

In dieser Weise pflegten die Besprechungen stets zu enden. Viel deutlicher aber als seine Sprache war mir Tommys Benehmen bei den Diskursen, die ich, Tommys willen, mit Pond hatte. Von dem Aufleuchten irgend eines Verstehens konnte nie die Rede sein. Er zeigte nie irgend eine Neugier, Teilnahme, ja nicht einmal gelangweilt wurde er, so dass ich die festeste Überzeugung gewann, dass Tommy sich seiner Taufe und ihrer Konsequenzen fast ebensowenig bewusst war wie ein neugeborenes Kind. Mit Mrs. Tommy war noch weniger anzufangen. Sie fand derartige Fragen immer sehr komisch und lachte bei den ungeeigneten Gelegenheiten mit einer Bereitwilligkeit, die man bei einem Weissen als Schwachsinnsausserung angesehen hätte. Übrigens konnte sie weniger englisch, so dass auch an ein sprachliches Missverständnis eher zu denken wäre. Die Zumutung, zur Kirche zu gehen, wies sie zurück — „Me no time, me no church!“

Die kleinen Singhalesenjungen in Colombo riefen jedem laut zu, dass sie Christen wären, keine Heiden, um einen Backschisch zu ergattern. Schon in jungen Jahren hatten sie einen Vorteil des christlichen Glaubens erkannt. Nichts von alledem hier. Christ oder Nichtchrist hatte für die primitiven Gemüter keinen Inhalt.

Eine ebensolche Leere zeigte Tommy hinsichtlich seines Rassegefühles, die bei seinen Erzählungen über sein Leben als Trooper oder Eingeborenenpolizist zutage trat.

Eine Ableitung des Massenbegriffs.

Von Prof. Dr. Anton Lampa, Prag.

Die physikalische Terminologie zeigt noch vielfach das unerfreuliche Bild, dass ein und dieselbe Bezeichnung für verschiedenartige Grössen verwendet wird. Dies ist im historischen Werdegang unserer Wissenschaft begründet. Im Interesse der Klarheit ist jedoch zu wünschen, dass derartige rudimentäre Züge aus dem Lehrgebäude der Physik vollkommen ausgemerzt werden. So wie die Zweideutigkeit des Terminus „Kraft“ durch die Einführung des Terminus „Energie“ beseitigt worden ist, so sollte mit anderen Zweideutigkeiten ähnlicher Art aufgeräumt werden, insbesondere dort, wo solche Bezeichnungen bei der Herleitung der Definition fundamentaler Begriffe verwendet werden. Zwar wird die Feststellung der Dimensionen immer darüber orientieren können, für welche Grösse

gerade die mehrdeutige Bezeichnung verwendet worden ist. Dieses Auskunftsmittel, sich Klarheit zu verschaffen, kann aber ersichtlicher Weise nur von demjenigen verwendet werden, der bereits die Definitionen der übrigen Grössen kennt, welche im Zusammenhang mit jener durch einen zweideutigen Terminus bezeichneten Grösse auftreten; es versagt in dem Falle, von dem wir soeben gesprochen haben: dass dieser Terminus beim systematischen Aufbau des Begriffsystems der Wissenschaft verwendet wird. Das nachträglich mögliche Korrektiv kann überdies auch die volle Klarheit der Definition nicht ganz ersetzen. Ein Rest von Unklarheit bleibt immer bei den Begriffen zurück, bei deren Herleitung nicht volle Klarheit geherrscht hat, mag auch die später erreichte Gesamtübersicht die fälschliche Verwendung eines derartigen Begriffes, mit anderen Worten, einen Fehler in seinem praktischen Gebrauch ausschliessen.

Ein fundamentaler Begriff, dessen Klarheit durch den angedeuteten Übelstand besonders leidet, ist der Massenbegriff. Trotzdem die Dunkelheiten, welche der ursprünglichen Newton'schen Definition desselben anhaften, erkannt sind und die Ausführungen Mach's in seiner Mechanik volle Aufklärung gewähren, ist, so verwunderlich das auch scheinen mag, solche Aufklärung noch immer nicht allgemeiner Besitz geworden. Nach wie vor ist die Ableitung des Massenbegriffs ein dunkles Kapitel. Ein Blick in die modernsten Lehrbücher der Physik genügt, um die Berechtigung dieser Behauptung zu erweisen. Meist huschen die Autoren über das Problem der Ableitung des Massenbegriffs mit mehr oder weniger Geschmeidigkeit hinweg, indem sie sich bescheiden, dem Leser, anstatt ihm den klaren Begriff der Masse zu geben, die Empfindung für die Notwendigkeit desselben zu suggerieren, und es der Gewöhnung bei der folgenden praktischen Handhabung des Massenbegriffs überlassen, das Gefühl der Unlust, das solches Verfahren hervorruft, abzustumpfen. Bei dem Wege, welchen sie wandeln, wird zudem meist von den Unbestimmtheiten zweideutiger Termini Gebrauch gemacht, so dass auch der kritische Leser, der sich redlich bemüht, die Gedankenoperationen der Ableitung klar nachzudenken, gewöhnlich nicht zum Ziele gelangt.

Um das vorstehend Gesagte zu belegen, seien Beispiele angeführt. In einem vielgebrauchten und ohne Frage ausgezeichneten Lehrbuch der Physik wird die Fallmaschine zur Ableitung des Massenbegriffs benützt. Es wird hiebei ganz zutreffend bemerkt, dass die Beziehung, die erzeugten Beschleunigungen verhalten sich umgekehrt wie die bewegten Gewichte,

nur angenähert gilt. Es ist gewiss bedenklich, Versuche, deren Resultate von dem gewünschten Ergebnis systematisch und nicht bloss zufällig abweichen, zur Basis einer Deduktion zu machen! Dann heisst es weiter: „Das aus diesen Erfahrungen gefundene Ergebnis lässt sich auch so ausdrücken: Ein Körper setzt der Kraft, die ihn beschleunigen (oder verzögern) will, einen gewissen Widerstand entgegen, der die Grösse der erzielten Beschleunigung (oder Verzögerung) bestimmt. In diesem Verhalten kommt offenbar diejenige Eigenschaft der Körper, die wir oben bereits als ihr Beharrungsvermögen bezeichnet haben, in quantitativer Weise zum Ausdruck. Man bezeichnet deswegen diesen Widerstand als den Beharrungs- oder Trägheitswiderstand der Körper. Als Massgrösse aber, gemessen durch das Verhältnis der Kraft zu der erzielten Beschleunigung, hat man ihm einen besonderen Namen beigelegt; man nennt ihn die Masse des Körpers“. Später wird dann der Reibungswiderstand als eine Kraft definiert. Was ist also nun ein Widerstand, eine Kraft oder eine Masse? Jedenfalls sollte der Terminus Widerstand nur in einem Sinne benützt und eine der beiden angeführten Verwendungsweisen fallen gelassen werden. Auch der Kraftbegriff, welcher der Massendefinition zugrunde gelegt wurde, ist nicht frei von Unklarheit. Es heisst in dem herangezogenen Buche: „Die Erfahrung lehrt uns, dass wir imstande sind, einen Körper durch die Anstrengung unserer Muskeln in Bewegung zu setzen, indem wir einen Zug oder Druck auf ihn ausüben. Wir bezeichnen jede Einwirkung dieser Art als eine Kraft, die am Körper einwirkt“. Es werden also hier Druck und Zug als Kraft bezeichnet, während später (in der Lehre von den Flüssigkeiten) der Druck als Kraft pro Flächeneinheit definiert wird. Was ist nun ein Druck, eine Kraft oder eine Kraft pro Flächeneinheit? Wieder müssen wir verlangen, dass der Terminus Druck nur in einem der beiden Sinne gebraucht werde.

Auch ein anderes ausgezeichnetes modernes Lehrbuch, welches mit grösserem Umfang weitergehende Vertiefung verbindet, geht vom Kraftbegriff aus; es identifiziert Zug und Kraft, während es später (bei der Elastizität) Zug und Spannung in gleichem Sinne gebraucht, also den Zug als Kraft pro Flächeneinheit einführt. Weiter werden dann die Experimente an der Fallmaschine herangezogen. Diese führen nach dem Buche zu der Grösse a der an der Fallmaschine auftretenden Beschleunigung

$$a = \frac{p}{P} g, \quad \alpha)$$

worin p das Übergewicht, P das bewegte Gesamtgewicht, g die Beschleunigung des freien Falles ist. Diese Gleichung ist aber falsch, da sie, von den Bewegungswiderständen ganz abgesehen, den Einfluss der Rolle einfach ignoriert. Es wäre nun allerdings möglich durch eine Art Konvergenzverfahren, durch wiederholte Versuche mit immer grösseren Gewichten P zu zeigen, dass der oben angegebene Ausdruck der Grenzwert ist, welchen man für die Beschleunigung an der Fallmaschine mit einer Rolle vom Gewichte Null erhalten würde. Die Umständlichkeit dieses Verfahrens macht es wenig empfehlenswert. Jedenfalls ist es aber nicht zulässig, die Gleichung ohne jede Bemerkung als den unmittelbaren Ausdruck des Experimentes hinzustellen.

Der weitere Gang der Ableitung des Massenbegriffes in diesem Buche ist hingegen korrekt. Er benützt den schon vorher definierten Begriff der Arbeit und die Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung. Die Arbeit des Übergewichtes p , während der Fallraum s in der Zeit t durchlaufen wird, ist

$$ps = p \cdot \frac{1}{2} at^2,$$

oder, wenn die Endgeschwindigkeit zur Zeit t mit v bezeichnet wird, wegen $v = at$ auch

$$ps = \frac{1}{2} \frac{P}{a} v^2,$$

was mit Rücksicht auf α) auch geschrieben werden kann:

$$ps = \frac{1}{2} \frac{P}{g} v^2.$$

„Diese Gleichung enthält auf ihrer rechten Seite nichts mehr von dem Übergewicht, sondern nur Dinge, die wir als Eigenschaften des Gesamtgewichtes P betrachten können; abgesehen von dem Faktor $\frac{1}{2}$, das Quadrat der dem Fallraum s entsprechenden Geschwindigkeit v und das Verhältnis $\frac{P}{g}$. Dieses letztere bezeichnet man als die Masse des in Bewegung gebrachten Gewichtes.“

Die vorstehenden Beispiele mögen genügen. Im folgenden versuchen wir eine Ableitung des Massenbegriffes zu geben, welche der Forderung nach Klarheit in jedem Schritte zu genügen strebt.

Wir gehen vom Kraftbegriff aus: Diesem Begriff liegt eine Sinnesempfindung zugrunde, die Druckempfindung. Wir legen die Hand flach auf den Tisch und legen auf die Hand irgend einen Körper. Wir erleben eine Druckempfindung. Den Zusammenhang, welcher zwischen dieser Empfindung und dem Körper besteht, beschreiben wir durch den Satz: Der Körper

drückt auf die Hand, er übt eine Druckkraft auf sie aus. Die Druckempfindung besitzt wie jede Empfindung die Eigenschaft der Intensität. Konsequenterweise legen wir auch der Druckkraft dieselbe Eigenschaft bei. Diese, ohne Zweifel auf anthropomorphistische Vorstellungen zurückgehende Denkweise wäre wissenschaftlich wertlos, wenn es nicht möglich wäre, ein Mass für die Druckkraft zu finden, welches von der Druckempfindung unabhängig ist. Gelingt dies aber, so vermögen wir Druckkräfte mit einander zu vergleichen, ohne dass wir überhaupt unseren Drucksinn bei dieser Operation zur Betätigung bringen. Die Druckkraft gewinnt auf diese Weise den Charakter objektiver Existenz. Erst wenn dies geschehen ist, haben wir die Möglichkeit gewonnen, die Druckkraft als ein Element der objektiven Welt ¹⁾ der Druckempfindung als einem Element der subjektiven Welt gegenüberzustellen und die Druckempfindungen als durch Druckkräfte ausgelöst vorzustellen.

Da wir die objektive Welt nur aus den Elementen der subjektiven, den Sinnesempfindungen, aufbauen können, läuft der Prozess der Objektivation darauf hinaus, gerade den Sinn, welcher zu der Bildung des Begriffes eines bestimmten Elementes der objektiven Welt Veranlassung gibt, bei der Konstruktion dieses Begriffes auszuschalten. Er wäre unausführbar, wenn das supponierte objektive Element nur mit dem einen subjektiven in Beziehung stände. Dies ist nun nicht der Fall, und dass dies nicht der Fall ist, begründet eben die Möglichkeit der Objektivation. Oder psychologisch gesprochen: bereits bei der naiven Objektivation ist ein Komplex von subjektiven Elementen im Spiele. Eines davon bestimmt die Richtung der Objektivation. Es ist Sache der wissenschaftlichen Untersuchung, die Mitwirkung der übrigen an das Tageslicht zu ziehen und damit die wissenschaftliche Berechtigung dieser Objektivation zu erweisen.

Für die Bildung des Kraftbegriffes kommen neben der Druckempfindung Muskel- und Gesichtsempfindungen in Betracht. Legen wir einen Körper auf die flache Hand, die wir frei ausgestreckt halten, so erleben wir ausser der Druckempfindung die Empfindung der Anspannung der Muskulatur. Wir erfahren, dass Steigerung oder Nachlassen dieser Anspan-

¹⁾ In welchem Sinne hier der Begriff der „objektiven Welt“ gebraucht wird, ist wohl nach dem Obenstehenden klar. So wie wir von der Druckempfindung ausgehend zu dem Begriff der Kraft gelangen, so führt uns jede andere Sinnesempfindung auf einem analogen Wege zu einer anderen Grösse, welcher der Charakter objektiver Existenz zukommt; die Gesamtheit dieser Grössen bildet die objektive Welt.

nung zu einer Bewegung der Hand führt, die wir auch sehen, wir erfahren ferner, dass eine ganz bestimmte Anspannung erforderlich ist, um die Hand in Ruhe zu erhalten. Wir erkennen, dass die Druckkraft des Körpers Bewegung zur Folge haben kann, die wir durch einen bestimmten Grad der Anspannung unserer Muskulatur unmöglich machen können. Diese Erfahrungen führen zur Objektivation der Druckkraft. So wie wir die Druckkraft eines Körpers durch eine Muskelanspannung kompensieren, wobei als Kriterium der Kompensation das Nichteintreten der Bewegung dient, so lernen wir unserer Hand Vorrichtungen zu substituieren, z. B. den Hebel, an welchen Druckkräfte kompensiert, also mit einander verglichen werden können. Als Kriterium der Kompensation fungiert hier das Nichteintreten der Bewegung, welches wir durch die Gesichtsempfindung erfassen. Wir sind auf diesem Wege, von der Druckempfindung ausgehend, zu der Druckkraft als einem Element der objektiven Welt gelangt, da wir nun Druckkräfte nicht durch Druckempfindungen, sondern mit Hilfe von Gesichtsempfindungen zu vergleichen gelernt haben. Der angedeutete Weg führt uns weiter zu der Einsicht, dass Druckkräfte und Zugkräfte beliebiger Art (z. B. die Druckkraft eines komprimierten Gases, einer gespannten Feder etc.) durch Gewichte ersetzt werden können. Nun sind wir in der Lage, das Lehrgebäude der Statik zu entwickeln.

Die Objektivation eines Elementes der subjektiven Welt ist aber erst vollendet, wenn wir auch eine Definition des betreffenden Elementes der objektiven Welt zu geben vermögen, die nicht auf die ursprüngliche Sinnesempfindung rekurriert, von welcher wir ausgegangen sind. Diese Definition ergibt sich immer aus dem Vorgang der Objektivation selbst. Für die Kraft ist es die dynamische als die eines an einem Körper Bewegung erzeugenden Einflusses, dessen Grösse durch das Gewicht gemessen wird, das ihn zu ersetzen vermag. Diese Definition ist aber noch nicht vollständig. Die Erfahrung — die durch Gesichtsempfindungen vermittelt wird — lehrt uns weiter, dass die Kraft eine gerichtete Grösse ist. Ersetzen wir die Kraft durch ein Gewicht, welches an einer an dem Körper befestigten Schnur — die in mannigfaltigster Weise über Rollen etc. laufen kann — zieht, so gibt die Richtung des unmittelbar am Körper ansetzenden Schnurstückes die Richtung der Kraft.

Nach diesen prinzipiell wichtigen Überlegungen können an die Ableitung des Massenbegriffes herantreten. Auch wir benützen die Atwood'sche Fallmaschine, um zunächst zu zeigen, dass eine konstante Kraft eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorruft. Wir zeigen auch, dass verschieden

grosse Übergewichte unter Beibehaltung derselben Gewichte verschieden grosse Beschleunigungen bedingen, unterlassen aber die Aufsuchung einer quantitativen Beziehung, die wir ja ohnedies nicht interpretieren könnten. Nachdem dieses festgestellt ist, variieren wir unter Beibehaltung desselben Übergewichtes die Grösse der an der Schnur angehängten Gewichte und erkennen, dass auch hiedurch ein Einfluss auf die Grösse der erzeugten Beschleunigung ausgeübt wird. Wir unterlassen nicht, darauf hinzuweisen, dass ausser dem Übergewicht und dem bewegten Gesamtgewicht jedenfalls auch die Rolle für die Grösse der erzeugten Beschleunigung mitbestimmend ist, da sie ja die beschleunigte Bewegung mitmachen muss. Da jedoch die Rolle bei allen diesen Versuchen dieselbe ist, wird hiedurch der Tatbestand, dass die Beschleunigung durch zwei Umstände, die Kraft und den bewegten Körper, bestimmt wird, nicht alteriert. Wir drücken diesen Zusammenhang durch die Gleichung

$$P = f(K, p) \quad 1)$$

aus, worin P die Kraft, p die Beschleunigung und K den Körper bedeutet, soweit er für die Beschleunigung bei gegebener Kraft bestimmend ist.

Zur Ermittlung der Funktion f und der Bestimmung des Merkmals K führen uns Versuche, die mit der Zentrifugalmaschine ausgeführt werden. Wir bedürfen hiebei die Kenntnis des Ausdruckes für die Fliehbeschleunigung, dessen Ableitung Aufgabe der reinen Bewegungslehre ist.

Das erste Experiment führen wir mit der bekannten Anordnung aus, bei welcher die Fliehkraft einer an einer horizontalen Stange gleitenden homogenen Kugel durch ein symmetrisch um die Drehungsaxe verteiltes Gewicht kompensiert wird, das mit der Kugel durch eine über eine Rolle geführte Schnur verbunden ist.

Die Kugel befinde sich in einem Abstand r von der Drehungsaxe. Bei einer gewissen Tourenzahl werde das Gewicht P gehoben. Wir konstatieren dann, dass dieselbe Kugel im gleichen Abstand r von der Drehungsaxe bei Verdoppelung der Tourenzahl das vierfache, bei Verdreifachung der Tourenzahl das neunfache Gewicht P u. s. f. zu heben vermag. Die Formel für die Fliehbeschleunigung zeigt uns aber, dass bei Steigerung der Tourenzahl auf das Doppelte, Dreifache usf. die Fliehbeschleunigung ebenfalls auf das Vierfache, Neunfache u.s.f. steigt. Wir erhalten das Resultat: Steigt die Fliehbeschleunigung eines Körpers auf das n -fache, so erhält seine Fliehkraft ebenfalls den n -fachen Wert. Die Anwendung der Gleichung 1

auf unseren Fall — worin jetzt p speziell die Fliehbeschleunigung, P die Fliehkraft ist — ergibt

$$nP = f(K, np). \quad 2)$$

Soll diese Gleichung für beliebige Werte von n gelten, so muss die Funktion $f(K, p)$ die Form $p\varphi(K)$ haben, so dass wir schreiben können

$$P = p\varphi(K). \quad 3)$$

Gegen die Reinheit dieser Versuche könnten zwei Bedenken erhoben werden, die sich aber unschwer beseitigen lassen. Erstens, dass auch bei dieser Versuchsanordnung eine Rolle verwendet wird wie bei der Fallmaschine. Hiegegen ist zu sagen: wir beobachten hier nicht die Bewegung als solche, sondern das Gleichgewicht zwischen Fliehkraft und Zugkraft des Gewichtes. Das Eintreten der Bewegung dient uns nur als Zeichen, dass das Gleichgewicht überschritten ist. Zweitens erfordert der Umstand Beachtung, dass der rotierende Körper — in unserem Versuch die Kugel — ausgedehnt ist, dass die Fliehbeschleunigung nicht für alle Punkte des Körpers dieselbe ist. Doch ist der Zusammenhang der Fliehbeschleunigung des ganzen Körpers mit den Fliehbeschleunigungen seiner einzelnen Teile unabhängig von der Tourenzahl, da ja alle diese Fliehbeschleunigungen in gleichem Masse, proportional dem Quadrat der Tourenzahl, sich verändern, so dass wir von der Fliehbeschleunigung des ganzen Körpers dasselbe aussagen dürfen.

Für die weiteren Überlegungen benötigen wir nun allerdings die Kenntnis des Abstandes jener Punkte des Körpers von der Drehungsaxe, deren Fliehbeschleunigung gleich ist jener des Körpers als Ganzes. Dieser Abstand ist der Abstand des Schwerpunktes von der Drehungsaxe. Steigern wir die Rotationsgeschwindigkeit, so entfernt sich die Kugel von der Drehungsaxe, sie führt eine Progressivbewegung aus unter dem Einfluss der Resultierenden der Zentrifugalkräfte ihrer Teile. Diese Resultierende greift im Schwerpunkt an, wie wir durch das Experiment erweisen können. Ersetzen wir die Kugel durch einen beliebig gestalteten Körper von gleichem Gewicht, so erhalten wir dieselben Fliehkräfte wie bei der Kugel, wenn der Schwerpunkt dieses Körpers an die Stelle des Kugelmittelpunktes, also da die Kugel homogen war, an die Stelle des Schwerpunktes der Kugel gebracht wird.

Ein dritter Versuch mit der Zentrifugalmaschine, der bereits von Mach zur Massenvergleichung herangezogen worden ist,²⁾ führt endlich zur Bestimmung der Funktion φ in Gl. 3).

²⁾ Mach, Leitfaden der Physik für Studierende. 2. Aufl., S. 27. Wien und Prag, F. Tempsky, 1891.

Auf einem glatten, senkrecht durch die Axe der Zentrifugalmaschine hindurchgehenden Draht sind zwei durch einen Faden mit einander verbundene homogene Kugeln K_1 und K_2 von verschiedenem Gewichte G_1 und G_2 angebracht. Es lässt sich nun immer eine Stellung der Kugeln ausfindig machen, welche durch die Rotation (mit beliebiger Tourenzahl) unbeeinflusst bleibt. In dieser Stellung halten die Zentrifugalkräfte der beiden Kugeln einander das Gleichgewicht. Bezeichnen wir die Zentrifugalbeschleunigungen der beiden Kugeln, d. i. gemäss dem vorhergehend gewonnenen Ergebnis, ihrer Schwerpunkte mit p_1 und p_2 , ihre Fliehkräfte mit P_1 und P_2 , so ist nach Gl. 3)

$$\begin{aligned} P_1 &= p_1 \varphi (K_1) \\ P_2 &= p_2 \varphi (K_2), \end{aligned}$$

und weiter, da $P_1 = P_2$:

$$p_1 \varphi (K_1) = p_2 \varphi (K_2).$$

Der Abstand des Schwerpunktes (Mittelpunktes) der Kugel K_1 von der Drehungsachse sei R_1 , jener der Kugel K_2 sei R_2 . Dann ist, wenn die Winkelgeschwindigkeit mit ω bezeichnet wird, $p_1 = R_1 \omega^2$ und $p_2 = R_2 \omega^2$, womit die letzte Gleichung übergeht in

$$R_1 \varphi (K_1) = R_2 \varphi (K_2). \quad 4)$$

Vergleichen wir nun die Abstände R_1 und R_2 mit den Gewichten der beiden Kugeln, so finden wir die Relation

$$R_1 G_1 = R_2 G_2. \quad 5)$$

Die Division der Gleichung 4) durch Gleichung 5) führt zu der Relation

$$\frac{\varphi (K_1)}{G_1} = \frac{\varphi (K_2)}{G_2}.$$

Diese Relation muss für beliebige Körper gelten, da wir den Versuch mit beliebigen Körpern K ausführen können; dies ist nur möglich, wenn

$$\varphi (K) = C \cdot G, \text{ und } \varphi (K_2) = C \cdot G_2,$$

also allgemein

$$\varphi (K) = C \cdot G$$

ist, worin G das Gewicht des Körpers K und C eine vom Körper K unabhängige Konstante bedeutet. Hiemit erhalten wir aus 3) den für jede beliebige auf den Körper K wirkende Kraft P giltigen Ausdruck

$$P = p CG, \quad 6)$$

welcher uns bei gegebener Kraft P die Berechnung der Beschleunigung p , die sie dem Körper erteilt, gestattet, wenn wir noch den Wert der Konstanten C bestimmt haben.

Zur Bestimmung von C wenden wir Gl. 6) auf den freien Fall an. Hier ist die beschleunigende Kraft das Gewicht des

Körpers, $P = G$, die erzeugte Beschleunigung p die Beschleunigung des freien Falles g , so dass wir haben

$$G = gCG,$$

woraus $C = \frac{1}{g}$ folgt.

Hiemit ist endlich das dem Körper eigentümliche beschleunigungsbestimmende Merkmal $\varphi(K) = C \cdot G = \frac{G}{g}$ bestimmt. Wir nennen es die Masse des Körpers, welche gleich ist dem Gewicht des Körpers dividiert durch die Beschleunigung des freien Falles.

Die vorstehende Ableitung des Massenbegriffes entfernt sich weit von der historischen Entwicklung desselben; ich würde nicht widersprechen, wenn man konstatieren wollte, dass man auf diesem Wege kaum jemals zum Massenbegriff gekommen wäre. Ein anderes aber ist der historische Gang der Forschung, ein anderes der Weg, welchen Überlegungen zu gehen haben, die sich die möglichst klare Deduktion eines bereits gewonnenen Begriffes zur Aufgabe stellen!

Aus dem k. k. tierärztlichen Institute der deutschen Universität in Prag.

Willkürliche Bewegungen eines Tieres.

Von Prof. H. Dexler und Advokaten Dr. A. Fröschl.

(Schluss.)

Übrigens ist es eine durch Thorndike und seine Schüler erwiesene Erfahrungssache, dass die Tiere bei Dressurerwerbungen mehr der Gewohnheit der Bewegung als dem Gedächtnisse und dem Vorstellungskreisen folgen. Es ist eine weitere empirische Feststellung, dass die Tiere, worunter wir hier nur die höheren Säuger verstanden haben wollen, die Eigentümlichkeit haben, erlernte Drillbewegungen ungemein rasch und so intensiv zu automatisieren, dass sie mit der Gleichmässigkeit von Reflexen ablaufen. Das dressierte Reitpferd geht auf bestimmten Schenkeldruck einen bestimmten Gallop, auch wenn es ihm und seinem Reiter den Tod bringen sollte. Der von Pfungst demonstrierte Affe beginnt auf der Hohlhand des Besuchers nach Flöhen zu suchen und setzt die Bewegung mit grösstem Eifer auch auf der kalten Eisenstange oder dem Fussbodenbelage fort. Einmal erlernt kann er die angeregte Bewegung auch auf Gegenständen nicht mehr hemmen, wo er nie in seinem Leben einen Floh gefunden haben konnte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Lampa Anton

Artikel/Article: [Eine Ableitung des Massenbegriffs 303-312](#)