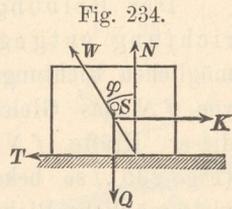


10. Reibung.

a) Reibungsziffer, Reibungswinkel und Reibungskegel.

Bisher haben wir die Körper als vollkommen glatt angenommen, wobei sie in Folge einfacher Berührung nur Normalkräfte auf einander ausüben konnten. Wäre dies wirklich der Fall, so würde ein Körper auf wagerechter Ebene, einmal in Bewegung gesetzt, seine Bewegung stets mit derselben Geschwindigkeit fortsetzen. Die Erfahrung lehrt aber, dass dies nicht zutrifft, dass vielmehr eine gewisse Zugkraft K erforderlich ist, um den Körper in gleichförmiger Bewegung zu erhalten. Daraus folgt das Vorhandensein eines Tangential- oder Reibungswiderstandes $T = K$ (Fig. 234). Die Reibung ist eine Folge der Rauheit der Oberflächen der Körper. Ihre Grösse ist in erster Linie von der Grösse des Normaldruckes N abhängig, und man nennt das Verhältnis $T : N = f$ (frictio) die Reibungsziffer oder den Reibungs-Koeffizienten.



Ergiebt sich, dass zum gleichmässigen Fortziehen eines 62 kg schweren Schlittens auf einer wagerechten Eisfläche eine wagerechte Zugkraft $K = 2$ kg erforderlich ist, so beträgt die Reibungsziffer $f = \frac{T}{N} = \frac{K}{Q} = \frac{2}{62} = \frac{1}{31}$.

Die Reibungsziffer zweier Körper hängt wesentlich von der Beschaffenheit der Berührungsflächen ab, also von der Natur der Körper, von der Art der Bearbeitung und der etwaigen Schmierung.

Daneben hat auch die Geschwindigkeit der Gleitbewegung einen Einfluss auf die Reibung. Beim Übergange aus der Ruhe in die Bewegung ist die Reibung am grössten und nimmt mit wachsender Geschwindigkeit ab. Auch von der Grösse des auf die Flächeneinheit kommenden Druckes hängt die Reibungsziffer ab. Bei sehr kleinem Einheitsdruck, also verhältnismässig grosser Berührungsfläche ist die Reibungsziffer gross, mit zunehmendem Einheitsdrucke nimmt sie anfänglich ab, dann aber wieder zu, wie durch Versuche erkannt wurde.

Diese Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Grösse des Einheitsdruckes ist aber nur erst für einige Sonderfälle näher festgestellt. Im Allgemeinen müssen wir daher f als nur abhängig von der Beschaffenheit der Berührungsflächen behandeln, und voraussetzen, dass die entsprechende Zahl durch

Versuche, deren Umstände dem zu behandelnden Falle möglichst ähnlich sind, ermittelt wurde.

Gleitet ein Körper auf fester Fläche, so besteht die Einwirkung der letzteren auf den Körper in dem Normalwiderstande N und dem Tangentialwiderstande $T = fN$. Die Mittelkraft W beider heisst der Gesamtwiderstand der festen Fläche und schliesst mit der Normalen N einen Winkel φ ein, für den

$$\operatorname{tg} \varphi = T : N = fN : N = f, \text{ d. h.}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f.$$

Wegen der festen Beziehung zwischen φ und f nennt man φ den Reibungswinkel.

Der Reibungswiderstand ist stets der Bewegungsrichtung entgegengesetzt. Da nun die Gleitbewegung alle möglichen Richtungen in der Berührungsebene haben kann, so gilt von fN das Gleiche. Setzt man jede dieser Kräfte fN mit N zusammen (Fig. 235), so bekommt man unendlich viele mögliche Richtungen von W , welche eine Kegelfläche mit der Achse N bilden, den sog. Reibungskegel.

Der Reibungskegel ist eine Kegelfläche, deren Spitze im Angriffspunkte von N , deren Achse in der Richtungslinie von N liegt und deren Seiten mit der Achse den Reibungswinkel φ einschliessen. Gleitet ein Körper auf einer festen Fläche, so leistet diese einen Gesamtwiderstand W , der in der Mantelfläche des Reibungskegels liegt.

Die von der Rauigkeit der Körper herrührende Reibung ist nun aber eine Widerstandskraft, welche die relative Gleitbewegung an der Fläche wohl hindern oder verzögern, niemals aber eine solche hervorbringen oder beschleunigen kann. Liegt z. B. (Fig. 236) ein Körper vom Gewichte $Q = 100 \text{ kg}$ auf wagerechter Ebene und ist $f = 0,3$, so ist zum gleichmässigen Fortziehen des Körpers (etwa mittels eines wagerecht gespannten Seiles) eine Kraft $K = 30 \text{ kg}$ erforderlich. Diese Kräfte werden auch an dem Körper noch im Gleichgewichte sein, wenn die Geschwindigkeit desselben zu Null wird.

Fig. 235.

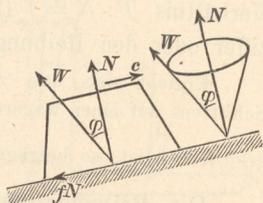
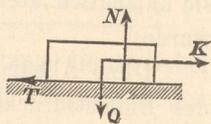


Fig. 236.



Zieht man aber an dem ruhenden Körper mit einer Kraft $K < 30 \text{ kg}$, vielleicht nur mit einer Kraft von 10 kg , so wird nicht etwa der Reibungswiderstand T das Übergewicht über $K = 10 \text{ kg}$ gewinnen und den Körper beschleunigt nach links bewegen, denn der Reibungswiderstand einer Fläche kann eine Gleitbewegung an derselben nicht erzeugen, vielmehr wird nun die Widerstandskraft T nur $= K = 10 \text{ kg}$ werden. Und lässt man K zu Null werden, so wird auch $T = 0$.

Ist also ein Körper auf einer festen Fläche in Ruhe, so hat der Reibungswiderstand T im Allgemeinen nicht den Werth fN , sondern er ist dann $\leq fN$, er tritt nur in derjenigen Grösse auf, die erforderlich ist, um den Ruhezustand zu erhalten. Dann ist aber auch der Winkel β zwischen W und $N \leq \varphi$, und die Richtungslinie von W liegt nicht in der Mantelfläche, sondern im Allgemeinen im Innern des Reibungskegels.

Soll ein Körper sich auf einer festen Ebene gleichmässig und geradlinig verschieben, wobei der Gesamtwiderstand W in der Mantelfläche des Reibungskegels liegt, so müssen die ausser W noch vorhandenen Kräfte eine Mittelkraft R liefern, welche mit der Kraft W im Gleichgewicht ist, also ebenfalls in der Mantelfläche des Reibungskegels liegt (Fig. 237).

Soll der Körper aber auf der festen Fläche in relativer Ruhe verbleiben, wobei W im Allgemeinen im Innern des Reibungskegels liegt (Fig. 238), so muss auch R eine solche Richtung und Lage haben. Liegt beim ruhenden Körper R auf der Mantelfläche des Reibungskegels, so genügen die Kräfte sowohl der Bedingung für die Ruhe als auch derjenigen für die Bewegung. Es befindet sich dann der Körper im Grenzzustande der Ruhe. Wird er in richtiger Weise (etwa durch einen Stoss) in Bewegung gesetzt, so verbleibt er auch in dieser.

Der Gesamtwiderstand W kann nur innerhalb des Bereiches der Unterstutzungsfläche (s. S. 166) angreifen. Durch diese Unterstutzungsfläche muss daher auch R hindurchgehen; andernfalls würde der Körper umkippen (Fig. 239)

Fig. 237.

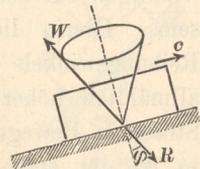


Fig. 237.

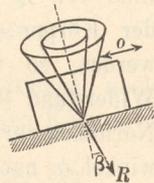


Fig. 239.

