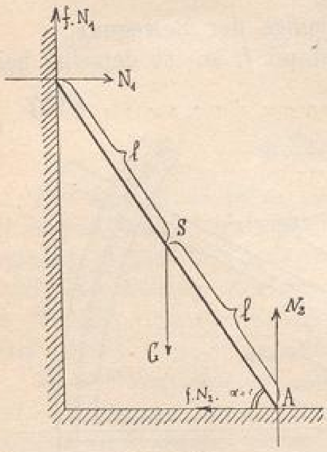

Fig. 106.

Aus $\Sigma(M) = 0$, z. B. in Bezug auf A wird

$$fN_1 \cdot 2l\cos\alpha + N_1 \cdot 2l\sin\alpha - G\cdot l\cos\alpha = 0$$

$$2f\cos\alpha \cdot \frac{fG}{1+f^2} + 2\sin\alpha \cdot \frac{fG}{1+f^2} - G\cos\alpha = 0$$

$$\frac{2f^2\cos\alpha}{1+f^2} + \frac{2f\sin\alpha}{1+f^2} - \cos\alpha = 0$$

$$2f^2\cos\alpha + 2f\sin\alpha - \cos\alpha - f^2\cos\alpha = 0$$

$$f^2\cos\alpha + 2f\sin\alpha - \cos\alpha = 0$$

$$f^2 + 2f\operatorname{tg}\alpha - 1 = 0$$

$$2f\operatorname{tg}\alpha = 1 - f^2$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1-f^2}{2f}$$

131. Es ist die zum Einrücken einer Friktionskupplung nötige Kraft zu ermitteln. Gegeben sind der Radius der Kupplung r, die zu übertragende Leistung N, die Tourenzahl n, der Winkel α und der Reibungskoeffizient f. Fig. 107.

Auflösung: Durch die Einrückkraft wird auf die Kegelfläche der Kupplung ein spezifischer Druck p, d. h. ein Totaldruck $F \cdot p$ ausgeübt. Derselbe muß

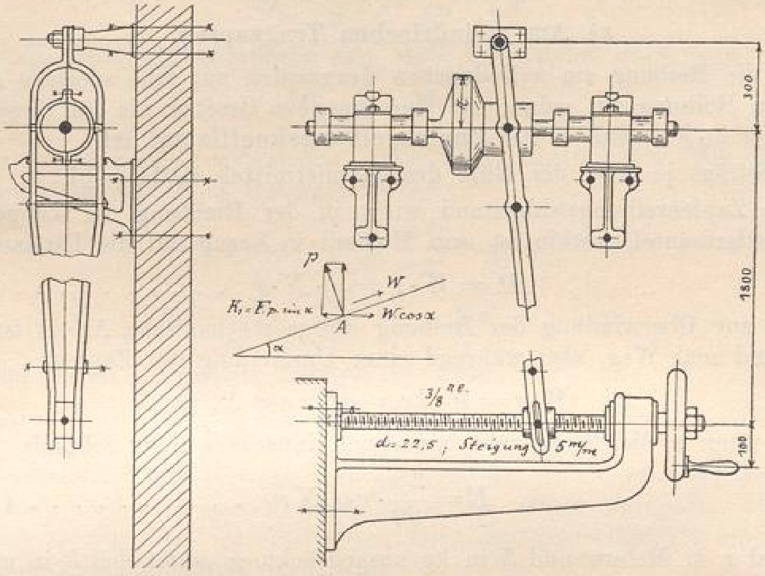

Fig. 107.

erzeugt werden, um erstens die Umfangskraft in der Kupplung, zweitens den Widerstand gegen die Einrückung aufzuheben.

Erstere ist $\frac{M}{r} = f F p$, letzterer $W = f F \cdot p$.

Aus $\frac{M}{r} = f F p$ ergibt sich $p = \frac{M}{f F \cdot r}$.

Um diese Flächenpressung zu erzeugen, ist parallel zur Achsrichtung der Welle die Kraft

$$K_1 = F \cdot p \cdot \sin\alpha \quad \text{oder}$$

$$K_1 = F \cdot \frac{M}{f F r} \sin\alpha = \frac{M}{f r} \sin\alpha$$

nötig. Da auch die Horizontalkomponente von W aufgehoben werden muß, wird

$$K_2 = W \cos\alpha = f F p \cos\alpha = f F \cdot \frac{M}{f F r} \cdot \cos\alpha \quad \text{oder}$$

$$K_2 = \frac{M}{r} \cos\alpha$$

Daher ist die Einrückkraft

$$K = K_1 + K_2 = \frac{M}{f r} \sin\alpha + \frac{M}{r} \cos\alpha$$

$$K = \frac{M}{f r} (\sin\alpha + f \cos\alpha)$$

laut (81) war $M = 716200 \frac{N}{n}$, somit ist

$$\boldsymbol{K = \frac{716200 \cdot N}{f r n} (\sin\alpha + f \cos\alpha)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \mathbf{(84)}$$