



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Erster Abschnitt. Das Gleichgewicht eines festen Körpers.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-75469](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-75469)

Dritte Abtheilung.

Von Gleichgewichten der irdischen Körper.

Erster Abschnitt.

Das Gleichgewicht eines festen Körpers.

Arten des Gleichgewichtes.

Obwohl jeder materielle Punkt eines außerhalb der Erde befindlichen Körpers als ein die Erde anziehender zu betrachten ist, so kann doch für sämmlliche Punkte nur der Schwerpunkt des Körpers als der einzige Anziehungspunkt angesehen werden. Es sind also der Erdmittelpunkt und der Schwerpunkt eines jeden auf ihr befindlichen Körpers als die einzigen anziehenden Punkte anzusehen. Wegen der überwiegenden Masse des Erdkörpers wird jeder Körper auf ihr mit seinem Schwerpunkte ihr am nächsten zu kommen suchen und, wenn er beweglich angebracht ist, auch wirklich am nächsten kommen und dann erst ruhen, wenn dies erreicht ist.

Will man diesem Bestreben begegnen und den Körper in Ruhe oder im Gleichgewichte halten; so muß man in irgend einem Punkte der starrgedachten Schwerlinie eine Kraft wirken lassen, welche dem in ihrer Richtung wirkenden Zuge der Erde entgegengesetzt gerichtet ist, also nach obenhin wirkt und der Anziehungskraft der Erde gegen den Körper gleich ist.

Dieses kann an drei Stellen geschehen: im Schwerpunkte selbst, in einem Punkte der Schwerlinie über ihm, in einem Punkte unter ihm und es heißt demnach das Gleichgewicht beziehungsweise das indifferente, das stabile, stehende, und das labile, fallende.

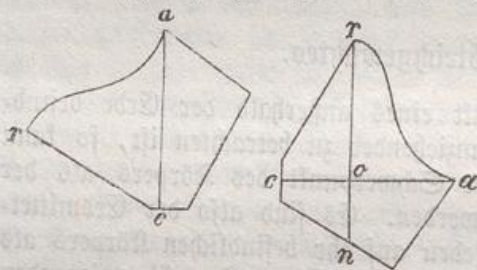
Wird ein Körper in seinem Schwerpunkte festgehalten, so kann er nach allen Richtungen bewegt werden, ohne daß er fällt und er bleibt in allen Lagen im Gleichgewichte; wird er über dem Schwerpunkte in der Schwerlinie festgehalten, d. h. ist er aufgehängt, oder unter ihm, d. h.

ist er unterstützt, so ist er nur dann in Ruhe, wenn sein Schwerpunkt in der vom Aufhängepunkte nach dem Horizonte lothrecht gezogenen Linie liegt; im letzten Falle endlich balancirt er, wenn um den Unterstützungspunkt eine nur ganz unbedeutende Fläche vorhanden ist.



(Fig. 37.)

Ein Pendel, welches, wenn es in der Ruhelage den Halbirungspunkt der Basis trifft, anzeigt, daß die Basis horizontal liegt.



(Fig. 38.)

bestimmt; denn der Schwerpunkt muß in jeder der beiden lothrechten Linien liegen und kann nur ihr Durchschnittspunkt sein. Ist der Körper das eine Mal in *a* (Fig. 38) aufgehängt und *ac* die Schwerlinie, das andere Mal in *r* und *rn* die Schwerlinie; so ist ihr Durchschnittspunkt *o* der Schwerpunkt des Körpers.

Ist ein Körper im labilen Gleichgewichte, so übt er auf die unterstützende Stelle einen Druck aus, welchen wir das Gewicht des Körpers nennen. Die Kraft, mit welcher der Körper drückt ist gleich der, mit welcher er beim stabilen Gleichgewichte zog und gibt stets seine Masse an, ohne Rücksicht auf den Stoff, aus welchem er besteht.

Wir können also auch sagen, daß der Schwerpunkt eines Körpers derjenige Punkt ist, in welchem das ganze Gewicht desselben vereint zu sein scheint. Wird also ein Körper irgendwie festgehalten oder fortbewegt, z. B. gestossen, so hängt die Größe der Wirkung von der Lage des Schwerpunktes gegen die Richtung der angewendeten Kraft ab.

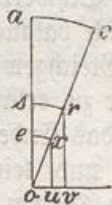
Eine Kraft wird nur dann die ihr zukommende volle Wirksamkeit

auf einen Körper haben, wenn ihre Richtung durch den Schwerpunkt des betreffenden Körpers geht und ein bewegter Körper wird nur dann sein Kraftmoment ungeschwächt als lebendige Kraft äußern, wenn die Bewegungsrichtung von seinem Schwerpunkte ausgeht. Beide Fälle sind praktisch sehr wichtig.

Das Balanciren.

Man balancirt einen Körper, wenn man ihn im labilen Gleichgewichte zu erhalten sucht, also ihn an der Stelle unterstützt, an welcher die Schwerlinie aus ihm heraustritt. Wenn also die Schwerlinie seitwärts von dieser Stelle zu kommen droht, so muß man die Unterstützung sofort nach dieser Seite hin verlegen, bis der obige Zweck erreicht ist, was eine besondere Übung zur Ausbildung dieser Geschicklichkeit verlangt. Es gehört dazu ein gutes Augenmaß und eine schnelle und leichte Beurtheilung des Unterschiedes des Druckes, welchen ein Körper nach der Lage seines Schwerpunktes verursacht.

Ein Körper läßt sich um so leichter balanciren 1) je länger er bei bestimmtem Gewichte und bei bestimmter Entfernung seines Schwerpunktes vom Unterstützungspunkte ist, 2) je höher unter übrigens gleichen Umständen über dem Unterstützungspunkte der Schwerpunkt liegt, 3) je gewichtiger bei bestimmter Länge und Lage des Schwerpunktes er ist.



(Fig. 39.)

Sind oa und os (Fig. 39) ungleich lange, in o zu balancirende Körper, und kommen sie, indem sie um denselben Winkel aoc von der lothrechten Lage abweichen, in die Lage oc und or ; so beschreibt der längere mit seinem Endpunkte a einen größeren, also eher wahrnehmbaren Bogen ac , als der kürzere mit dem Punkte s . Man wird also bei dem längeren Körper den Stützpunkt o schon bei einem kleineren Abweichungswinkel zu verlegen Veranlassung finden, um das Fallen zu verhindern, als bei dem kürzeren.

Wenn ferner bei derselben Länge oa und demselben Gewichte zweier Körper der Schwerpunkt des einen in s , des anderen in e läge; so würde bei derselben Abweichung beider von der lothrechten Lage der Schwerpunkt s nach r und e nach x , jener also mit seiner Schwerlinie rv weiter, als x mit der seinigen, welche xu ist, von dem Unterstützungspunkte o zu liegen kommen und in jenem Falle der Gewichtsunterschied oder der verminderte Druck auf o eher wahrgenommen werden, als in diesem.

Endlich ist auch klar, daß von zwei gleich langen Körpern, deren Schwerpunkte in gleicher Entfernung vom Unterstützungspunkte liegen, der leichtere sich schwerer wird balanciren lassen, weil er bei einer ge-

wissen Abweichung einen geringeren Unterschied des Druckes gegen den früheren darbieten wird, als der schwerere Körper.

Ein Degen läßt sich schwerer am Griffe, als auf der Spitze, eine Pfauenfeder schwerer, als ein gleichlanger Holzstab und dieser schwerer, als ein ebenso langer Eisenstab im labilen Gleichgewichte erhalten.

Von den drei Stücken zweier zu balancirenden Körper, nämlich den Längen, den Gewichten und den Entfernungen der Schwerpunkte von dem Unterstützungspunkte, können je zwei gleich und das dritte verschieden oder je zwei ungleich und das dritte gleich oder alle drei verschieden sein, so daß es im Ganzen 7 Fälle gibt.

Man balancirt sich selbst, wenn man seinen Körper auf einer schmalen und dabei vielleicht noch wankenden Unterlage (auf einer Stange, einem ausgespannten Seile) im labilen Gleichgewichte zu erhalten sucht.

Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers liegt gegen die Mitte des Unterleibes. Um es leichter zu verhindern, daß die von ihm ausgehende Schwerlinie seitwärts von der Unterstützungsstelle falle, streckt man beide Arme aus, oder faßt eine gleichmäßig beschaffene Stange, Balancirstange, in ihrer Mitte an. Es hat nämlich jeder der beiden Arme, so wie jeder der beiden hervorragenden Stangentheile seinen eigenen Schwerpunkt, welcher durch das Auf- und Abwärtsbewegen der Arme oder das Hin- und Herschieben der Stange je nach dem Bedürfnisse verlegt werden kann. Droht z. B. der Körper nach links hin zu fallen, so bringt man den linken Arm dem Körper näher oder schiebt die Stange mit ihren Schwerpunkten nach rechts. Je weiter diese Schwerpunkte von dem Körper entfernt liegen, desto leichter kann man sich balanciren, weil eine kleine Verlegung derselben zur Herstellung des Gleichgewichtes hinreicht und, ist es sehr gestört, die Möglichkeit, es wieder zu erlangen, größer ist. Daher sind die längeren und noch dazu gegen das Ende mit Blei ausgelegten Stangen vortheilhafter, als die kurzen und leichten.

Wenn man statt der Stange einen starken, an beiden Seiten nach unten gebogen Draht mit schweren Kugeln an den Enden festhält, so wird man selbst unwillkürlich bei jeder Lage des Körpers dann balanciren, wenn der Schwerpunkt des Ganzen unter dem Stützpunkte liegt; denn das Ganze ist im Stützpunkte wie aufgehängt und somit im stabilen Gleichgewichte.

Man kann daher kleine Figuren zu sehr geschickten Seiltänzern machen. Bringt man die Vorrichtung aus der Lage des Gleichgewichtes, so kehrt sie wie ein hängender Körper durch eine Reihe von Schwingungen immer wieder dahin zurück.

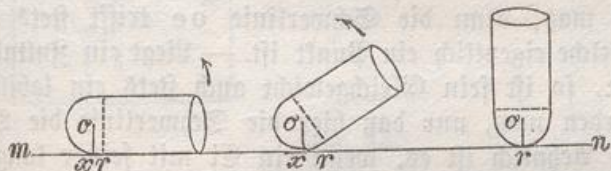
Durch ähnliche Vorrichtungen wird es u. a. erreicht, daß eine Figur einige Zeit den Mund abwechselnd auf- und zumacht, daß sie die Augen verdreht, daß sie mit einer Säge zu sägen, mit einem Hobel zu hobeln scheint.

Man kann auf einer Nadelspitze drei Messer oder Gabeln gleich-

zeitig scheinbar balanciren, eigentlich aber hängen lassen, wenn man an die beiden Enden der mittelsten die beiden anderen durch Anstechen nach unten anbringt.

Das Streben nach stabilem Gleichgewichte.

Das Streben eines Körpers nach dem stabilen Gleichgewichte zeigt sich stets darin, daß der Schwerpunkt desselben stets die tiefste, d. h. der Erde am nächsten kommende Stelle einzunehmen sucht. Dies zeigt sich auch dann, wenn der Körper sich frei in der Luft (Luftballon) oder im Wasser (Schiff) bewegen kann. Ein fester Körper wird auf einem anderen festen nicht eher zur Ruhe kommen, als bis seine Schwerlinie die unterstützende Stelle trifft.



(Fig. 40.)

Hat ein Tringlas einen dicken halbkugelförmigen Boden, so daß der Schwerpunkt o (Fig. 40) in ihm liegt, so wird es weder in horizontaler, noch in schiefer Lage auf einer horizontalen Ebene mn liegen bleiben, weil die Schwerlinie ox aus dem Körper nicht da hervortritt, wo er unterstützt wird, sondern seitwärts (hier links von r) und daher muß das Glas in der Richtung der Pfeile sich erheben, bis es nach einigen Schwankungen die dritte Lage angenommen hat. Das sind die sogenannten Taumelbecher. Hierher gehören auch die Stehaufmännchen, welche man aus Kork oder dem Marke der Sonnenrosenstaude anfertigt und ihnen an den Füßen eine halbe Bleikugel anklebt.

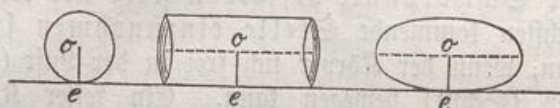
Falsche Würfel, mit denen man immer eine große Augenzahl wirft, haben auf der entgegengesetzten Seite, also in der Nähe der Seiten mit wenigen Augen im Innern ein Stück Blei, so daß letztere unten zu liegen kommen.

Die Stocklaternen hängen an einer in ihren Lagern drehbaren Ase, welche auch bei schiefer Lage des Stockes, an dessen Ende eine Gabel diese Ase trägt, gestattet, daß der Schwerpunkt stets unter sie zu liegen kommt, wodurch die Laternen in lothrechtlicher Richtung erhalten werden.

Da die Schiffe auf den Meeren einer mehrseitigen Schwankung ausgesetzt sind, so mußte man darauf denken, die zu Kompassen dienenden Magnetnadeln stets in horizontaler Lage zu erhalten. Dieses wird dadurch erreicht, daß man drei aufeinander lothrechte kreisförmige Ringe anwendet, von denen der mittelste und kleinste mit seiner Ase in dem zweiten und dieser ebenso in dem äußersten und größten sich dreht. An

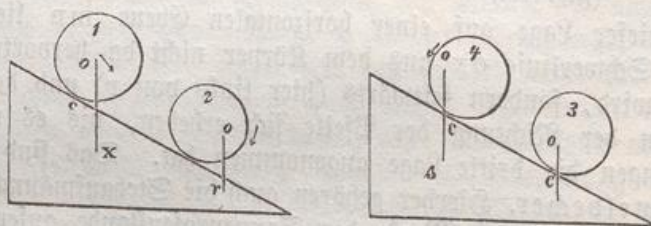
der drehbaren Axe des innersten Ringes befindet sich der Kompaß so angebracht, daß sein Schwerpunkt stets unterhalb der Axe liegt.

Dieses ist das schon bei der Kollampe des Kardanus angewendete Prinzip. Eine solche mit Del versorgte Lampe kann man auf den Dielen hinrollen, ohne daß sie übergießt. — Etwas Aehnliches hat man häufig bei Küchenlampen. Der Kardansche Ring hat aber bloß zwei auf einander winkelrechte Ringe mit zwei diametralen Drehungsaxen.



(Fig. 41.)

Die Kugel, deren Mittelpunkt o der Schwerpunkt ist, befindet sich auf einer horizontalen Ebene stets im labilen Gleichgewichte, wie sie auch gerollt werden mag, denn die Schwerlinie oe trifft stets die unterstützte Stelle e , welche eigentlich ein Punkt ist. — Liegt ein Zylinder auf einer solchen Ebene, so ist sein Gleichgewicht auch stets ein labiles, wie er auch gerollt werden mag, nur daß hier die Schwerlinie die Berührungslinie trifft. — Aehnlich ist es, wenn ein Ei mit seiner langen Axe parallel zur Ebene liegt.



(Fig. 42.)

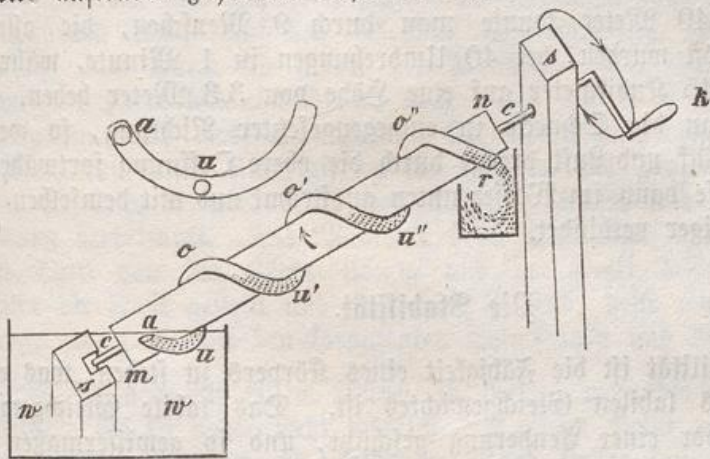
Anders ist es, wenn jene Kugel auf einer schiefen Ebene liegt (Fig. 42); denn hier fällt die Schwerlinie ox unterhalb der unterstützten

Stelle c und sie muß deshalb fortwährend herabrollen.

Ist der Schwerpunkt o nicht im Mittelpunkte, wie wenn man in einer Holzkugel dicht unter ihrer Oberfläche ein Stück Blei angebracht hat; so wird der Körper (auch Zylinder, Scheibe u. a.) auf der schiefen Ebene eine Strecke abwärts rollen, oder ruhen oder sogar eine Strecke aufwärts rollen, jenachdem die Schwerlinie or unterhalb der unterstützten Stelle die Ebene trifft, oder in ihr oder oberhalb einschneidet; im ersten und dritten Falle aber schließlich auch zur Ruhe kommen und die Lage des zweiten annehmen. — Jeder beliebige Körper wird auf einer schiefen Ebene ruhen, wenn seine Schwerlinie die unterstützende Stelle trifft.

Statt einer schiefen Ebene kann man sich zweier Billardstäbe bedienen, die man unter einem spitzen Winkel mit ihren spitzen Enden aneinander legt. Eine hier aufgelegte Billardkugel rollt scheinbar aufwärts nach den dickeren Enden der Stäbe hin; ihr Schwerpunkt aber geht in

der That dabei an immer tiefere Stellen, so daß sie herabrollt. —
 Ähnlich ist es mit einem Doppelkegel (zwei gleiche grade Kege, mit
 ihren Grundflächen an einander gefügt), welchen man zwischen die Schenkel
 zweier aufwärts gehenden Schienen legt.



(Fig. 43.)

deutet, wo bei u die Ruhelage der Kugel ist.

Ist nun mn ein Zylinder, liegt derselbe mit seiner Axe cc auf den
 Ständern ss, ist um ihn spiralförmig eine Röhre auour gewunden,
 hat er gegen den Horizont eine Neigung von etwa 45 Graden und
 legt man bei a eine kleinere Kugel in den von da nach dem nächsten u
 herabgehenden Röhrentheil; so wird diese Kugel bis zum tiefsten Punkte u
 herabrollen und nach wenigen Schwingungen daselbst liegen bleiben. Dreht
 man aber an der Kurbel k den Zylinder mit der an ihm befestigten
 Röhrenspirale in der Richtung der angegebenen Pfeile, so kommen die
 Punkte o, welche bei jeder einzelnen Windung die höchsten waren, immer
 tiefer herab und nehmen endlich die tiefsten Stellen u', u'' ein; also die
 Kugel, welche in u lag, ist nach der ersten halben Drehung in o, nach
 der zweiten in u', nach der dritten in o' u. s. w. bis sie endlich bei
 dieser Zeichnung nach sechs halben oder drei ganzen Drehungen in r
 angelangt ist und dort herausfallen muß. Es drehen die oberen Röhren-
 theile sich gewissermaßen zurück unterhalb der Kugel, während die Stellen,
 in denen sie sich vorher befand, höher zu liegen kommen.

Liegt nun die Spirale mit ihrem unteren Ende a so weit in einem
 Wasserbehälter ww, daß grade nur ein halber Umlauf derselben gefüllt
 ist, und dreht man wie vorhin, aber fortwährend; so wird nach drei
 Drehungen bei dem höher gelegenen r auch fortwährend das Wasser
 ausfließen, was sich dort auffangen und weiter leiten läßt.

Statt dieses frei liegenden spiralförmigen Kanales können auch um
 eine eiserne Spindel in einem aus Holz gemachten Zylinder oder Mantel

Nicht bloß
 auf einer ebe-
 nen, sondern
 auch auf einer
 ausgetieften,
 krummen ge-
 gen Horizont
 geneigten Flä-
 che wird eine
 Kugel, die ihren
 Schwerpunkt
 im Mittel-
 punkte hat, her-
 abrollen, wie
 es Fig. 43 an-

solche Kanäle angelegt werden. Diese Vorrichtung ist die Wasserschraube von Archimedes, oder die Wasserschnecke.

In Betreff der Leistungsfähigkeit dieser Wasserschnecke führen wir folgendes Beispiel an. Bei einer Länge von 5,85 und einem Durchmesser von 0,49 Meter konnte man durch 9 Menschen, die alle 2 Stunden abgelöst wurden, bei 40 Umdrehungen in 1 Minute, während einer Stunde 45 Kubikmeter auf eine Höhe von 3,3 Meter heben.

Dreht man die Schnecke in entgegengesetzter Richtung, so weicht das Wasser zurück und Luft dringt durch die obere Oeffnung fortwährend ein, so daß diese dann im Wasser unten ausströmt und mit demselben sich mehr oder weniger verbindet.

Die Stabilität.

Die Stabilität ist die Fähigkeit eines Körpers zu stehen, was eine Befestigung des labilen Gleichgewichtes ist. Das labile Gleichgewicht wird dadurch vor einer Aenderung geschützt, und so gewissermaßen zu einem stabilen gemacht, daß man die Stelle, an welcher die Schwerlinie unterhalb aus dem Körper tritt, in mindestens drei, um sie nicht in einer graden Richtung gelegenen Punkten unterstützt.

Da drei solche Punkte stets in einer bestimmten Ebene liegen, so stehen selbst auf unebenem Boden dreibeinige Stühle, Tische, Gestelle fest und man wendet daher auch beim Feldmessen und zur Aufstellung physikalischer und astronomischer Instrumente dreifüßige Stativen an.

Die Stabilität wird um so größer sein, je größer die durch die Stützpunkte nach ihren Grenzen bestimmte Fläche ist, je näher in ihrem Schwerpunkte die Schwerlinie in sie einschneidet, je näher der Schwerpunkt des Körpers ihr liegt und je schwerer er selbst ist.

Es ist demnach natürlich, daß breitspurige Wagen nicht so leicht umwerfen, als schmalgleisige; daß vierbeinige Thiere im allgemeinen fester stehen als zweibeinige und unter diesen diejenigen am festesten, welchen die Füße die größte Unterstützungsfläche gewähren; ferner, daß ein Keil fester steht, als ein Zylinder mit gleicher Grundfläche und Masse; ein Eisenkörper fester als ein Holzkörper von gleicher Form und Größe.

Stellen wir die beiden Füße in derselben Richtung, den einen hinter den anderen, so fallen wir leicht nach vorn oder hinten; wird der eine schräge vor den anderen in einiger Entfernung gestellt, so stehen wir am festesten.

Durch Bewegung des Körpers oder Aufnahme von Lasten verlegen wir den Schwerpunkt, damit die Schwerlinie beim Stehen stets zwischen die beiden Füße falle; ist die Last vorn, so legt man den Oberkörper nach hinten über, wie es auch die korpulenten Leute und die ziemlich grade stehenden Tauchervögel thun müssen; ist die Last auf dem Rücken, so beugt man sich nach vorn; ist sie an der einen Seite, so streckt man

den anderen Arm aus oder neigt sich dorthin. Geht man bergauf, so muß man sich nach vorn; geht man bergab, nach hinten überlegen. — Der Schwerpunkt muß auch verlegt werden, wenn man ein Bein hebt, einen Arm ausstreckt und sich fortbewegt. Beim Laufen fällt man eigentlich fortwährend etwas auf den jedesmal vorausgesetzten Fuß und erhebt sich auf ihm durch die Kraft der Muskeln. Die Schwerlinie wird immer vorwärts hin abwechselnd nach rechts und links gelegt und diese Verlegung durch das abwechselnde Schlendern mit beiden Armen erleichtert, bei dessen Unterlassung die Haltung des ganzen Körpers eine mehr schwankende wird, was das Gehen erschwert und weit eher Ermüdung herbeiführt. Die Manieren beim Schlendern der Arme hängen zum Theil von der Körperbildung und der Kraft desselben ab. Je breiter die Füße gestellt und je kleiner sie sind, desto wankender ist der Gang, wie z. B. bei den korpulenten Chinesinnen und den Gänzen.

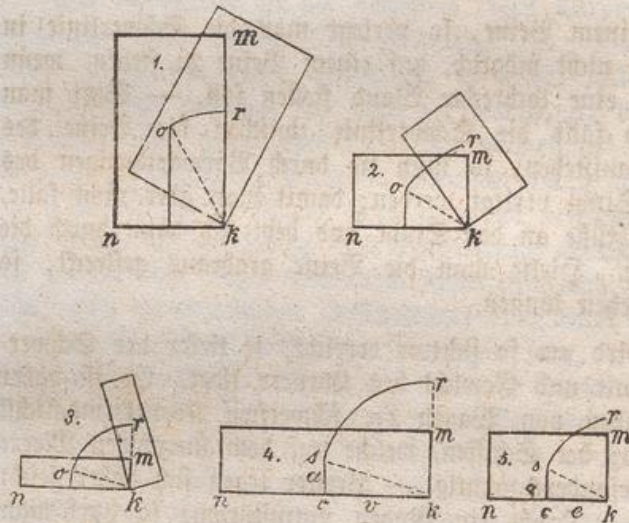
Steht man auf einem Beine, so verlegt man die Schwerlinie in dasselbe. Es ist daher nicht möglich, auf einem Beine zu stehen, wenn man dasselbe dicht an eine lothrechte Wand stellen soll. — Sitzt man auf einem Stuhle, so fällt die Schwerlinie zwischen die Beine des Stuhles. Will man aufstehen, so muß sie durch Vorwärtsneigen des Oberkörpers vor den Stuhl verlegt werden; damit man aber nicht falle, zieht man zugleich die Füße an den Stuhl und hebt sich dann durch die Muskelkraft der Beine. Hielte man die Beine gradeaus gestreckt, so würde man nicht aufstehen können.

Die Stabilität wird um so sicherer erreicht, je tiefer der Schwerpunkt bei einerlei Gestalt und Gewicht des Körpers liegt. Es ist daher angemessen beim Beladen von Wagen die schwersten Körper möglichst weit unten anzubringen; bei Schiffen, welche auf dem unruhigen Meere fahren, ist dies ganz besonders wichtig. — Bretter legen sich daher leicht auf die flache Seite. — Droht ein Wagen umzustürzen, so darf man sich nicht erheben, muß sich vielmehr auf die entgegengesetzte Seite möglichst tief herab begeben. — Da bei einer Pyramide und einem Kegele der Schwerpunkt näher an der Grundfläche liegt, als bei einem Prisma und Zylinder von demselben Stoffe und Gewichte, so stehen jene fester, als diese. — Die Füße der Lampen und anderer Gegenstände, die eine ziemliche Höhe haben und fest stehen sollen, werden mit Blei ausgegossen. — Wenn die in ihren Bestandtheilen fest zusammenhängenden schiefen Thürme zu Pisa und Bologna nicht umfallen, so liegt dies daran, weil ihre Schwerlinie immer noch die Basis trifft und die überhängenden Theile ein zusammenhängendes Ganzes bilden. Bei Mauerwerk, welches aus kleinen Backsteinen, die durch Mörtel meist, wenigstens anfänglich, nur lose zusammengefügt sind, dürfte man es nicht wagen, die Kanten und Flächen derselben aus der gegen den Horizont lothrechten Lage aufzubauen.

Das Umkanten.

Es kommt häufig vor, daß man einen Körper, welcher auf einer seiner Begrenzungsflächen eine gewisse Stabilität erlangt hat und ruht, auf eine andere benachbarte Begrenzungsfläche legen will. Es ist zu diesem Zwecke nothwendig, den Körper aus der ersten stabilen Lage auf die Kante zwischen den beiden benachbarten Ebenen ins labile Gleichgewicht und dann in die zweite stabile Lage zu bringen. Diese Arbeit nennt man das Umkanten.

Je stabiler das erste Gleichgewicht ist, d. h. je tiefer an der Grundfläche der Schwerpunkt des Körpers liegt, je größer sie ist, je mehr in ihre Mitte die Schwerlinie fällt, und je schwerer der Körper ist, desto schwieriger ist die Arbeit.



(Fig. 44.)

liegen; beim Holze liegt er am höchsten, beim Eisen am tiefsten. Sollen die Körper aus dem jetzigen stabilen Gleichgewichte ins labile gebracht werden, so muß der Schwerpunkt o lothrecht über der Kante k zu liegen kommen. Bei fester Lage der Kante k wird der Schwerpunkt des Holzkörpers den kleinsten Bogen or , der des Eisenkörpers den größten beschreiben müssen, jener sich also am leichtesten umkanten lassen.

Denken wir uns ferner zwei Körper (4, 5) wieder von gleichem Gewichte; aber ungleichen Grundflächen, über welchen die Schwerpunkte s aber gleich entfernt sind; so läßt sich der mit der größeren Grundfläche, bei welchem also der Treffpunkt c der Schwerlinie a weiter von der Kante k entfernt ist (v größer, als e), schwerer umkanten, weil bei ihm der Schwerpunkt einen größeren Bogen zurück zu legen hat, als bei dem anderen.

Nehmen wir zunächst drei gleich schwere Körper (Fig. 44) 1, 2, 3, nm von verschiedenen Stoffen, z. B. Holz, Sandstein und Eisen an, welche eine gleiche und gleichgestaltete Grundfläche und lothrecht darauf gestellte Seitenflächen haben; so werden die Schwerpunkte o von ihnen in ungleicher Höhe über der Basis nk

Daß unter übrigens gleichen Umständen der schwerere Körper auch schwerer umzukanteten ist, dürfte nun wohl eines Beweises nicht weiter bedürfen.

Daraus ergibt sich also, daß man einen Körper, welchen man möglichst leicht umkanten will, wenn irgend thunlich, immer so legen muß, daß sein Schwerpunkt möglichst hoch zu liegen kommt.

Diese Betrachtungen führen uns zu dem Schlusse, daß der feste Stand oder die Stabilität eines Körpers im graden Verhältnisse mit seinem Gewichte und der Entfernung des Treffungspunktes der Schwerlinie in die Grundfläche von der Umkantungslinie, aber im umgekehrten Verhältnisse des Abstandes seines Schwerpunktes von der Grundfläche steht.

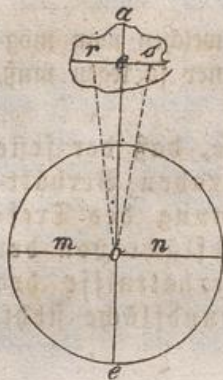
Vom Gewichte.

Zufolge der Anziehung, welche die Erde auf jeden Körper an ihrer Oberfläche ausübt und ihn nöthigt bei ihr zu bleiben, übt er oberhalb seines Schwerpunktes einen Zug und unterhalb desselben einen Druck aus. Die Stärke dieses Zuges oder Druckes nennt man das Gewicht des Körpers und dieses richtet sich bei einem bestimmten Stoffe nach der Menge der Stofftheile von bestimmter Größe und bei verschiedenen Stoffen nach dem Wesen des Stoffes oder seiner Atome. Es ist natürlich, daß Körper auch aus verschiedenen Stoffen dasselbe Gewicht haben können und dann ist ihre Masse gleich.

Es ist klar, daß man die Begriffe Schwere und Gewicht nicht verwechseln darf: jene ist die gegenseitige Anziehung der Erde und eines Körpers außerhalb ihr, dieses ist eine Folge von jener oder eine von ihren Aeußerungen, zu denen wir auch das Fallen rechnen. Alle Körper an der Erdoberfläche sind zwar als gleich schwer anzusehen (fallen auch gleich schnell), weil die Anziehung der Erde gegen die Körper auf ihr als unendlich groß zu betrachten ist gegen die Anziehung, welche sie auf die Erde ausüben; aber nicht als gleich gewichtig, weil die Summe der Kräfte, womit jedes Körperatom von der Erde angezogen und wodurch der Druck oder Zug ausgeübt wird, von ihrer Menge und Beschaffenheit, also von der Masse des Körpers abhängt.

Wir können zwar die Größe des Druckes oder Zuges aus der Wirkung auf unsere Muskelkraft einigermaßen beurtheilen, es gibt dies aber keinen sicheren Maßstab, weil, wenn wir z. B. kränklich sind, derselbe Körper uns gewichtiger zu sein scheint, als es bei voller Gesundheit der Fall ist. Manche Menschen haben freilich durch fortgesetzte Uebung, welche beim Mangel an anderen Mitteln eine Nothwendigkeit war, eine erstaunliche Fertigkeit erlangt, das Gewicht von Körpern annähernd zu schätzen oder durch das Gefühl sie abzuwägen; aber es ist

dies bei großen Massen nicht ausführbar und bei sehr geringen ganz unzuverlässig.



(Fig. 45.)

betreffenden Theile der Erde auf derselben Seite jener Ebene liegen, vollkommen gleich stark an, nämlich m das r und n das s . — Statt dessen können wir aber auch die von dem Mittelpunkte o ausgehende Gesamtwirkung der Erde auf die Theile r und s setzen, so daß die Schwerpunkte der Theile r und s von o in gleicher Entfernung sind oder die Verbindungslinie derselben in eine horizontale Richtung geführt und erhalten werden.

Dies ist der Grundgedanke, welcher beim Abwägen der verschiedenartigsten Körper festgehalten werden muß. Im gewöhnlichen Leben wird auf die verschiedenen Orte der Erdoberfläche, an denen das Abwägen geschieht, und auf den Einfluß der Luft und deren verschiedene Dichtigkeit nicht Rücksicht genommen. Aber so viel ist sofort klar, daß ein bestimmter Körper einen um so geringeren Druck ausüben muß, je mehr wir uns von dem Erdmittelpunkte entfernen, also wenn wir aus dem Thale den benachbarten Berg besteigen, oder wenn wir von den Polen her nach dem Aequator gehen. Der Einfluß der Luft soll später besonders betrachtet werden.

Um nun die Gewichte verschiedener Körper mit einander vergleichen zu können und eine genaue Vorstellung von dem Gewichte eines jeden einzelnen Körpers zu erlangen, muß man den Druck oder das Gewicht eines Körpers aus einem bestimmten Stoffe von bestimmter Größe und bestimmter Dichte als Normalgewicht oder als Maßeinheit annehmen und von ihr dann zweckmäßige Unterabtheilungen machen.

Die Metalle haben selbst in ihrer Reinheit nicht stets einerlei Dichtigkeit und noch weniger ist es bei anderen festen Körpern der Fall. Als zu einer Maßeinheit für die Gewichte ist das vollkommen reine, von fremdartigen Körpern freie Wasser, welches keinem Drucke ausgesetzt ist, bei 4 Grad Wärme (nach dem Thermometer von Celsius) geeignet. Bei dieser Temperatur hat es nämlich seine größte Dichtigkeit.

In Frankreich hat man das Gewicht eines Kubikzentrums (oder den millionsten Theil von dem Gewichte eines Kubikmeters) solchen Wassers im luftleeren Raume als Einheit genommen und Gramm genannt. 1000 Gramm geben ein Kilogramm und dies ist das Gewicht von einem Kubikdezimeter (1000 Kubikzentimeter) oder einem Liter Wasser.

Das Gramm zerfällt nun in zehnthellige Unterabtheilungen mit den Namen Dezigramm, Zentigramm, Millegamm, so daß diese nach der Reihe $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ eines Grammes sind.

1 preussisches Pfund ist gleich 0,4677110 Kilogramm oder 467,711 Gramme, 1 Wiener Pfund ist gleich 0,5600164 Kilogramm oder 560 Gramme, 1 badensches oder schweizerisches Pfund ist gleich 0,5000000 Kilogramm oder 500 Gramme. Letzteres ist seit 1858 das Zollpfund.

Ein preussischer Kubikfuß Wasser wiegt 66,1 preussische oder 61,83 Zollpfunde.

Gewichtsverminderung durch eine Seitenkraft.

Jeder Körper wird zufolge seiner Masse mit einer bestimmten Kraft von der Erde angezogen. Diese lothrecht abwärts auf den Horizont wirkende Kraft, welche durch das Gewicht gemessen wird, kommt nur dann zu ihrer vollen Geltung, wenn eine andere Kraft ihr nicht irgendwie entgegenwirkt.

Nicht ohne Interesse ist der Fall, wenn eine zweite Kraft horizontal wirkt. Andere Fälle kommen später zur Sprache.

Ein Trappe, welches ein schwerfälliger Vogel mit verhältnißmäßig nicht großen Flügeln ist, wird durch sein ganzes Gewicht, welches man durch eine beliebige grade Linie ausdrücken kann, an dem Erdboden festgehalten, wenn er still steht. Es wird ihm nicht gelingen von der Stelle aufzusteigen; er läuft also, indem er eine zweite Kraft, seine Muskelkraft, in Anspruch nimmt, mit ausgebreiteten Flügeln horizontal vorwärts. Aus diesen zwei Kräften entsteht eine Resultirende, welche gegen den Horizont einen um so kleineren Winkel bildet, je schneller er läuft, indem die horizontale Seite des Parallelogramms der Kraft wächst. Je kleiner aber der Winkel wird, desto kleiner wird auch die Kraft, mit welcher der Vogel noch lothrecht abwärts gezogen wird und um so eher kann er sich durch seine Flügel erheben. Dasselbe gilt von den Gänsen und vielen anderen Vögeln.

Ein Schlittschuhläufer wird um so gefahrloser über eine dünne Stelle des Eises hinwegkommen, je schneller er fährt. — Ähnliches gilt von dem mehr oder minder schwerfälligen Gange der Menschen, namentlich aber von Eisenbahnzügen, welche um so weniger auf die Schienen drücken, je schneller sie fahren. Ein sehr schnelles Laufen und Fahren nähert sich in der That dem Fliegen, was auch der gewöhnliche Sprachgebrauch angenommen hat. Das sehr schnelle Fahren kann einem Eisen-

bahnzuge weniger dadurch gefährlich werden, daß er über Stellen kommt, an denen die Schienen eine schwache Unterlage haben, als wenn ein Sturmwind ihn von der Seite trifft; denn er kann dann, wie es, ich glaube in England, schon einmal vorgekommen ist, um so leichter auf die Seite geworfen, oder aus den Schienen gehoben werden. Man muß also bei starken von der Seite, namentlich lothrecht ankommenden Stürmen langsamer fahren.

Ähnliche Betrachtungen finden statt, wenn auch andere Kräfte unter anderen Winkeln gegen die Richtung der Schwerkraft, ja ihnen gradlinig entgegengesetzt einwirken.

Gleichgewicht dreier Kräfte an einer starren Linie.

Die Masse eines Körpers kann als die Kraft angesehen werden, mit welcher die Erde den Körper anzieht. Bei einem einzelnen Körper greift diese Kraft in seinem Schwerpunkte an und sein Gewicht ist das Maß derselben.

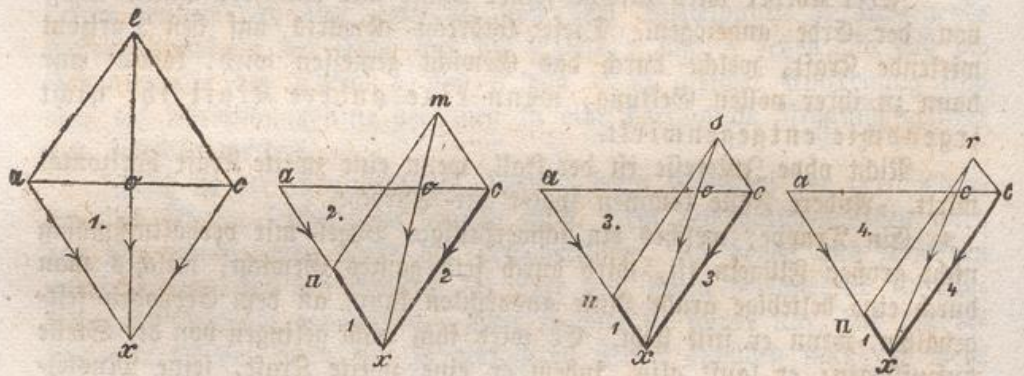


Fig. 46.

Hat man nun zwei Körper, deren Schwerpunkte *a* und *c* (Fig. 46) sein sollen und denkt man sich diese durch die schwerlose, horizontale und starre grade Linie *ac* verbunden, so entsteht die Frage:

wo liegt der Angriffspunkt der Resultirenden der Schwerkräfte dieser verbundenen Körper?

Denkt man sich in *x* den Mittelpunkt der Erde, so sind *xa* und *xc* einander gleich und *axc* ist ein gleichschenkeliges Dreieck. Sind die Massen in *a* und *c* einander gleich (Fall 1), so können *xa* und *xc* als die Maße der auf sie wirkenden Anziehungskräfte der Erde, oder als die Schwerkräfte angesehen werden und der Angriffspunkt ihrer Resultirenden *xe* geht durch den Halbierungspunkt der *ac*.

Ist die Masse in *c* das Doppelte von der in *a* (2), so wird für letztere das Maß nur $xu = \frac{xa}{2}$ sein. Zeichnet man aus *xu*, *xc* und

dem Winkel uxc das Parallelogramm der Kräfte, nämlich $xumc$ und darin die Diagonale xm ; so schneidet sie die ac in o so, daß ao das Doppelte von co ist.

Ist die Masse in c das Dreifache (3) von der in a , die $xc = 3.xu$ und zeichnet man aus xu , xc und Winkel uxc das Parallelogramm, so schneidet seine Diagonale xv die ac so, daß ao das Dreifache von co ist.

Wäre die Masse in c das Vierfache (4) von der in a und in gleicher Weise $xc = 4.xu$, so muß der Angriffspunkt o der Resultirenden so in der ac so liegen, daß ao das Vierfache der co ist.

In dieser Weise kann die Betrachtung fortgesetzt werden für jedes Verhältniß der beiden Massen, die durch eine grade Linie, von deren Gewichte wir einstweilen abgesehen haben, verbunden sind.

Daraus ist also der Schluß zu ziehen:

der Angriffspunkt der Resultirenden aus den Schwerkräften zweier Körper liegt in der Verbindungslinie ihrer Schwerpunkte so, daß seine Entfernungen von diesen sich wie umgekehrt diese Kräfte verhalten.

Ist, wie wir oben angenommen haben, x der Erdmittelpunkt, so werden die von ihm aus nach a und c , welche eine verhältnißmäßig nur geringe Entfernung von einander haben, gezogenen graden Linien in der Nähe der ac als parallel unter einander und als senkrecht auf ac ohne einen irgend merklichen Fehler sich ansehen lassen.

Aus bekannten Betrachtungen ist ferner klar, daß eine Kraft, welche in o angreift, der in den verschiedenen Fällen sich ergebenden Resultirenden gleich ist, und ihr gradlinig entgegengesetzt wirkt, diese Resultirende, also auch die ursprünglichen beiden Kräfte aufhebt oder das Gleichgewicht mit ihnen herstellt, so daß dadurch der Punkt o zu einer festen Lage gelangt, um welche die Linie ac drehbar gedacht werden kann.

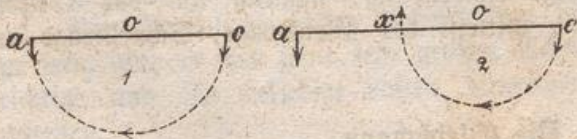


Fig. 47.

Ist die starre Linie ac (Fig. 47) um o als festen Punkt drehbar, so können wir in a und c beliebige Arten von Kräften (z. B. Menschenkräfte, Pferdekräfte, die an der Wage eines Wagens angreifen) in einer lothrechten Richtung, so daß sie ganz zur Wirkung gelangen, auf ac einwirken lassen, ohne daß für das Gleichgewicht eine andere Bedingung eintritt, als die obige.

Dreht man a nach unten (1), so geht c nach oben; ist aber in c eine auch nach unten wirkende Kraft angebracht, so will sie a nach oben drehen. Ist oa gleich oc und die Kraft in c gleich der in a ; so ist es, als wäre die Kraft in c von da nach a verlegt und als wirkten

Ist die starre Linie ac (Fig. 47) um o als festen Punkt drehbar, so können wir in a und c beliebige Arten von Kräften (z. B. Menschenkräfte, Pferdekräfte, die an der Wage eines Wagens an-

nun in a zwei gleiche einander gradlinig entgegengesetzte Kräfte, welche einander aufheben; also heben die in a und c der um o drehbaren Linie a c angreifenden, und nach einerlei Richtung (beide nach oben), wirkenden Kräfte einander auf.

Ist aber o c kleiner als o a (2), so müßte zur Herstellung des Gleichgewichtes die Kraft in c so viel mal größer, als die in a sein, wie viel mal o c kleiner, als o a war. Nun ist nach dem Gesagten klar, daß man den Angriffspunkt der größeren Kraft von c nach x verlegen kann, wenn o x gleich o c ist und sich weiter nichts ändert.

Jetzt wirkt die Kraft in a nach unten, die in x nach oben, wie es die Pfeile andeuten und das Gleichgewicht bleibt ganz unter der obigen Bedingung, obwohl der Drehpunkt o der starren Linie a o jetzt der eine ihrer Endpunkte ist, die Kräfte auf derselben Seite von ihm und nach entgegengesetzter Richtung wirken.

Es ergibt sich daher als allgemeines Gesetz:

zwei beliebige Kräfte, welche an beliebigen Punkten einer um einen gewissen Punkt drehbaren Linie angreifen und lothrecht auf sie wirken, verhalten sich zu einander wie umgekehrt die Entfernungen der Angriffspunkte vom Drehpunkte, wenn sie das Gleichgewicht herstellen.

Weil für den Fall des Gleichgewichtes $k : K = E : e$ steht, wenn k u. K die beiden Kräfte, e u. E die dazu gehörigen Entfernungen sind; so muß $ek = EK$ sein, d. h. die Produkte aus den Kräften und ihren Entfernungen vom Drehpunkte, die man statische Momente nennt, müssen einander gleich sein. Sind also die Entfernungen gleich, so müssen es auch die Kräfte sein und umgekehrt; verhalten sich aber die Entfernungen wie 1 : n, so verhalten sich die Kräfte wie n : 1.

Von diesen Betrachtungen machen wir im praktischen Leben zunächst eine dreifache höchst wichtige Anwendung, nämlich um das Gewicht von Körpern zu bestimmen, mittelst der Gleichwage, Schnellwage und Brückenwage.

Die Gleichwage.

Im praktischen Leben ist es von der größten Wichtigkeit, Mittel zu besitzen, um die uns durch den Erdkörper selbst dargebotene Möglichkeit, die Massen der verschiedenen Körper aufs genaueste zu bestimmen, zur Wirklichkeit zu machen. Die zu diesem Zwecke angefertigten Instrumente sind die Wagen, welche je nach den verschiedenen Zwecken eine verschiedene Konstruktion haben, denn man hat theils sehr große Lasten abzuwägen, theils das Gewicht außerordentlich kleiner und zarter Körper zu bestimmen, bei denen es wegen ihres hohen Werthes (Gold, Diaman-

ten), oder ihrer Bedeutsamkeit für die Gesundheit (Medikamente) oder wissenschaftlicher Untersuchungen wegen (Chemie) auf sehr geringe Gewichtsunterschiede ankommt. Man hat in beiden Beziehungen bereits Vorzügliches geleistet, so daß eine Wage es z. B. angibt, wenn ein mit Salzwasser getränktes und dann vollständig getrocknetes ganz kleines Stückchen Löschpapier aus der feuchten Luft etwas Wasserdünste angezogen hat.



Fig. 48.

bestimmt sind, so angebracht, daß die Befestigungspunkte m und n eine unverrückbare Lage haben. Das Ende der Gabel hat noch eine Vorrichtung o, um sie frei aufhängen zu können. Statt der die Axe des Wagebalkens tragenden Schere kann auch ein Ständer genommen werden und statt die Zunge vom Balken aus lothrecht aufwärts gehen zu lassen, kann sie auch an dem Ständer lothrecht abwärts gerichtet sein.

Die Herstellung dieser Bedingungen scheint nun zwar ganz einfach zu sein, aber es hat seine sehr großen Schwierigkeiten, eine vollkommen richtige und für beliebige Lasten hinreichend empfindliche Wage herzustellen.

1) Es ist zunächst ein wesentliches Erforderniß einer guten Wage, daß der Wagebalken sowohl für sich, als auch mit den bloßen Wageschalen und endlich noch mit den angebrachten Lasten eine horizontale Lage habe. Hierbei sind drei Paare von Schwerpunkten und die Lage ihres gemeinschaftlichen Schwerpunktes gegen den Drehungspunkt des Balkens zu berücksichtigen: nämlich jeder Arm des Balkens hat seinen, jede Wageschale und jede Last hat ihren Schwerpunkt.

Denkt man sich die Schwerpunkte der Arme durch eine grade Linie, die Längsaxe des Balkens, verbunden und läge der Drehpunkt im ge-

Eine gewöhnliche Gleichwage (Fig. 48) besteht aus einem unbiegsamen hölzernen oder metallenen möglichst leichten Wagebalken mn, in dessen Mitte lothrecht die Zunge cc angebracht ist; etwas oberhalb seines Schwerpunktes geht durch ihn, lothrecht auf ihm und auf der Zunge, die daran befestigte kurze Axe a; die Axe ruht mit ihren Enden in den Oeffnungen zweier Scheiben, welche sich an einer Gabel re befinden, zwischen deren beiden Theilen die Zunge bei der Bewegung des Balkens spielt. An den von der Axe gleich entfernten Enden des Balkens sind durch drei Schnüre oder Ketten die beiden Wageschalen, statt deren auch Scheiben genommen werden können, die zur Aufnahme von verschiedenen Körpern und Gewichten

meinschaftlichen Schwerpunkte des ganzen Balkens, so würde dieser im indifferenten Gleichgewichte sein, in jeder Lage ruhen und die allergeringste Belastung auf der einen Seite würde den Balken lothrecht ins stabile Gleichgewicht stellen, wobei vorläufig auf den Reibungswiderstand an der Drehungsaxe keine Rücksicht genommen wird.

Läge der Drehungspunkt unter der Aze des Balkens, so würde nur dann, und zwar labiles Gleichgewicht vorhanden sein, wenn der Drehungspunkt genau lothrecht unter dem gemeinschaftlichen Schwerpunkte läge, was aber praktisch ebensowenig ausführbar ist, als wenn man eine kleine Kugel auf einer Nadelspitze balanciren wollte.

Es wird also der Wagebalken nur dann eine horizontale Lage annehmen, wenn er mit den Wageschalen und den angebrachten Lasten im stabilen Gleichgewichte ist, d. h. wenn der gemeinschaftliche Schwerpunkt unter dem Drehungspunkte sich befindet.

Es kann sein, daß der Wagebalken für sich im indifferenten Gleichgewichte ist, daß er aber durch das Anhängen der Wageschalen ins stabile gebracht wird, weil dann der gemeinschaftliche Schwerpunkt derselben unterhalb der Aze des Balkens liegt.

Da das stabile Gleichgewicht ein um so festeres ist, je tiefer der Schwerpunkt liegt, so darf er bei guten Wagen nur wenig unter der Drehungsaxe liegen; denn je tiefer er liegt, einen desto größeren Weg muß er zurücklegen, um eine Abweichung des Wagebalkens von der horizontalen Lage oder einen Ausschlag erkennen zu lassen, welcher also nur durch ein vergrößertes Uebergewicht auf der einen Seite der Wage erzeugt werden könnte.

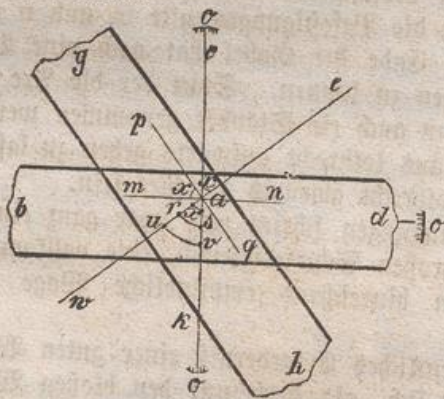


Fig. 49.

Wenn in Fig. 49 bd den horizontalen Wagebalken bedeutet, a sein Drehungspunkt ist, ac und ak die lothrecht auf ihm stehenden auf- oder abwärts gehenden Zungen sind, der Schwerpunkt des Ganzen, also des Balkens ohne oder auch mit Schalen und Belastung, das eine Mal in s, ein zweites Mal in v angenommen wird; so hat bei der neuen Lage des Balkens in der Richtung gh der Schwerpunkt s den Bogen sr, der tiefer liegende Schwerpunkt v aber den größeren Bogen vu zurückgelegt, wobei der Ausschlag der Zungen ac und ak derselbe ist. Während nämlich mn in die neue Lage pq übergeht, bewegt die Zunge ac sich nach ae, die Zunge ak nach aw, so daß die drei mit x bezeichneten Winkel einander gleich sind und den Ausschlag angeben.

Da eine größere Kraft dazu gehört, v nach u, als in derselben

Zeit s nach r hinzubewegen, so wird die Wage bei tieferer Lage ihres Schwerpunktes gegen den Drehungspunkt weniger gut sein oder es wird erst eine größere Mehrbelastung auf der einen Seite im Stande sein, einen gewissen Ausschlag hervorzubringen.

Um die genau horizontale Lage des Wagebalkens zu erlangen oder seine Lage zu prüfen, spielen entweder die Enden der Zungen an eingetheilten Kreisbogen mit einem Nullpunkte, auf welchen sie bei horizontaler Lage zeigen müssen, oder es ist seitwärts von dem Wagebalken auf einem besonderen Ständer ein solcher Bogen angebracht. Damit eine recht genaue Einstellung möglich werde, ist hinter der Zungenspitze häufig ein Spiegelchen vorhanden. Wenn Zunge und Spiegelbild einander decken, so ist der horizontale Stand erreicht.

2) Der horizontale Stand des Wagebalkens ist allein noch nicht ausreichend, um eine Gleichwage für praktisch brauchbar ansehen zu können; sie muß auch, wie man zu sagen pflegt, richtig sein. Das Gleichgewicht fand nach den obigen Betrachtungen nur dann statt, wenn ek gleich EK war und da hier eine Gleichheit zwischen k und K verlangt wird, wenn die Masse irgend eines Körpers auf der einen Seite gleich dem auf der anderen Seite angewendeten Gewichte sein soll; so müssen außer den angebrachten Massen auch die beiden Theile oder Arme des Wagebalkens gleich sein.

Nun besitzt jeder der beiden Arme aber auch eine bestimmte Masse, deren Schwerpunkt eine bestimmte Entfernung vom Drehpunkte hat, so daß die Arme für sich schon ein Gleichgewicht verlangen, welches, wenn die Massen m und M , die Abstände ihrer Schwerpunkte vom Drehungspunkte a und A heißen, durch $am = AM$ ausgedrückt ist. Es ist also mit den angehängten Lasten l und L , welche die beiden Kräfte k und K vertreten, der vollständige Ausdruck des Gleichgewichtes.

$$el + am = EL + AM.$$

Soll nun eine Gleichwage nicht bloß für einzelne Lasten l und L brauchbar sein, sondern auch für ein Vielfaches oder für einen Theil von l und L (für $nl = nL$ und für $\frac{1}{n}l = \frac{1}{n}L$); so müssen e und E , a und A , m und M einander absolut gleich sein, d. h.

soll eine Gleichwage richtig sein, so müssen beide Arme des Wagebalkens an Materiale, Länge und Dimensionen einander völlig gleich sein.

Es läßt sich nämlich ein Zustand des Gleichgewichtes für ein einzelnes l und L denken, wenn die Ungleichheiten auf beiden Seiten einander aufheben, welcher aber bei derselben Wage nicht mehr vorhanden ist, wenn man ein Vielfaches oder einen Theil von l abwägen will.

Ein solches Gleichgewicht findet statt, wenn man in dem obigen allgemeinen Ausdrucke z. B. folgende besondere Zahlenwerthe einsetzt:

$$6.3 + 3.2 = 5.3 + 3.3, \text{ was } 24 \text{ gibt.}$$

Hierbei sind die angehängten Lasten l und L gleich 3, (z. B. 3 Pfunde), die Entfernungen e und E der Aufhängepunkte 6 und 5 (z. B. 6 und 5 Zolle), die Massen m und M der beiden Arme 2 und 3 (z. B. 2 und 3 Lothe) die Abstände a und A ihrer Schwerpunkte vom Drehungspunkte 3 und 3 (Zolle). Es werden also hier die Ungleichheiten an den Armen, welche durch die Ungleichheiten ihrer Massen und ihrer Entfernungen vom Drehungspunkte hervorgebracht sind, nämlich 6 und 9 aufgehoben durch gleiche Lasten (3 und 3) bei ungleichen Entfernungen (6 und 5) ihrer Befestigungspunkte vom Drehpunkte, da $18 + 6 = 15 + 9$, beides nämlich 24 ist.

Wenn man aber bei derselben Wage statt der Lasten 3 an jedem der beiden Arme z. B. das Doppelte anbringt, so ist in den Ausdrücken $6.6 + 3.2$ und $5.6 + 3.3$.

ein Gleichgewicht nicht mehr vorhanden, indem Ersteres 42, Letzteres 39 gibt.

Es gehört also zur Richtigkeit einer Gleichwage durchaus, daß nicht nur $e = E$ oder die beiden Arme gleich sind; sondern auch, daß die statischen Momente der Arme gleich sind ($am = AM$ ist) und daß ausdrücklich hierbei nicht blos die Massen wie umgekehrt die Entfernung ihrer Schwerpunkte vom Drehpunkte sich verhalten ($m:M = A:a$, was auch $am = AM$) gibt; sondern daß einzeln $a = A$ und $m = M$ ist.

Ob nun die zwei nächsten Bedingungen wirklich stattfinden, muß vor Allem festgestellt werden.

Zu diesem Zwecke ist die horizontale Lage des Balkens nicht ausreichend, sondern es ist die gleiche Länge der Arme zu prüfen und zu bewirken. Dazu verschafft man sich zwei genau gleich schwere Wageschalen und dann auch gleiche Gewichte. Dies kann selbst mit einer Wage geschehen, deren Arme ungleich sind, wenn sie nur dabei im Gleichgewichte ist. Man bringt nämlich an den einen Arm durch ein Gewicht die eine Wageschale in's Gleichgewicht und sorgt dafür, daß die zweite Schale durch dasselbe Gewicht auf derselben Seite in's Gleichgewicht gesetzt wird.

Auf dieselbe Weise setzt man sich in den Besitz gleicher Gewichte. Man legt nämlich in die eine Schale ein Gewicht G und setzt es in der anderen durch die Gewichtstheile R in's Gleichgewicht; dann nimmt man G heraus und legt ein anderes H hinein, welches, wenn dadurch das Gleichgewicht mit R noch nicht erreicht ist, hinreichend vermindert oder vergrößert werden muß, bis es geschieht und dann sind die Gewichte G und H einander gleich.

Mit solchen gleich schweren Wageschalen und Gewichten kann man es prüfen, ob der Wagebalken, welcher für sich wohl schon im Gleichgewichte ist, auch übrigens nach den obigen Bedingungen noch richtig ist. Denn vertauscht man an ihm die Wageschalen, oder wenn dies nicht bald ausführbar

ist, die gleichen Gewichte in ihnen, so darf das Gleichgewicht nicht gestört werden, wenn er richtig ist. Läge der Drehpunkt trotz seines selbstständigen Gleichgewichtes nicht in der Mitte des Balkens, so würde der längere Arm nach Anbringung der gleichen Gewichte sinken.

Damit der Anhängepunkt der Lasten oder auch der Schwerpunkt der Arme nach den Bedürfnissen verlegt werden kann, hat man bei den guten Wagen an den Enden des Balkens kleine Schrauben angebracht. Es kann sich durch die Schraube auch ein kleines Gewicht mehr oder weniger tief in den Balken schrauben lassen.

Der Balken einer Gleichwage ist also nur dann vollkommen richtig, wenn

- 1) Die Arme gleich lang und die Befestigungspunkte für die Lasten vom Drehpunkte gleich entfernt,
- 2) die Gewichte der Arme gleich groß,
- 3) Die Schwerpunkte der Arme von dem Drehpunkte gleich entfernt und
- 4) die Schalen gleich schwer sind.

Für die Aufsichtsbehörden, deren Pflicht es ist, Uebervortheilungen im Handel zu verhüten, genügt es bei der Untersuchung der Richtigkeit einer Wage, sie durch beliebige Gewichte in den beiden Wageaschen ins Gleichgewicht zu bringen, die gebrauchten Gewichte umzutauschen und zu sehen, ob noch Gleichgewicht stattfindet.

Eine richtige Gewichtsbestimmung ist selbst mit einer Wage, welche diese Kennzeichen der Richtigkeit auch nicht darbietet, noch möglich, und zwar durch das Verfahren einer doppelten Wägung. Man legt nämlich auf die eine Seite den abzuwägenden Körper mit noch beliebigen Gewichtstheilen, bringt das Ganze durch das erforderliche Gegengewicht ins Gleichgewicht; dann nimmt man den Körper heraus und ersetzt ihn durch Gewichte, deren Werth und Richtigkeit man kennt, bis mit dem alten Gegengewichte wieder das Gleichgewicht hergestellt ist. Die den Körper ersetzenden Gewichtstücke geben sein Gewicht an. — Hierbei ist die Wage für verschiedene Fälle gleichmäßig belastet, was zu ihrem Vortheile gereicht.

3) Die dritte Bedingung für eine gute Wage ist, daß sie den für die verschiedenen Zwecke hinreichenden Grad von Empfindlichkeit zeigt, was man wohl auch Feinheit nennt. Dies ist der Fall, wenn sie bei der geringsten Mehrbelastung auf der einen Seite die Gleichgewichtslage verläßt und einen Ausschlag zeigt, was freilich um so weniger der Fall ist, je größere Lasten sie abwägen zu lassen bestimmt ist. Man mißt die Feinheit nach der Größe des Antheiles, welchen das Uebergewicht von der ganzen Last ausmacht, welche die Wage, ohne Gefahr beschädigt zu werden, wägen zu lassen fähig ist. Man fertigt Wagen an, deren Empfindlichkeit mehr, als ein Milliontel beträgt. Wenn nämlich eine Wage höchstens ein Kilogramm tragen kann, so gibt ihr ein Milligramm noch einen merkklichen Ausschlag.

Die größere Feinheit einer Wage wird erlangt:

- a) durch eine größere Länge der Wagebalken und auch der Zunge, weil man an ihnen einen kleineren Ausschlag leichter erkennt;
 b) durch die Leichtigkeit des Wagebalkens, ohne seiner Tragkraft Abbruch zu thun, also auch ohne daß er sich biegt.

Wenn sich nämlich bei einem vorhandenen Uebergewichte der Balken bewegt, so muß das Uebergewicht nicht nur die in den Wageschalen befindlichen Lasten, sondern auch die Balken gleichzeitig in Bewegung setzen und dieses wird ihm um so schwerer fallen, je gewichtiger sie sind. Dazu kommt noch, daß die Drehungsaxe des schwereren Balkens einen größeren Reibungswiderstand darbieten wird, als die des leichteren, das Erscheinen des Ausschlages in jenem Falle also schwieriger ist, als in diesem. — Würde der Balken durch die angehängten Lasten gebogen, so würde der Schwerpunkt des Ganzen tiefer unter die Drehungsaxe verlegt, was die Stabilität vergrößern, also die Empfindlichkeit vermindern würde.

Um unbiegsame und leichte Balken zu erhalten, macht man sie nach der Drehungsaxe hin stärker, als nach den beiden Enden, gibt ihnen eine größere Höhe als Dicke und fertigt sie hohl an, wie es nach den früher angegebenen Grundsätzen für die Festigkeit der Körper angegeben worden ist. Ueberdies brauchen sie nicht aus dem Ganzen zu sein, sondern können durchbrochen werden. Stahl und Eisen sind dem Einflusse des Erdmagnetismus ausgesetzt und zu ganz scharfen Wägungen wohl nicht so brauchbar wie das übrigens sehr feste Glockenmetall

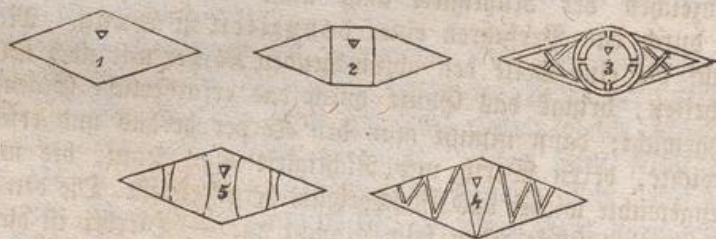


Fig. 50.

Fig. 50. gibt einige ganz brauchbare Formen und Einrichtungen an. 1) stellt zwei mit ihren Grundflächen aneinander gelegte Kegele dar; in 2) schließen die beiden Kegele sich an ein würfelförmiges Mittelstück; 3) enthält einen etwa zwei Linien dicken Metallkreis, von welchem aus solche Streben gehen, die wieder durch solche Bogen abgesteift sind; in 4) sind die etwas schwer anzufertigenden Bogen durch grade Stäbe ersetzt und in 5) ist diese Vorrichtung noch mehr vereinfacht.

c) Ein ferneres Mittel zur Erlangung einer möglichststen Empfindlichkeit der Wage ist die möglichste Beseitigung der Reibung sowohl an der Drehungsaxe des Balkens, als auch an den Aufhängepunkten der Wageschalen. Wollte man eine zylindrische Axe wählen und diese sich in

ebenso ausgetieften Lagern bewegen lassen, so würden bei jeder Lage des Balkens zu viele Berührungspunkte beider vorhanden sein. Eine ebene Unterlage würde zwar nur eine Berührungslinie darbieten, aber die Sicherheit der Schwingung über dieser Linie beeinträchtigen, wodurch die Länge der Hebelarme verändert würde. In Betreff des Materiales ist solches ausgeschlossen, welches durch die Reibung sehr leidet.

Man wendet also Stahl an und formt daraus polirte schneidensförmig zugehende Axen, bei denen der Neigungswinkel je nach der Tragkraft von 90 Graden herabgeht bis zu 30 und noch weiter. Zu Unterlagern wählt man entweder glasharten Stahl oder, was besser ist, Achat und formt sie wenig konkav, bei ganz feinen Wagen wohl auch eben, ja sogar schneidensförmig zugespitzt, so daß die Berührung beider Schneiden fast nur in einem Punkte stattfindet.

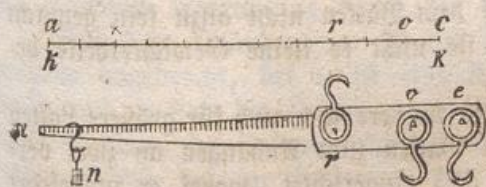
Weil aber die härtesten Körper durch häufigen Gebrauch sich abnutzen, sorgt man dafür, daß die Wage im Zustande der Ruhe entweder durch Herablassen des Balkens oder durch bewegliche Unterlagen getragen werde, wodurch man auch bei dem Gebrauche allzu lange dauernde Schwingungen vermeiden kann.

Daß die Axen auf dem Balken genau lothrecht stehen müssen, versteht sich von selbst.

d) Die Empfindlichkeit einer Wage muß mit der Verminderung der Lasten wachsen, weil die Vermehrung der Lasten die Reibung in demselben Verhältnisse vermehrt und trotz aller sinnreichen Vorrichtungen die Reibung nie vermieden werden kann.

e) Endlich hängt die Empfindlichkeit der Wage von der Lage des Drehpunktes gegen den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der beiden Lasten und der beiden Arme des Wagebalkens ab. Bei guten Wagen müssen die Angriffspunkte der Lasten mit den beiden letzten Schwerpunkten in dieselbe grade Linie fallen. Soll der Balken sich horizontal stellen, so muß dieser Drehpunkt über dieser graden Linie liegen und je näher er ihr liegt, desto empfindlicher wird die Wage sein. Bei guten Wagen ist also durch zarte Schrauben eine Vorrichtung vorhanden, um den Drehungspunkt gegen den Schwerpunkt des Balkens und der Last zu verlegen. Die Größe des Ausschlages gibt für eine bestimmte Belastung nach Anwendung eines Uebergewichtes den jedesmaligen Grad der Empfindlichkeit an.

Die Schnellwage.



(Fig. 51.)

Greifen an den zwei Endpunkten a und c (Fig. 51) einer graden Linie zwei ungleiche Kräfte k und K an, so geht die aus den beiden Kräften zusammengesetzte Mittel- oder resultierende Kraft durch den so

gelegenen Punkt o der ac , daß die beiden Theile der Linie sich wie umgekehrt die beiden Kräfte verhalten, also k zu K , wie oc zu oa . Ist z. B. k nur der zehnte Theil von K , so ist auch oc nur ein Zehntel von oa .

Die in a und c wirkenden Kräfte können auch die Gewichte zweier Körper sein, welche also nach der Erdoberfläche, d. h. nach unten wirken. Ist dann in o eine dritte Kraft angebracht, welche der Resultirenden gleich ist und ihr entgegengesetzt, also nach oben wirkt; so findet Gleichgewicht statt. Das o kann auch der feste Drehungspunkt der Linie ac sein. Findet unter den drei in a , o und c wirkenden Kräften das Gleichgewicht statt, kennt man die Größe (das Gewicht) der einen Kraft und das Verhältniß der Länge beider Arme, so ist die Größe der anderen Kraft leicht zu bestimmen. Wenn z. B. für den Drehungspunkt o die Arme oc und oa sich wie 1 zu 10 verhalten und in a ein Pfundgewicht angebracht ist, so sind in c zehn Pfunde. — Wäre das Pfundgewicht in x , so würden in c nur acht Pfunde sein u. s. f., so daß man mit dem einen an dem langen Arme verschiebbaren Gewichte im Stande ist verschiedene Lasten am kürzeren Arme zu bestimmen.

Es ist klar, daß man durch Verlegung des Drehungspunktes mittelst derselben Gewichtseinheit ebenfalls verschiedene Lasten abwägen kann. Ist z. B. r der Drehungspunkt und sind in a und c die Lasten angebracht, so verhalten sich jetzt die Arme wie 8 zu 3. Wäre also in a ein Pfund angebracht, so würden in c dadurch $\frac{8}{3}$ oder $2\frac{2}{3}$ Pfunde im Gleichgewichte erhalten.

Ist ac die Längenangabe eines Wagebalkens, o die Drehungsaxe desselben und sind für das Anbringen der Gewichte und Lasten, so wie für die Leichtigkeit der Drehung des Balkens um die stabile Gleichgewichtslage dieselben Vorrichtungen angebracht, wie bei der Gleichwage; so hat man eine Schnellwage, welche diesen Namen führt, weil man mittelst desselben Gewichtes bei seiner bloßen Verschiebung auf dem längeren Arme schneller auch große Lasten ohne Zulagegewichte abzuwägen im Stande ist. Dazu kommt der Vortheil der geringeren Reibung an der tragenden Ase, auf welche außer dem Gewichte des Balkens und der einen Schale nur noch wenig mehr, als die abzuwägende Last drückt; denn statt des bei der Gleichwage nothwendigen Gegengewichtes der Last, welches so groß wie sie ist, hängt nur noch das kleine Laufgewicht daran.

Da indeß die Eintheilung auf dem Balken nicht allzu fein gemacht werden kann, so lassen sich durch sie nicht so kleine Gewichtstheile bestimmen, als durch die Gleichwage.

Um die Schnellwage sowohl für kleinere als auch für größere Lasten geeignet zu machen, hat man den Balken zum Anhängen an zwei verschiedenen Punkten o und r (Fig. 51) eingerichtet, wobei er umgekehrt wird und zwei verschiedene Eintheilungen haben muß. Für größere

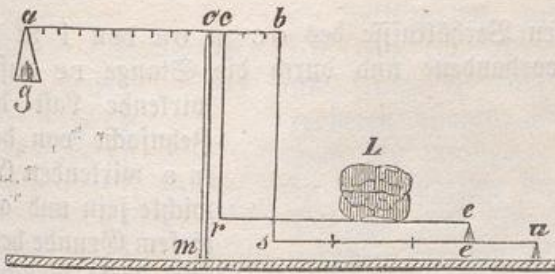
Lasten dient o als Drehpunkt, oa und oc sind die Arme; für kleinere Lasten ist r der Drehpunkt, ra und re sind die Arme.

Bei der sogenannten dänischen Schnellwage hängt der Balken in einem Rahmen und ist in ihm verschiebbar, während das Laufgewicht und die Wageschale ihre Stelle am Balken nicht verändern lassen. Die Eintheilung kann durch den Rahmen abgelesen werden. Ist der Balken lang und leicht, so lassen sich mit ihr ziemlich feine Abwägungen vornehmen.

Daß in allen Fällen die Arme für sich und mit der etwa angehängten Wageschale im Gleichgewichte sein müssen, versteht sich von selbst.

Die Brückenwage.

Bei den angeführten Wagen muß man die abzuwägende Last immer aufwärts in die Wageschale bringen. Dies ist bei schweren Lasten oft sehr umständlich oder mit einem bedeutenden Kraftaufwande verknüpft, ja unter manchen Umständen gar nicht ausführbar, wie wenn man z. B. einen beladenen oder unbeladenen Frachtwagen abwägen wollte. Wüßte man das Gewicht eines bestimmten Frachtwagens und könnte man ihn belastet abwägen, so wäre mit Bequemlichkeit das Gewicht des Frachtgutes bestimmt, ohne es abladen zu dürfen. — In England wird die Höhe des auf Landstraßen zu zahlenden Zolles nach der Größe der Belastung bei einer gewissen Breite der Radreifen bemessen, wozu eine rasche Abwägung des belasteten Wagens auf der Fläche der Landstraße selbst nothwendig ist. — Ebenso kann man schweres Frachtgut abwägen wollen.

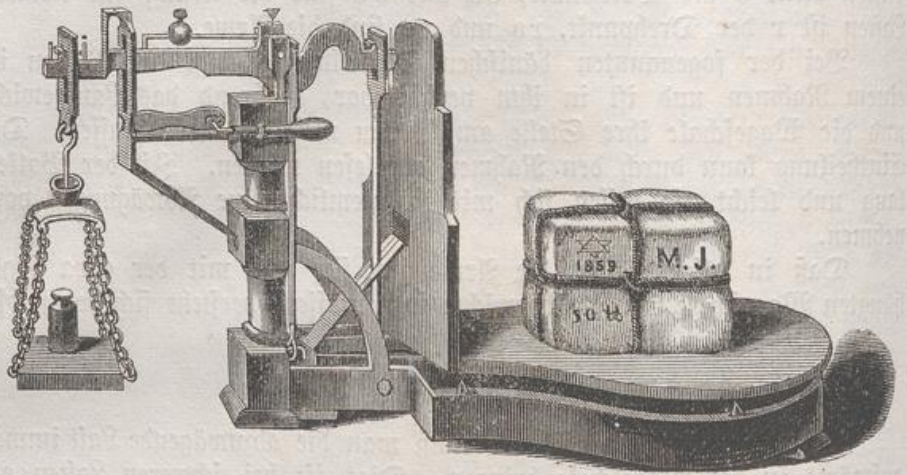


(Fig. 52.)

die besondere Einrichtung durch die folgenden Figuren leicht verstehen.

Auf dem Ständer om ist bei o als Wagebalken die Stange ab drehbar angebracht, bei a ist eine Wageschale zu Gewichten angehängt, bei c und b sind die Zugstangen cr und bs um ihre Endpunkte ebenfalls drehbar; die erstere trägt in r die in ihrem Ende e drehbar gestützte Brücke re zur Aufnahme der Last L , die letztere in s die an ihrem Ende u drehbar gestützte Stange su . Die Stütze für u kann mit dem Ständer om auf derselben Basis ruhen.

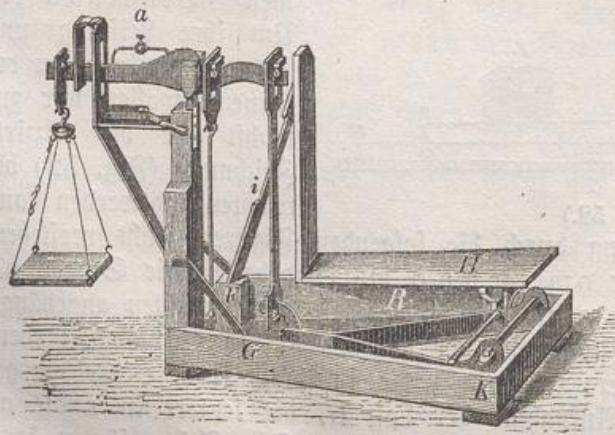
Spiller, Physik.



(Fig. 53.)

Ist oc von ob der ebensoviele Theil, als ue von us , z. B. der vierte, so verändert die Brücke ungeachtet der etwaigen Drehung von ob ihre Lage nicht; war sie also ursprünglich horizontal, so bleibt sie es und es ist, als ob die Last L in e angehängt wäre. Geht nämlich für das angeführte Verhältniß der Punkt e (also auch r) um 1 Zoll abwärts, so bewegt sich b , also auch s um 4 Zoll in dieser Richtung; geht aber s 4 Zoll, so kann e nur 1 Zoll in derselben Richtung gehen. Weil also sowohl r , als auch e stets um gleich viel (hier um 1 Zoll) abwärts oder auch aufwärts sich bewegen, so bleibt die Brücke sich selbst stets parallel.

Bei dem angenommenen Verhältnisse des oc zu oa von 1 zu 10 muß die auf der Brücke vorhandene und durch die Stange rc auf e



(Fig. 54.)

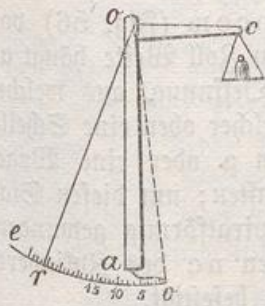
wirkende Last das Zehnfache von dem in a wirkenden Gewichte sein und aus diesem Grunde heißt auch diese Brückenscale eine Dezimalscale. Sie würde eine Zentesimalscale sein, wenn die Eintheilung so eingerichtet wäre, daß die Last das Hundertfache des Gewichtes ist.

Es ist klar, daß alle Theile der Brücke vor jeder Abwägung mit sich selbst ins Gleichgewicht gebracht sein müssen, was durch ein verschiebbares, in der perspektivischen Zeichnung (Fig. 53) bei a dargestelltes Laufgewicht an dem längeren Hebelarme bewerkstelligt wird, daß ferner zur möglichsten Verminderung der Reibung ähnliche Vorrichtungen, wie sie bei der Gleichwage erwähnt wurden, anzuwenden sind und daß man zur Schonung der schneidenförmigen Zapfen und Lager die Wage aretiren, d. h. die Beweglichkeit der Theile muß aufheben können, wie es auf der linken Seite in der Zeichnung angedeutet ist.

Um die innere Einrichtung der Dezimalwage besser zu erkennen, ist in Fig. 54 die Brücke H nur halb gezeichnet. Der darunter liegende Hebel ist nicht eine einfache Stange, sondern hat die Form eines gleichschenkligen Dreiecks, so daß der Drehungspunkt für die Brücke in den beiden Endpunkten der Basis liegt, was den Vortheil darbietet, daß die Last mehr oder weniger seitwärts auf der Brücke liegen kann, ohne daß sie ihren Druck verändert. Die Brücke selbst ist der Festigkeit wegen durch die eiserne Stange i mit dem sie stützenden Rahmen RF fest verbunden. Es ist natürlich auch gleichgiltig, ob die Last mehr oder weniger nach vorn auf der Brücke liegt; denn je näher sie ihrem Drehungspunkte liegt, desto mehr drückt sie zwar auf den unteren Hebel, aber desto weniger zieht sie auch an der Stange.

Für die Abwägung bedeutender Lasten bringt man die Wage so an, daß die Brücke mit den Dielen oder dem Fußboden in derselben Ebene liegt, um die Waaren leicht darauf wälzen oder fahren zu können.

Die Reigerwage.



(Fig. 55.)

Bilden zwei ungleich lange Stäbe oa und oe (Fig. 55) einen Winkel, ist dieser Winkel um seinen Scheitel leicht drehbar, wie bei den früheren Wagen und der längere Schenkel oa auch der massigere; so wird diese Vorrichtung in der Ruhelage sich so einstellen, daß oa fast lothrecht auf dem Horizonte ist. Hängt man an den kürzeren Schenkel eine Waageschale, so zieht sie diesen Schenkel etwas herab und oa stellt sich dadurch höher. Nun kann man einen am Ende angebrachten Draht vorwärts oder, wie in der Zeichnung, rückwärts so biegen, daß seine Spitze auf den lothrecht unter o liegenden Nullpunkt des Kreisbogens zeigt.

Wenn man nun in die Waageschale der Größe nach bekannte Gewichte legt, so wird bei deren Vermehrung der Schenkel oa aufwärts gehen und die Spitze an dem Kreisbogen nach e hinspielen z. B. bis r. Es lassen sich nun auf dem Kreisbogen Theilstriche so anbringen, daß

man dann, wenn man beliebige Körper auf die Wageschale bringt, deren Gewicht sofort ablesen kann.

Da diese Wagen sehr empfindlich sein können, so wendet man sie u. a. an, um Garn- oder Seidensträhne von gleicher Feinheit, wie man sie zu einem bestimmten Gewebe braucht, abzuwägen.

Auch kann man durch sie leicht erkennen, ob ein Körper, selbst wenn er sich in einem ganz abgeschlossenen Raume, wie z. B. in dem luftleer gemachten Raume einer Glasglocke befindet, stets dasselbe Gewicht behält. Er muß z. B. leichter werden, wenn fremdartige Stoffe aus ihm entweichen oder wenn er selbst schwindet.

Die Federwage.

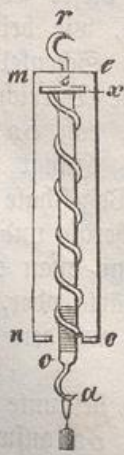
Die Federwage läßt uns das Gewicht der Körper zwar nicht allein, sondern nur zum Theil zufolge ihrer Gravitation zur Erde bestimmen; aber sie möge hier bei Anführung der andern Wagen mit erwähnt werden.

Wir kennen bereits die Eigenschaft der Elastizität der Körper, nach welcher ihre Massentheilchen gegen einander dieselbe bestimmte Lage behalten wollen, welche sie bei der Bildung des Körpers angenommen haben. Wenn nun eine Kraft, welche wie hier, auch die Schwerkraft eines Körpers sein kann, ihre Lage verändern will, so wird zu einer größeren Aenderung auch eine größere Kraft gehören. Hört die Einwirkung der Kraft auf, so nehmen die Theilchen wieder ihre ursprüngliche Lage ein, wenn sie durch jene Kraft nicht etwa gezwungen worden sind, sich vollständig von einander abzulösen, sondern wenn man innerhalb der Elastizitätsgränze bleibt.

Die Einrichtung der Federwagen kann sehr verschieden sein; wir wollen nur die beiden gebräuchlichsten Arten betrachten.

Ein hohler Metallzylinder *ncm* (Fig. 56) von etwa 6 Zollen Länge und einem Zoll Weite hängt an einem Haken *r*; unten ist eine Oeffnung, aus welcher ein Metallstab so hervorragt, welcher oben eine Scheibe *s* trägt und unten einen Haken *a* oder eine Wageschale hat zum Anhängen von Lasten; um diesen Stab ist eine elastische Metallfeder spiralförmig gewunden, und sowohl unten an dem Boden *no* des Zylinders, als auch oben an die Scheibe *s* befestigt.

Hängt man nun bei *a* verschiedene Gewichte an, so ziehen sie den Stab mit seiner Scheibe herab und die Feder wird um so mehr zusammengezogen, je mehr Gewichte angehängt sind. Wenn die Scheibe einen horizontalen Stift *x* trägt, der aus einem Schlitze in dem Zylinder hervorragt, so kann man auf der Außenfläche des Zylinders durch Theilungsstriche die verschiedenen Gewichte angeben. Statt dessen kann die



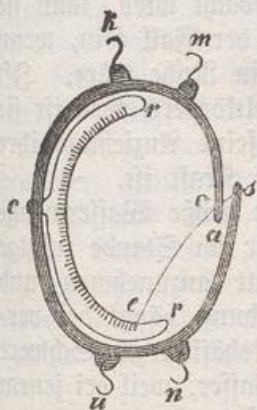
(Fig. 56.)

Eintheilung auch unten am Stabe angebracht werden; sie ist aber stets nur durch Versuche zu ermitteln.

Statt die Feder durch Ziehen könnte sie auch durch Drücken von oben zusammengebracht werden. Die dazu nöthige Einrichtung läßt sich leicht bewerkstelligen.

Die Vorrichtung könnte auch so eingerichtet werden, daß die Gewichte die Spiralfeder auseinander ziehen.

Eine andere Einrichtung besteht in einer Oförmig gekrümmten ziemlich starken flachen Stahlfeder *a c s* (Fig. 57), welche nach den beiden Enden *a* und *s* etwas schwächer gearbeitet und so eingerichtet ist, daß das eine und äußere Ende über das innere etwas übergreift; das äußere Ende *s* trägt mittelst eines Scharniers leicht beweglich eine Zunge *se*, welche bei *o* durch einen Schlitze des inneren Theiles geht und auf Null der Eintheilung zeigt, welche man auf einen bei *c* befestigten, sonst aber frei liegenden Messingstreifen *rr* anbringt. Oben ist an der Feder ein Haken *k* zum Aufhängen derselben und unten ein anderer *u*, um daselbst die Lasten anzubringen. Je schwerer diese sind, desto mehr geht die Feder auseinander und desto mehr wird die Zunge gehoben. Um die Theilungsstriche zu erhalten, muß man richtige und bekannte Ge-



(Fig. 57.)

wichte anhängen.

Je weiter die Haken zum Abhängen nach dem mittleren und dickeren Theile der Feder angebracht sind, desto größer muß die Kraft sei, um sie auf eine gewisse Entfernung auseinander zu bringen. Wenn man also noch zwei Haken *m* und *n* an Stellen anbringt, welche den dünneren Enden der Feder näher liegen, so werden kleinere Lasten die Zunge ebenso weit bewegen, als größere an den vorigen Haken. Für diese Haken wird man auf der anderen Fläche des Messingstreifens noch eine besondere Eintheilung anbringen.

Wenn auch diese Federwagen nicht eine so große Genauigkeit gestatten, zumal sie bei höherer Temperatur eine größere Ausdehnung haben und sich leichter auseinander ziehen lassen, als bei niedrigerer; so sind sie doch für viele häusliche und technische Zwecke sehr bequem, da sie wenig Raum einnehmen, leicht selbst in der Rocktasche fortgebracht werden können und ohne Gewichtsstücke das Gewicht von Gegenständen (Heu, Stroh, Kornfrüchten, Fleisch u. f. w.) unmittelbar bestimmen lassen.