

kes allmählich herausgedrängt wird. Aber selbst wenn der Reibung erzeugende Druck noch kein Herausdrängen der Schmiere und dadurch eine Verminderung der Fettigkeit bedingt, ist es denkbar, daß bei einer sehr großen Ausdehnung der Berührungsflächen der Zusammenhang der einzelnen Elemente der schmierenden Substanz unter einander der Verschiebung auf eine merkliche Weise entgegenwirkt, und daher die Reibung vermehrt, so daß der Reibungs-Koeffizient bei demselben Reibung erzeugenden Drucke in diesem Falle mit der Berührungsfläche wachsen muß.

In den beiden eben genannten Fällen, nämlich, wenn der Druck auf die Flächeneinheit entweder so groß wird, daß er anfängt die Schmiere herauszudrücken, oder wenn der Druck auf die Flächeneinheit so gering ist, daß die Konsistenz der Schmiere einen merklichen Werth im Vergleich zu dem Reibung erzeugenden Drucke hat, erleidet hiernach das Gesetz No. 3 eine Modifikation. Es ist zu bemerken, daß Morin seine Versuche nur mit verhältnißmäßig geringer Belastung für die Flächeneinheit (etwa 14 bis 20 Pfund auf den Quadratzoll) angestellt hat; Versuche von G. Rennie zeigen, daß bei großen Belastungen auf die Flächeneinheit der Reibungs-Koeffizient der Ruhe wächst, und zwar so, daß er bis zu einer gewissen Grenze des Druckes konstant bleibt, dann aber sehr schnell mit dem Druck pro Flächeneinheit zunimmt. Die Resultate der Versuche von Rennie sind weiter unten zusammengestellt; sie zeigen, daß wenn der Normaldruck einen Werth erreicht, der sich demjenigen nähert, bei welchem die Flächen angegriffen werden, der Reibungs-Koeffizient bis über das Dreifache desjenigen wachsen kann, der bei geringem Drucke konstant ist.

Bestimmung des Reibung erzeugenden Druckes; und Vertheilung desselben.

§ 96. Nach § 95. No. 2 ist die Größe der Reibungswiderstände, die dem Gleiten des beweglichen Systems entgegenwirken, proportional den Reibung erzeugenden Drucke, und nach § 94. No. 3 sind die Reibung erzeugenden Drucke diejenigen Komponenten der auf das bewegliche System angebrachten Drucke, welche durch den Widerstand des fixen Systems aufgehoben werden.

Nach dem zweiten Grundsatz in § 94. muß die Resultirende aus den Komponenten sämtlicher Kräfte für jede Richtung, nach welcher kein Verschieben statt finden kann, durch den Widerstand des fixen Systems aufgehoben werden; es ist folglich

diese Resultirende „der Reibung erzeugende Druck“ und der aus demselben entspringende Reibungswiderstand wirkt in einer Ebene die normal zur Richtung derselben (nach dem Gesetz No. 4 in § 94) ist. Es läßt sich hiernach immer leicht die Gröfse des ganzen Reibung erzeugenden Druckes bestimmen, allein es kommt bei der Bestimmung der statischen Momente der Reibungswiderstände häufig auch darauf an, festzustellen wie grofs der Reibung erzeugende Druck in jedem Elemente der Berührungfläche sei, da nach § 94. No. 2 jeder Berührungspunkt als Angriffspunkt eines Reibungswiderstandes betrachtet werden kann. Hiernach wird es sich darum handeln, zu ermitteln, wie grofs der Druckantheil von dem gesammten Reibung erzeugenden Drucke sei, der auf jeden einzelnen Berührungspunkt gerechnet werden mufs.

Diese Druckantheile werden in den meisten praktischen Fällen kaum mit der nöthigen Richtigkeit und Schärfe zu bestimmen sein, sie werden bedingt durch die Elastizitätsverhältnisse der gedrückten Oberflächen, durch die Genauigkeit mit welcher die Gestalt dieser Oberflächen den absoluten geometrischen Formen nahe kommt, und durch die Lage der Angriffspunkte der auf das System angebrachten bewegenden Kräfte. Sehen wir, wie bei den vorliegenden Betrachtungen überall, von den Elastizitätsverhältnissen ab, nehmen wir gar keine Formveränderung als zulässig an, und betrachten wir also die beiden Systeme als absolut feste, so läßt sich für die Vertheilung des gesammten Reibung erzeugenden Druckes auf die einzelnen Berührungspunkte kein Gesetz herleiten, und es bleibt nur übrig in bestimmten Fällen darüber Hypothesen aufzustellen. In den meisten Fällen ist die Hypothese zulässig:

dafs die Druckantheile, welche von dem gesammten Reibung erzeugenden Druck auf die einzelnen Berührungselemente treffen, sich verhalten wie die Projektionen der Berührungselemente auf eine Ebene, die normal ist zu dem Reibung erzeugenden Druck.

Es bezeichne:

$\lambda, \lambda', \lambda''$ die Winkel, welche die einzelnen Elemente der Berührungfläche mit der Richtung des Reibung erzeugenden Druckes machen;

dF, dF', dF'' seien die Gröfsen der Flächenelemente;

$dA = dF \cdot \sin \lambda$, $dA_1 = dF_1 \cdot \sin \lambda, \dots$ seien die Grölsen der Projektionen der Flächenelemente;

$A = \Sigma(dA) = \Sigma(dF \cdot \sin \lambda)$ sei der Flächeninhalt der Projektion der sämtlichen Elemente der Berührungsfläche auf eine Ebene, die normal ist zur Richtung des Reibung erzeugenden Druckes;

Q sei der gesammte Reibung erzeugende Druck, und

dQ, dQ_1, dQ_2, \dots die Drucktheile der Flächenelemente.

Nun hat man nach dem obigen Gesetz:

$$\Sigma(dQ) = Q = dQ + dQ_1 + dQ_2 + \dots$$

und nach der obigen Hypothese:

$$dQ : dQ_1 : dQ_2 : \dots = dA : dA_1 : dA_2 : \dots$$

folglich:

$$dQ : (dQ + dQ_1 + dQ_2 + \dots) = dA : (dA + dA_1 + dA_2 + \dots)$$

das ist:

$$164) \quad dQ = \frac{\Sigma(dQ)}{\Sigma(dA)} \cdot dA = \frac{Q}{A} \cdot dA = \frac{Q}{A} \cdot dF \cdot \sin \lambda.$$

Den Werth $\frac{Q}{A}$ oder den Druck auf die Flächeneinheit der Projektion nennt man den spezifischen Druck der Projektion, und die Gleichung 164) sagt daher:

der Druckantheil, den ein Element der Berührungsfläche von dem gesammten Reibung erzeugenden Druck zu erleiden hat, und welcher in diesem Flächenelement einen Reibungswiderstand erzeugt, der normal zur Richtung dieses Druckes ist, drückt sich aus durch den spezifischen Druck der Projektion der gesammten Berührungsfläche auf eine Ebene, die normal ist zu der Richtung des Reibung erzeugenden Druckes, multipliziert mit der Projektion dieses Elementes auf dieselbe Ebene.

Es haben also ganz allgemein gleich grose Projektionen der Berührungsfläche gleiche Druckantheile auszuhalten, und folglich gleich grose Reibungswiderstände zu erleiden.

In ein und demselben Berührungselement erleiden die einzelnen Punkte gleich grose Druckelemente, und es sind daher die in den einzelnen Punkten eines Berührungselements wirksamen Reibungswiderstände als gleich grose und parallele Kräfte anzusehen, so dafs man stets den Angriffspunkt der Reibungswiderstände in den Schwerpunkt des Berührungselementes verlegen kann.

Wenn sämtliche Berührungselemente in ein und derselben Ebene liegen, oder wenn sie auch in verschiedenen Ebenen liegen, die aber sämmtlich denselben Neigungswinkel λ mit der Richtung des Reibung erzeugenden Druckes bilden, so ist $\sin \lambda$ in Gleichung 164) konstant, und man hat $A = F \cdot \sin \lambda$, folglich geht die Gleichung 164) über in

$$164a) \quad dQ = \frac{Q}{F} \cdot dF,$$

für diesen Fall ist also der Druckantheil jedes Elementes gleich dem Druck auf die Einheit der ganzen Berührungsfläche, multipliziert mit der Gröfse des Flächenelementes.

Widerstände gegen fortschreitendes Gleiten; Reibungswinkel.

§ 97. Da die Widerstände der Reibung immer nur dem Gleiten entgegenwirken, so kommen sie überhaupt nur zur Geltung, wenn ein Gleiten, sei es ein fortschreitendes oder drehendes Gleiten möglich ist. Wir haben in § 93 gesehen, dafs die berührenden Oberflächen nur unter gewissen Voraussetzungen die Möglichkeit des Gleitens zulassen. Die folgenden Betrachtungen setzen nun überall die Möglichkeit des Gleitens voraus, und unter diesen Voraussetzungen wollen wir sowohl die Resultirende der Widerstände des fortschreitenden Gleitens, als auch das statische Moment der Widerstände des drehenden Gleitens bestimmen.

Die Richtung des fortschreitenden Gleitens sei gegeben, und die Gröfse und Richtung der Resultirenden aus allen auf das bewegliche System angebrachten Kräften sei bestimmt; der Werth derselben sei Q , und der Winkel, welchen ihre Richtung mit einer Ebene bildet, die normal zu der Richtung des Gleitens ist, sei φ . Wenn wir nun Q nach zwei Richtungen zerlegen, von denen eine nach der gegebenen Richtung des Gleitens, und die andere normal dazu, fällt, so ergeben sich die Komponenten: $Q \cdot \sin \varphi$ und $Q \cdot \cos \varphi$. Nun mufs die Komponente $Q \cdot \cos \varphi$ die in der Richtung normal zur Richtung des Gleitens liegt durch den Widerstand des fixen Systems aufgehoben werden (§ 94.) und folglich bildet diese Komponente den Reibung erzeugenden Druck. Ist nun μ der Reibungskoeffizient, so ist die Gröfse des Reibungswiderstandes, welchen wir jetzt und künftig immer mit Θ bezeichnen:

$$165) \quad \Theta = \mu \cdot Q \cdot \cos \varphi,$$

und da der Reibungswiderstand immer der auf Verschieben wirkenden