

Grundgesetze über die Widerstände der Verschiebung; Reibungs-
widerstände.

§ 94. Wenn zwei feste Systeme sich berühren, so wird es von der Form der Berührungsflächen abhängen, ob eine Verschiebung überhaupt möglich ist, und wenn dies der Fall ist, in welchem Sinne und nach welchen Richtungen Verschiebung erfolgen kann. In den meisten Fällen liegt es, auch ohne besondere Untersuchung, nahe, ob und welche Möglichkeit der Verschiebung vorhanden ist, in andern Fällen bedarf es zur Feststellung dieser Möglichkeit einer besondern Betrachtung, für welche das im vorigen Paragraphen ausgesprochene Gesetz einen Anhalt bietet.

Wenn sich zwei feste Systeme, von denen eins als fixes System betrachtet werden kann, berühren, und es ist für gewisse Richtungen die Möglichkeit der fortschreitenden Verschiebung, oder für gewisse Drehaxen die Möglichkeit der drehenden Verschiebung **nicht** vorhanden, so müssen alle auf das System angebrachten Kräfte, welche auf Fortschreiten nach dieser Richtung wirken, beziehlich sämtliche Kräftepaare, welche auf Drehung um diese Axe wirken, im Gleichgewicht sein.

Ergibt sich nun dieses Gleichgewicht nicht schon aus den auf das bewegliche System angebrachten Kräften, so muß dasselbe durch den Widerstand des fixen Systems hergestellt werden.

Hieraus folgt, daß das fixe System nach jeder Richtung, für welche die Möglichkeit des Verschiebens nicht statt findet, einen Widerstand leistet, welcher der Resultirenden aus allen Drucken, die auf Verschieben nach dieser Richtung wirken, gleich und entgegengesetzt ist.

Die Richtigkeit dieser Gesetze erhellt aus den Grundprinzipien der ganzen Mechanik, daß nämlich eine Kraft, die nicht Bewegung erzeugt, nur durch eine gleich große und entgegengesetzt wirkende Gegenkraft aufgehoben werden könne.

Jede Kraft, die durch den Widerstand des fixen Systems aufgehoben wird, äußert das Bestreben das bewegliche System in das fixe System einzudrängen. Aus diesem Bestreben geht erfahrungsmäßig ein Widerstand hervor, der jeder Verschiebung in einer Ebene, die normal zu der Richtung jener Kraft ist, widerstrebt. Diesen Widerstand nennen wir den Reibungswiderstand.

Die Reibungswiderstände erscheinen hiernach als eine neue Gruppe von Kräften, die sich der Verschiebung des beweglichen

Systems entgegensetzen. Sie sind verschieden von den auf das bewegliche System angebrachten Kräften, obwohl sie von denselben abhängig sind, und erscheinen daher auch als neue auf das System angebrachte Kräfte; aber da sie immer nur der Verschiebung entgegenwirken, niemals selbst eine Verschiebung bewirken können, so nennt man sie auch passive Widerstände, im Gegensatz zu den auf das System ursprünglich angebrachten Kräften, die man die bewegenden Kräfte des Systems nennt.

Ueber die Wirkung dieser eigenthümlichen Kräfte stellen wir folgende Prinzipien auf:

- 1) Die Reibungswiderstände erscheinen immer als Drucke, die der Verschiebung des beweglichen Systems entgegenwirken, und da sie niemals selbst Bewegung erzeugen können, so findet keine Verschiebung statt, sobald die Reibungswiderstände gleich, oder gröfser sind, als der auf Verschiebung wirkende resultirende Druck der bewegenden Kräfte, oder sobald ihr statisches Moment gleich oder gröfser ist, als das auf Drehung um eine gegebene Axe wirkende statische Moment der bewegenden Kräfte;
- 2) die Angriffspunkte der Reibungswiderstände sind stets die Berührungspunkte der beiden Systeme;
- 3) die Gröfse der Reibungswiderstände ist immer abhängig von der Gröfse derjenigen Komponenten der in den Berührungspunkten wirkenden Drucke, welche durch den Widerstand des festen Systems aufgehoben werden. Wir nennen daher diese Komponenten „Reibung erzeugende Drucke“;
- 4) die Richtung der Reibungswiderstände liegt stets in einer Ebene, die normal zu der Richtung der Reibung erzeugenden Drucke ist. In dieser Ebene kann der Reibungswiderstand jede beliebige Lage haben, doch immer so, dafs, wenn man den Reibungswiderstand zerlegt nach der Richtung, in welcher Verschiebung erfolgt, und normal dazu, die Komponente für die erstgenannte Richtung direkt entgegengesetzt ist der Richtung in welcher Verschiebung erfolgt.

Diese beiden zuletzt aufgestellten Grundsätze sind wohl zu beachten; sie sind verschieden von den bisher üblichen Annahmen; sie erklären aber die Erscheinungen der Reibung vollständig, lassen sich mit allen über die Reibung bestehenden Erfahrungen vereinigen, und führen bei ihrer Anwendung nicht zu Widersprüchen mit

andern mechanischen Gesetzen, wie dies der Fall ist, wenn man die Reibungswiderstände ganz allein von den Normaldrücken abhängig macht.

Das Vorhandensein der Widerstände der Reibung ist nicht durch die Voraussetzungen herzuleiten, die wir ganz allgemein über die Wirkung der Kräfte aufgestellt haben; es ist uns nur durch die Erfahrung bekannt. Die Gröfse dieser Widerstände, und die Gesetze ihrer Abhängigkeit sind daher nur durch die Erfahrung festzustellen. Sobald wir aber diese Gesetze kennen, d. h. sobald wir die Gröfse und Eigenschaften dieser Kräfte selbst kennen, werden wir sie den allgemein festgestellten Gesetzen über die Wirkung der Kräfte vollständig unterwerfen können.

Die wichtigsten Versuche über die Reibung sind von Amon-tons, Coulomb, Vince, G. Rennie, N. Wood, und zuletzt von Mo-rin angestellt worden. Alle diese Versuche haben einen Unterschied in der Reibung herausgestellt, zwischen dem Fall, wo längere Zeit dieselben Punkte beider Systeme in Berührung waren, und es darauf ankam die Verschiebung zu beginnen, und dem Fall, wo die Verschiebung bereits eingetreten war, und fortgesetzt werden sollte. Den ersten Fall bezeichnet man als die Reibung der Ruhe, und den andern als die Reibung der Bewegung.

Die Gesetze der Reibung sind sämmtlich unter folgenden Voraussetzungen ermittelt worden, und gelten folglich auch nur unter diesen Voraussetzungen:

- a) dafs die Oberflächen der sich berührenden festen Systeme (Körper) einen gewissen Grad von Glätte und Regelmäfsigkeit besitzen;
- b) dafs die Körper sich durch die Bewegung selbst nicht beträchtlich erwärmen;
- c) dafs die Oberflächen der Körper durch die Bewegung keine irgend merkliche Abnutzung und Formveränderung erleiden.

Erfahrungsergebnisse über die Reibung des Gleitens.

§ 95. Die von Morin gemachten Versuche (§ 93. und 94.) über die Reibung des Gleitens (gleitende Reibung) haben folgende Gesetze theils bestätigt, theils herausgestellt:

- 1) Beziehung zwischen der Reibung der Ruhe und der Reibung der Bewegung.

Die gleitende Reibung der Ruhe ist denselben Gesetzen unterworfen, wie die Reibung der Bewegung, sie ist aber in den