

1. Materie und Kraft; Trägheit und Reibung.

Physik. Die Physik ist die Lehre von den allgemeinen Eigenschaften und Bewegungs-Erscheinungen der Materie und den sie bewirkenden Kräften.

Hierin liegt ausgesprochen, dass eine Betrachtung der besonderen Bewegungs-Erscheinungen, wie wir sie im Gebiete der belebten Natur antreffen (z. B. der Wachsthumsvorgänge, der Bewegungen von Pflanzentheilen unter dem Einflusse des Lichts u. dgl. m.), nicht zu den Aufgaben der Physik gehört. Aber auch mit denjenigen Vorgängen im Bereiche des Unorganischen hat es die Physik nicht zu thun, bei denen es sich um stoffliche Veränderungen der Körper handelt; sie gehören ins Gebiet der Chemie, die übrigens eine der Physik nahe verwandte Wissenschaft und nicht immer leicht von ihr zu trennen ist.

Materie. Die Materie (oder der Stoff) ist durch drei Grundeigenschaften gekennzeichnet; diese sind: 1. die Raumerfüllung (Ausdehnung), 2. die Undurchdringlichkeit seitens anderer Materie und 3. die Fähigkeit einer Änderung der räumlichen Lage (die Bewegungsfähigkeit).

Kraft. Mit dem Worte Kraft bezeichnet man die Ursache einer Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers. — Als Bewegungszustand ist nicht nur eine Bewegung irgend welcher Art, sondern auch die Ruhe — als Abwesenheit jeglicher Bewegung — aufzufassen. Ein Körper (im physikalischen Sinne) ist ein bestimmter Mengentheil der gesammten Materie, der als ein in gewissem Maasse einheitliches Wesen — als Individuum — erscheint.

Zu der Annahme von Kräften sind wir durch unsere Kausalanschauung genöthigt. Da unser Denken nämlich (gemäss dieser Anschauung) für jedes Geschehniss ein anderes verlangt, durch welches es hervorgerufen wird, sowie ein weiteres, das eine Folge von ihm ist — oder kürzer: da wir uns keine

Wirkung ohne Ursache und keine Ursache ohne Wirkung denken können,¹⁾ so muss auch jede Änderung (und damit Neugestaltung) des Bewegungszustandes, den ein Körper hat, durch irgend etwas verursacht werden; dieses Etwas nennt man Kraft. Damit ist über das Wesen, über die innere Natur der Kräfte nichts entschieden. Man wird gut thun, dies festzuhalten und sich nicht vorschnell metaphysischen Vorstellungen von dem Wesen der Kräfte hinzugeben. —

Trägheit oder Beharrungsvermögen der Körper. Wie einerseits durch die Einwirkung einer Kraft auf einen Körper eine Aenderung in dem Bewegungszustande des letzteren hervorgebracht wird, so verharret andererseits ein Körper, auf den keine Kraft einwirkt, unverändert in dem Bewegungszustande, den er gerade hat. — Es ist dies nur die andere Seite der soeben angegebenen Folgerung aus dem Grundsatz der Kausalität. Trotzdem bezeichnet man die Eigenschaft der Körper, ohne die Einwirkung einer ändernden Kraft in ihrem jeweiligen Bewegungszustande zu verharren (da sie vielfach von besonderer Bedeutung ist), mit einem eigenen Namen: nämlich als das Beharrungsvermögen oder die Trägheit der Körper, und man spricht demgemäss von einem Beharrungs- oder Trägheitsgesetz — als einem Grundgesetz der Physik. — Dasselbe wurde von Galilei, einem italienischen Physiker, im Jahre 1638 aufgestellt. Erst auf Grund dieses Gesetzes ist eine richtige Erklärung des freien Falls, der Schwingkraft, der Pendelschwingungen, der Planetenbewegung u. s. w. möglich.

Wir können demselben folgende Fassung geben:

(Beharrungs- oder Trägheitsgesetz.) Jeder Körper behält den Bewegungszustand, den er in irgend einem Momente hat, nach Richtung und Geschwindigkeit unverändert bei, so lange keine äussere Kraft (ändernd) auf ihn einwirkt.

Man kann dies Gesetz in zwei Theile zerlegen:

- a. Jeder in Ruhe befindliche Körper bleibt so lange in Ruhe, bis er durch eine äussere Kraft in Bewegung gesetzt wird;
- b. jeder in Bewegung befindliche Körper behält seine Bewegung nach Richtung und Geschwindigkeit so lange unverändert bei, bis eine äussere Kraft ihn daran hindert.

¹⁾ Das vollständige Kausalgesetz sagt noch etwas mehr aus, nämlich, dass jede Wirkung eine bestimmte Ursache hat, mit der sie nothwendig verbunden ist, sodass auf dieselbe keine andere Wirkung folgen kann. Der Physiker und Philosoph Fechner hat dem Kausalgesetz folgende Fassung gegeben: Unter gleichen Bedingungen treten jedes Mal gleiche Folgen ein, unter abgeänderten Bedingungen abgeänderte Folgen.

Geschwindigkeit. Hier ist der Ausdruck *Geschwindigkeit* zu erklären. Die *Geschwindigkeit* ist der Weg, den ein bewegter Körper in der Zeiteinheit (Sekunde, Minute, Stunde u. s. w.) zurücklegt. —

Beschleunigungswiderstand. Nach der Ansicht mancher Physiker setzt dem Trägheitsgesetz zufolge ein Körper jeder Kraft, welche seinen Bewegungszustand zu ändern strebt, einen Widerstand entgegen. Das Beharrungsvermögen oder die Trägheit der Körper würde dann auf diesem Widerstande beruhen oder gar in ihm bestehen. Da nun die Trägheit einen derartigen Widerstand nur gegen eine Zunahme der Geschwindigkeit oder eine Beschleunigung, nicht gegen eine gleichbleibende Bewegung ausübt, so hat man den Trägheitswiderstand zum Unterschiede von anderen Widerständen auch *Beschleunigungswiderstand* genannt. — Aber ein solcher Widerstand, der nur zeitweise in der Materie wirksam sein soll, nämlich nur dann, wenn äussere Kräfte auf sie einwirken, ist nicht annehmbar. Zudem müsste ein Widerstand, der doch einer Kraft entgegenwirkt, selbst eine Kraft sein; wir würden also mit dem Trägheitswiderstande von vornherein eine Kraft in der Materie annehmen, ehe wir noch durch unsere Kausalanschauung zu einer Annahme von Kräften genöthigt wären.

Wirkungen des Beharrungsvermögens. a) Wird ein mit Wasser gefülltes Glas plötzlich und schnell in wagerechter Richtung fortbewegt, so schwappt das Wasser in der entgegengesetzten Richtung über den Rand des Glases (indem es an dem zuvor von ihm im Raume eingenommenen Platze zu verharren strebt). Rückt ein Wagen plötzlich an, so fallen oder kippen die darin befindlichen Personen nach hinten zurück; das Gleiche geschieht, wenn ein Boot, worin jemand steht, vom Lande abstösst. Festklopfen eines Hammerstiels auf die Weise, dass man den Hammer mit dem Kopf nach unten hält und auf das obere Ende des Stiels kurze Schläge führt.

b) Wird ein mit Wasser gefülltes, gleichförmig fortbewegtes Glas plötzlich angehalten, so schwappt das Wasser in der Richtung über den Rand des Glases, in welcher letzteres zuvor bewegt wurde (es setzt das Wasser die innegehabte Bewegung fort). Hält ein Wagen plötzlich an oder stösst ein Boot ans Ufer, so fallen die darin befindlichen Personen entweder ganz oder nur mit dem Oberkörper vorwärts. Festklopfen eines Hammerstiels auf die Weise, dass man den Kopf des Hammers nach oben hält und das Ende des Stiels auf eine feste Unterlage mehrmals kräftig aufstösst. — Ein Schlittschuhläufer, der auf eine Sandstelle geräth, fällt nach vorn. Das Stolpern. Das Hinfallen beim Abspringen von einem in der Fahrt befindlichen Pferdeisenbahnwagen (die Füsse werden, sowie sie den ruhenden Erdboden berühren, festgehalten, während der Oberkörper die innegehabte Bewegung fortsetzt; läuft man ein Stück mit dem Wagen mit oder biegt man den Oberkörper nachdrücklich nach hinten über, so kann man das Hinfallen vermeiden). — Wenn ein Eisenbahnzug in einen Bahnhof einfährt und daselbst anhalten soll, so unterbricht man die Arbeit der Lokomotive schon eine Strecke vor dem Bahnhof, weil die Bewegung des Zuges (auch ohne die Thätigkeit der Lokomotive) noch eine Weile andauert; und schliesslich muss der Zug

gebremst werden, um vollständig zum Stillstand zu kommen. Auf einen Pfeil, den man aus einer Armbrust abschießt, wirkt die Sehne, auf das Geschoss einer Feuerwaffe die Kraft der Pulvergase nur kurze Zeit; aber Pfeil und Geschoss beharren in der Bewegung, die ihnen mitgetheilt ist, noch längere Zeit nachher. Das Schwungrad einer Maschine setzt seine Umdrehung noch eine Weile fort, nachdem die Kraft, welche die Maschine treibt, zu wirken aufgehört hat.

Damit einem Körper eine Bewegung mitgetheilt oder genommen werde, ist eine gewisse Zeit erforderlich, während welcher die den Bewegungszustand ändernde äussere Kraft auf den Körper einwirkt. Aus diesem Grunde muss z. B. das in Ruhe befindliche Glas mit Wasser plötzlich in Bewegung gesetzt werden, wenn das Wasser überschwappen soll; weil sonst die Bewegung des Glases sich auf das Wasser übertragen würde, sodass dieses die Bewegung des Glases mitzumachen im Stande wäre. Es kommt hierbei noch eine andere Art von Umständen in Betracht, die aber erst an späterer Stelle verständlich gemacht werden kann. — Aus dem Gesagten geht hervor, dass es, streng genommen, keine momentan oder augenblicklich wirkende Kraft giebt. Trotzdem wird von momentanen Kräften gesprochen; es werden darunter solche Kräfte verstanden, die nicht eine Anzahl von Zeiteinheiten hindurch in stets der gleichen Weise auf einen Körper einwirken.

Erlöschen der Bewegungen. Die Thatsache, dass alle Bewegungen auf der Erde schliesslich doch ein Ende nehmen, erklärt sich daraus, dass ihnen die Kräfte der Reibung und des Luftwiderstandes entgegenwirken.

Reibung. Die Reibung ist der Widerstand, den die Bewegung eines Körpers erfährt, der einen anderen Körper berührt, welcher die Bewegung des ersteren nicht mitmacht. Sie wird dadurch hervorgerufen, dass die Erhabenheiten einer jeden der sich an einander reibenden Flächen in die Vertiefungen der anderen eingreifen und nun entweder abgerissen oder aus den Vertiefungen heraus- und über darauf folgende Erhabenheiten hinweggehoben werden müssen, wenn die Bewegung überhaupt stattfinden soll. (Das erstere geschieht mehr bei rauhen, das letztere mehr bei glatten Flächen.) Die Reibung ist um so grösser, je grösser der Druck zwischen den sich berührenden Körpern und je rauher die reibenden Flächen sind. Ausserdem hängt die Grösse der Reibung von der Natur der Stoffe ab, zwischen welchen sie stattfindet. Durch geeignete Schmiermittel kann der Reibungswiderstand verringert werden; (in erster Linie, weil durch das Schmieren die reibenden Flächen glatter werden). Zu merken ist, dass Schmiermittel, welche in den Körper einziehen, die Reibung nicht vermindern; daher wird Holz mit Talg oder harter Seife, nicht aber mit Oel geschmiert; letzteres eignet sich für Metalle. — Als Reibungs-Koefficienten bezeichnet man das Verhältniss der Kraft, welche nöthig ist, die Rei-

bung zu überwinden, zur Last, welche die Reibung hervorruft (das Verhältniss zwischen Reibung und Druck).

Es giebt zwei Arten von Reibung: gleitende und wälzende Reibung; letztere findet da statt, wo ein runder Körper (Kugel, Cylinder u. s. w.) über eine Unterlage hinwegrollt. Bei der Bewegung von Zapfen in ihren Pfannen ist die Reibung eine gleitende.

Zu grosse Reibung ist uns beim Ziehen von Wagen, beim Betriebe von Maschinen u. s. w. lästig; aber gäbe es gar keine Reibung, so könnten wir weder gehen und stehen, noch etwas in den Händen halten, noch einen Wagen fortbewegen, noch die grösste Zahl unserer sonstigen Verrichtungen erfüllen.

Häufig wird beim Betriebe von Maschinen eine besondere Anwendung von der Reibung gemacht; so wird mittels des Treibriemens oder der Treib-

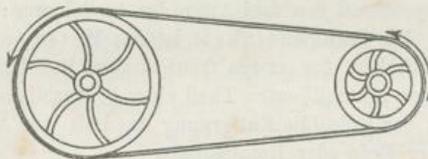


Fig. 1a. Offener Treibriemen.

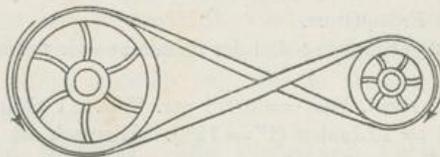


Fig. 1b. Gekreuzter Treibriemen.

schnur (auch Riemen oder Schnur ohne Ende genannt) die Bewegung eines Rades auf ein anderes übertragen. (Schwungmaschine, Drehbank.)

Der Treibriemen ist ein Riemen, dessen Enden an einander befestigt sind und der zwei Wellräder oder Riemenscheiben (siehe später) umspannt. Man unterscheidet den offenen und den gekreuzten Treibriemen oder Riemen ohne Ende. (Fig. 1a und 1b.)

Wird eins der Räder (z. B. das links befindliche, grössere Rad) in der Richtung des Pfeils in Umdrehung versetzt, so erfährt es bei straff angespanntem Riemen an diesem eine so starke Reibung, dass die Bewegung zwischen Rad und Riemen unmöglich gemacht und statt dessen der Riemen, den anderweit keine genügend grosse Kraft festhält, mit fortbewegt wird; er selbst setzt seinerseits das rechts befindliche Rad — ebenfalls auf Grund der Reibung, die er an demselben erfährt — in Umdrehung, und zwar in Fig. 1a (bei offenem Riemen) in demselben Sinne wie das linke Rad, in Fig. 1b (bei gekreuztem Riemen) im entgegengesetzten Sinne.