



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1865**

Erster Abschnitt. Von den Werkzeugen.

---

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

von Kräften, in verschiedener Weise angewendet, vorkommen. Welcher Natur hierbei die Kräfte sind, ist vollkommen gleichgiltig.

In jeder zusammengesetzten Maschine muß man nach den verschiedenen Vorrichtungen wesentlich drei Bestandtheile unterscheiden:

1) Die Kraftmaschine oder den Motor. Sie dient nicht etwa dazu, eine Kraft zu erzeugen, denn die Kraft als solche kann nicht geschaffen werden, sondern nur, um eine in der Natur vorhandene (die Kraft der Menschen und Thiere, des Wassers, des Dampfes, der Luftarten, der Wärme, Elektrizität und des Magnetismus) uns dienstbar zu machen, sie zu lenken und zu diesem Zwecke ihre Wirkungsweise so abzuändern, daß zunächst eine drehende Bewegung von gehöriger Kraft entsteht.

2) Die Zwischenmaschine oder die Uebertragungs-, Transmissionsmaschine, welche nicht nur eine Leitung nach anderen Orten, sondern auch eine Umwandlung der Bewegungsarten erzeugt und

3) Die Arbeitsmaschine, welche unmittelbar das erfüllt, was wir durch die ganze Maschine bezwecken und wobei die Bewegungsarten sehr verschieden sein können: bald hin und her, bald auf und abgehend, bald drehend und dabei bald langsam, bald schnell, bald stoßweise u. s. w.

Es ist so, als wenn der menschliche Wille als Kraftmaschine die Muskeln für eine Transmission zur Leistung einer äußerlichen Arbeit anregt. In der That müssen wir in den vorhandenen Maschinen die Verkörperung des menschlichen Verstandes bei ihrer verstandesmäßigen Thätigkeit oft anstaunen. Wir haben die Zeiten glücklicherweise hinter uns, in denen man feindlich gegen die Maschinen auftrat, in denen man eine Verarmung der Völker im großen Ganzen besorgte; denn man hat eingesehen, daß sie ein großer Segen für die Menschheit sind. Diejenigen Bevölkerungen setzen sich allerdings großen Nachtheilen aus, welche in ihrem Drange, an dem Althergebrachten zu hängen, der Maschinenarbeit es gleichthun möchten und sich von der Handarbeit nicht lossagen wollen. Sie sollten bei Zeiten lieber ihrer Thätigkeit eine andere Richtung geben, als einen für sie selbst nachtheiligen Kampf unternehmen.

## Erster Abschnitt.

### Von den Werkzeugen.

Bei einem bloßen Werkzeuge will man durch die auf es einwirkende Kraft unmittelbar an einem anderen Orte und nach einer anderen Richtung, als nach der, welche die Kraft hat, einen Erfolg oder eine Wirkung erzielen, mag es nun sein, daß man einer großen Masse eine kleine

Geschwindigkeit oder einer kleinen Masse eine große Geschwindigkeit ertheilen oder auch der Kraft zum Vorthelle ihrer Wirkungsfähigkeit eine andere Richtung geben will. Diese unmittelbare Uebertragung kann nur durch einen festen Körper geschehen, welcher durch die auf ihn wirkende Kraft selbst nicht als Ganzes in eine fortschreitende Bewegung versetzt werden darf.

### Der Hebel.

Eine grade oder auch irgendwie gebogene Stange oder auch ein beliebig geformter fester Körper, welcher um irgend einen Punkt, als einen festen, drehbar angebracht ist, heißt ein Hebel. Dabei ist es gleichgiltig, ob durch den Drehpunkt eine Ase geht, welche entweder an dem Hebel befestigt ist und auf einer Unterlage sich mit ihm drehen kann oder lose durch eine Oeffnung desselben geht, so daß der Hebel um die feste Ase sich dreht, oder ob eine außerhalb des Hebels befindliche Unterlage (ein Hypomochlium) vorhanden ist, um welche die Drehung erfolgen kann.

Außer dem Drehungspunkte sind beim Hebel noch zu bemerken die beiden Angriffspunkte für die auf ihn wirkenden Kräfte, von denen die eine ausschließlich Kraft und die andere Last heißt, obwohl letztere jeder beliebige Widerstand eines Körpers, z. B. die Kohäsion, sein kann. Die graden Linien zwischen dem Drehungspunkte und den Angriffspunkten der Kräfte heißen die Hebelarme.

Hierbei ist nicht nothwendig, daß diese Kräfte an der festen Masse des Hebels selbst unmittelbar angreifen, sondern sie können an Stangen, welche mit diesen Punkten in drehbarer Verbindung stehen, oder an dasselbst befindlichen Schnuren, Stricken, Tauen oder Ketten wirken. Es sind unter allen Umständen diejenigen Punkte als die eigentlichen Angriffspunkte der Kräfte anzusehen, in welchen sich die Schnuren, Stangen u. s. w. von dem Hebel ablösen, weil es für die Wirkungsfähigkeit und den Grad der Wirkung einer Kraft vollkommen gleichgiltig ist, in welchem Punkte einer graden Linie sie angreift, wenn sie nur in der Richtung dieser Linie wirksam bleibt. Wenn man z. B. mit einer graden Stange einen Gegenstand fortschieben will, so ist es, abgesehen von dem Gewichte der Stange, gleichgiltig, ob man sie in geringer oder größerer Entfernung von dem Treffungspunkte anfaßt. Ebenso wenn man mittelst einer straffen, also graden Schnur zieht, ob man sie kurz oder lang anfaßt.

Die Eintheilung der Hebel geschieht nach der Lage des Drehungspunktes in Betreff der Lage der Angriffspunkte beider Kräfte.

1) Liegt der Drehungspunkt in grader Richtung zwischen den Angriffspunkten der beiden Kräfte, so ist der Hebel ein zweiarziger und dabei entweder ein gleicharmiger oder ein ungleicharmiger, jenachdem die Arme einander gleich sind oder nicht.

2) Ist der Drehpunkt einer der beiden Endpunkte, so heißt der gradlinige Hebel ein einarmiger.

3) Liegt der Drehpunkt außerhalb der graden Verbindungslinie zwischen den Angriffspunkten der beiden Kräfte, so ist es ein Winkelhebel, bei welchem also die beiden Hebelarme einen Winkel bilden, wie z. B. die Haken der Klingelzüge.

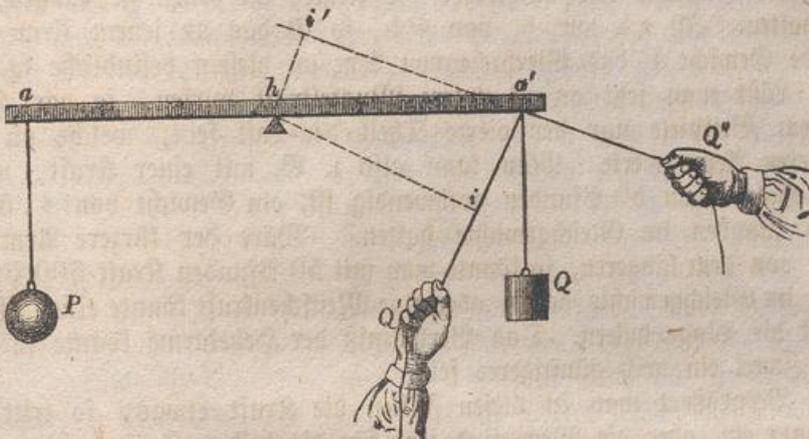
Bei allen Hebeln wirken die Kräfte nur dann vollständig und ungeschwächt, wenn die Richtung, in welcher sie wirken, auf den Hebelarmen lothrecht steht; in allen übrigen Fällen geht von den Kräften verloren und man kann den zur Wirkung kommenden Antheil von ihnen nur durch das Parallelogramm der Kräfte finden, wobei stets die Lothrechte vom Drehungspunkte des Hebels auf die Richtungslinie der Kräfte (d. h. auf die grade Linie, in deren Richtung die Kräfte wirken) als der in Betrachtung zu ziehende Hebelarm angesehen werden muß.

Als wir den Einfluß der Gravitation unserer Erde auf die an ihrer Oberfläche befindlichen festen Körper betrachteten, haben wir eigentlich schon von einer Art von Hebeln gesprochen, denn die dort angeführte Gleichwage ist ein gleicharmiger Hebel, die Schnellwage und Brückewage sind ungleicharmige Hebel. Die beiden Kräfte sind die angehängten Gewichte, welche auf den horizontalen Wagebalken lothrecht wirken. Es ist aber klar, daß statt der Gewichte auch andere Kräfte genommen werden können, ohne die Bedingungen des Gleichgewichtes und das Gesetz, nach welchem es erfolgt, aufzuheben. Werden andere Kräfte genommen, z. B. die Muskelkraft eines Menschen und der Widerstand irgend eines Körpers, den er durch seine Kohäsion oder sein Gewicht entgegensezt, so ist es für das Gleichgewicht nicht nothwendig, daß der Hebel eine horizontale Lage hat. Unter allen Umständen gilt als Gesetz:

ein Hebel ist im Gleichgewichte, wenn die Produkte aus den Kräften und den Entfernungen des Drehungspunktes von den Richtungslinien der Kräfte einander gleich sind.

Statt dessen kann man auch sagen: ein Hebel ist im Gleichgewichte, wenn sich die Kräfte verhalten wie umgekehrt die Lothrechten vom Drehungspunkte auf ihre Richtungslinien. Sene Produkte nennt man übrigens die statischen Momente.

Ist Fig. 208 a a' ein gradliniger gleicharmiger in h unterstützter Hebel, so werden gleich schwere Gewichte P und Q, welche an gleich schweren Schnuren hängen, einander im Gleichgewichte und den Hebel in horizontaler Lage erhalten. Statt des Gewichtes Q könnte man mit der Hand ebenso stark abwärts ziehen, als es das Gewicht thut, ohne den Erfolg zu stören. Wendete man aber eine etwas größere Kraft an, die überdies auch noch die Reibung bei h überwände, so

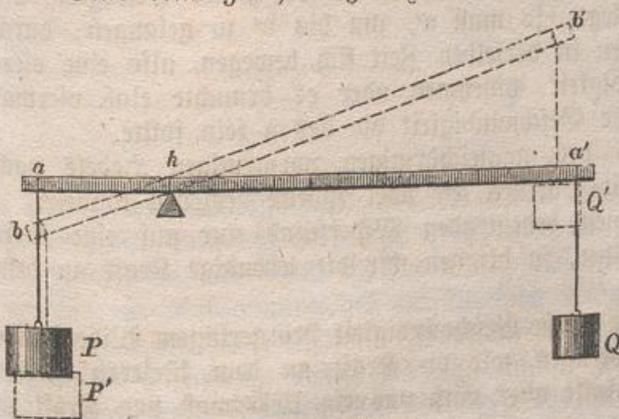


(Fig. 208.)

würde man das Gewicht  $P$  heben, woher wohl der Name Hebel entstanden ist. Es ist klar, daß dieses Heben bequemer und erfolgreicher geschieht, wenn man bei  $a'$  an einer Schnur abwärts zieht, als wenn man bei  $a$  aufwärts ziehen sollte; man kann nämlich in jenem Falle nöthigenfalls noch sein eigenes Gewicht wirken lassen, überdies aber ist die Verlegung des Angriffspunktes der Kraft von  $a$  nach  $a'$  unter Umständen erwünscht.

Zöge man bei  $a'$  nicht in lothrechter Richtung auf den Hebel, sondern in dem spitzen Winkel nach  $Q'$ , so ist die auf  $a'Q'$  lothrecht gezogene  $hi$ , welche kürzer als  $ha'$  ist, als Hebelarm anzusehen; zöge man endlich bei  $a'$  von  $Q''$  aus in der Richtung  $Q''i'$ , so ist die von  $h$  darauf lothrechte  $hi'$ , welche noch kürzer als  $hi$  ist, der Hebelarm. Man bedürfte also im dritten Falle der größten, im ersten Falle der geringsten Kraft, um die Last  $P$  im Gleichgewichte zu erhalten oder ihr eine Bewegung zu ertheilen.

Sind beim gleicharmigen Hebel die beiden Kräfte in Bewegung, so



(Fig. 209.)

find die Wege einander gleich, und da sie dieselben in derselben Zeit zurücklegen, so besitzen sie auch gleiche Geschwindigkeiten.

Ist der Hebel ein gradliniger ungleicharmiger, wie Fig. 209, so halten nur ungleiche Gewichte einander im Gleichgewichte, und zwar so,

daß die Gewichte wie umgekehrt die Arme, an denen sie hängen, sich verhalten. Ist  $a$   $h$  nur  $\frac{1}{4}$  von  $a'h$ , so ist das an jenem Arme hängende Gewicht  $P$  das Vierfache von dem an diesem befindliche  $Q$ .

Läßt man jetzt an  $a'$  unsere Muskelkraft wirken, so darf sie in diesem Beispiele nur der vierte Theil der Last sein, welche an dem kürzeren Arme wirkt. Man kann also z. B. mit einer Kraft, welche zum Halten von 50 Pfunden nothwendig ist, ein Gewicht von  $4 \cdot 50 = 200$  Pfunden im Gleichgewichte halten. Wäre der kürzere Arm nur  $\frac{1}{10}$  von dem längeren, so könnte man mit 50 Pfunden Kraft 500 Pfunde Last im Gleichgewichte halten oder eine Menschenkraft könnte einer Pferdekraft die Wage halten. Das Verhältniß der Hebelarme könnte für diesen Zweck ein noch günstigeres sein.

Vergrößert man in diesen Fällen die Kraft etwas, so tritt Bewegung ein, aber die Wege sind jetzt für die beiden Kräfte nicht gleich, sondern verhalten sich wie die zu ihnen gehörigen Hebelarme. Nimmt der obige Hebel die Lage  $b b'$  an, so hat der Punkt  $a'$  einen viermal größeren Weg bis  $b'$  zurückgelegt, als  $a$  bis  $b$  u. s. w. für jedes andere Verhältniß der Hebelarme. Daraus folgt natürlich, daß die Geschwindigkeit der Kraft das Sovielfache von der Geschwindigkeit der Last sein wird, als es das Verhältniß des kürzeren zum längeren Hebelarme anzeigt.

Bleiben für den Fall, daß sich der Hebel bewegt, die Richtungslinien der Kräfte auf den Hebelarmen nicht lothrecht, so tritt auch eine Störung des Gleichgewichtes ein und die Kräfte müssen zu dessen Herstellung um so mehr vergrößert werden, je kleiner der Winkel wird, unter welchem sie wirken.

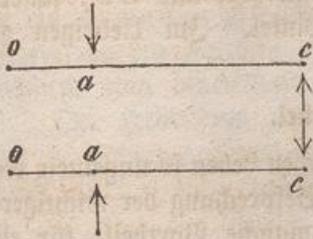
Wenn man demnach beim ungleicharmigen Hebel dann an Kraft, z. B. an Muskelkraft spart, wenn man sie an dem längeren Arme anbringt, so muß man einen der Kräftersparniß verhältnißmäßigen Aufwand an Zeit für eine gewisse Geschwindigkeit oder an Raum für eine gewisse Zeit sich gefallen lassen. Während  $a$  bei seiner Bewegung bis  $b$  z. B. 1 Zoll zurücklegt, so muß  $a'$ , um bis  $b'$  zu gelangen, durch einen Weg von 4 Zollen in derselben Zeit sich bewegen, also eine viermal größere Geschwindigkeit annehmen oder es brauchte eine viermal längere Zeit, wenn seine Geschwindigkeit die des  $a$  sein sollte.

Wir werden uns des ungleicharmigen zweiarmigen Hebels nach diesen Darstellungen mit Vortheil für zwei Zwecke bedienen können:

1) Wenn wir einen bedeutenden Widerstand nur auf eine kurze Strecke überwinden wollen, so bringen wir die lebendige Kraft an dem längeren Hebelarme an.

2) Wenn wir eine große Geschwindigkeit bei geringem Widerstande erreichen wollen, so bringen wir die Kraft an dem kürzeren Hebelarme an. In diesem Falle aber muß uns ein Uebermaß von Kraft zu Gebote stehen.

Für den gradlinig einarmigen Hebel gelten bei seinem Gleichgewichte und bei seiner Bewegung keine anderen Gesetze und Bedingungen, als wir sie für den zweiarmigen kennen gelernt haben.

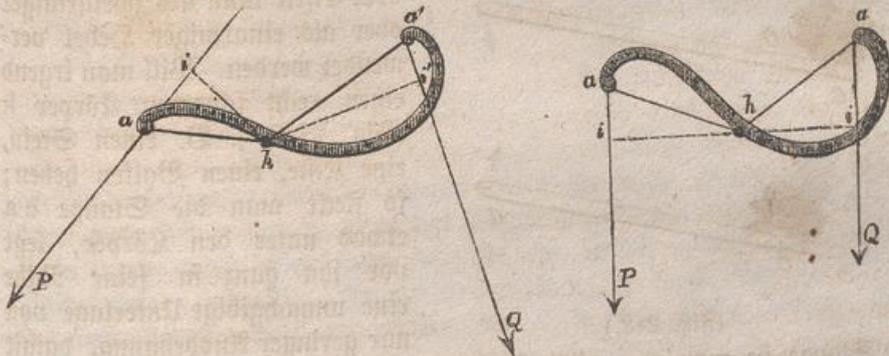


(Fig. 210.)

Wenn Fig. 210  $o$  der Dreh- oder Stützpunkt ist,  $a$  und  $c$  die Angriffspunkte der beiden Kräfte sind und  $o a$  z. B.  $\frac{1}{3}$  von  $o c$  ist, so darf die Kraft in  $c$  von der Last oder dem Widerstande in  $a$  nur der dritte Theil sein, um das Gleichgewicht zu erhalten. Soll Bewegung eintreten oder der Widerstand überwunden werden, so muß man die Kraft etwas vergrößern. Der Weg der Kraft wird in diesem Falle das Dreifache von dem Wege der Last sein. Ebenso ist es für ein anderes Verhältniß der Hebelarme.

Bei dem zweiarmigen Hebel mußten die beiden Kräfte nach derselben Richtung hinwirken, wenn Gleichgewicht oder, bei dem Uebergewichte der einen, Drehung erfolgen sollte; bei dem einarmigen Hebel müssen für diese Fälle die beiden Kräfte nach entgegengesetzten Seiten auf den Hebel wirken, wie es die Pfeile in der Zeichnung angeben.

Bei einem Winkelhebel ist es nicht durchaus nothwendig, daß die Hebelarme gradlinig sind, sondern sie können in verschiedener Weise gebogen sein, wie es Fig. 211 zeigt. Ist  $h$  der Drehungspunkt, sind



(Fig. 211.)

$a$  und  $a'$  die Angriffspunkte für die beiden Kräfte  $P$  und  $Q$  und wirken dieselben lothrecht nach dem Horizonte, so sind zwar  $h a$  und  $h a'$  die Hebelarme, aber weil die Kräfte auf dieselben schief wirken, so müssen wir zur Bestimmung des zur Wirkung kommenden Antheiles auf die Richtungslinien der Kräfte die Perpendikel  $h i$  und  $h i'$  ziehen. Sollen die Kräfte  $P$  und  $Q$ , welche jetzt in  $i$  und  $i'$  bei dem gradlinigen Hebel  $i h i'$  angreifen, einander das Gleichgewicht halten, so müssen sie sich verhalten wie umgekehrt diese Perpendikel, also wie  $h i'$  zu  $h i$ . —

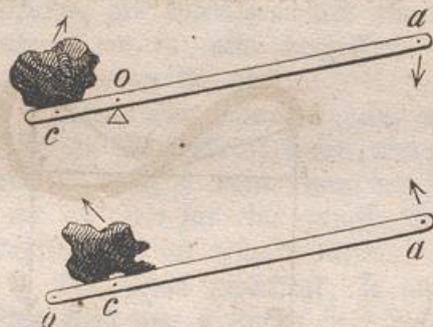
Wirken die Kräfte nicht lothrecht nach dem Horizonte, sondern unter irgend einem anderen Winkel, so bleibt die Bestimmung der Hebelarme und der Lothrechten auf die Richtungslinie der beiden Kräfte zwar dieselbe, aber hier bilden nicht blos die Hebelarme  $h a$  und  $h a'$ , sondern auch diese Lothrechten  $h i$  und  $h i'$  einen Winkel. Im Uebrigen gilt dieselbe Proportion.

#### Anwendungen der Hebel.

Schon der einfache Hebel findet im praktischen Leben so ungemein vielfache Anwendung, daß eine, wenn auch kurze, Besprechung der wichtigeren Fälle geboten erscheint, um schon hier auf manche Vortheile für eine angemessene, namentlich Muskelkraft sparende Anwendung zu machen.

Einzelne Hebel haben wir gelegentlich schon erwähnen müssen, wie den Hebelregulator bei den Gasometern, welcher trotz des Tiefersinkens des Gasbehälters ins Wasser nicht duldet, daß der Druck auf das noch vorhandene Gas ein anderer werde, weil das angehängte Gewicht während des Sinkens dem Drehungspunkte des Hebels immer näher kam. Es ist dies ein zweiarmer Hebel.

Unter den Sicherheitsventilen für Gase mit starkem Drucke wurde ein Hebelventil erwähnt, welches zu den einarmigen Hebeln gehörte. Ein anderer und sehr häufig angewendeter Hebel ist der Hebebaum, dessen Einrichtung und Gebrauch verschieden ist.



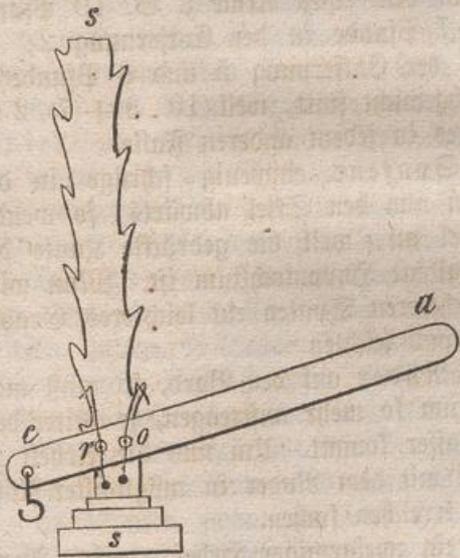
(Fig. 212.)

die Stange sie nur in wenigen Punkten berühre und drückt nun am anderen Ende  $e$  der Stange abwärts. Hier ist also die Stange ein zweiarmer Hebel und sie wird um so wirksamer sein, je länger und gewichtiger sie ist und je näher  $k$  dem Drehungspunkte  $o$  liegt. — Will man aber den Körper  $k$  (2) vorwärts schieben, so steckt man die Stange zwar auch unter ihn, bedarf aber nicht eines anderen Stützpunktes, als den Endpunkt  $o$  der Stange. Drückt man die Stange aufwärts, indem man sich dieselbe etwa auf die Schultern legt, so geht der Körper vorwärts. Die Bedingungen für die Kräftersparung sind dieselben. Dieser Hebel ist ein einarmiger.

Eine bloße Stange aus Holz oder Eisen kann als zweiarmer oder als einarmiger Hebel verwendet werden. Will man irgend einen recht schweren Körper  $k$  (Fig. 212) z. B. einen Stein, eine Kiste, einen Balken heben; so steckt man die Stange  $ca$  etwas unter den Körper, legt vor ihn ganz in seine Nähe eine unnachgebige Unterlage von nur geringer Ausdehnung, damit

Die Hebelade ist wesentlich der erste von diesen Hebeln, nur daß sie stets für bestimmte Zwecke verwendet wird, wie z. B. um die Ase von Wagenrädern behufs des Einschmierens zu heben. Deshalb ist der Drehungspunkt oder vielmehr die Drehungsaxe des Hebels oben an einem zweibeinigen Gestelle angebracht und an dem herabzudrückenden Hebelarme ein Kettchen, welches in das Gestelle eingehaft werden kann, nachdem man hinreichend gehoben hat.

Der Hebebaum und die angeführte Hebelade gestatten nicht, eine Last zu etwas größerer Höhe zu erheben, was doch auch bisweilen bezweckt wird, ohne daß man sich zusammengesetzter Werkzeuge bedient.



(Fig. 213.)

Zu diesem Zwecke ist die Hebelade mit gezahnter Stange (Fig. 213) geeignet. ss ist ein Eisenständer von 6 Zoll Breite und 1 bis 2 Zoll Dicke, an den beiden Seiten hat er stufenförmig abwechselnd nach abwärts gehende Einschnitte. Außerdem ist eine Hebelstange ca mit einem Ausschnitte, in welchen ss bequem paßt; gegen das eine Ende sind an ihr bei r und o zwei Haken drehbar angebracht, welche unten zwei Gegengewichte haben, damit sie nicht nur nach oben, sondern auch nach der Mittellinie des Ständers gerichtet bleiben. Sitzt der Haken bei r in einem Zahne links fest, so kann man bei c den zu hebenden Körper anbringen und die Stange bei a so lange noch oben bewegen, bis der Haken bei o in den nächsten Zahn rechts eingreift. Ist dieses geschehen, so drückt man die Stange so weit herab, daß der Haken bei r in den nächst höheren Zahn faßt u. s. w.

Zu den zweiarmigen Hebeln gehören noch folgende Werkzeuge: Die Brechstange ist eine eiserne Stange von etwa 4 Fuß Länge, welche gegen das eine Ende in eine stumpfe Kante ausläuft, indem eine von den beiden breiteren Seiten dort sich abrundet. Man stößt bei ihrem Gebrauche diese Kante in den Spalt eines harten Gegenstandes oder zwischen zwei Gegenständen (Brettern, Mauersteinen, Pflastersteinen u. s. w.) und drückt dann auf das andere Ende der Stange so, daß eine Stelle der gerundeten Fläche gestützt ist oder den Drehpunkt bildet. Weil letzterer dem Ende, wo der Widerstand sich findet, sehr nahe liegt, so

sind diese Stangen sehr wirksam, weshalb Diebe sich leider derselben sehr gern bedienen. Es ist wohl selten, daß sie als einarmiger Hebel gebraucht wird.

Der Balancier bei den Dampfmaschinen dient nicht blos um die Kraft der Kolbenstange des Dampfzylinders auf die Triebstange des Schwungrades überzutragen, sondern dient auch zu den Angriffspunkten für die zu Nebenvorrichtungen gebrauchten Kräfte.

Wenn übrigens bei einem Hebel mehre Kräfte an verschiedenen Punkten angreifen, so findet das Gleichgewicht nur dann statt, wenn die Summe der statischen Momente der beiden Arme einander gleich sind. Hingen an dem einen Arme z. B. 10 Pfunde in der Entfernung 3 (Zoll) und 7 Pfunde in der Entfernung 2, an dem anderen Arme 4 Pfunde in der Entfernung 5 und 6 Pfunde in der Entfernung 4, so fände Gleichgewicht statt, weil  $10 \cdot 3 + 7 \cdot 2 = 4 \cdot 5 + 6 \cdot 4 = 44$  ist. So ist es in jedem anderen Falle.

Hat man das Eisen eines Spatens einwenig schräge in den Erdboden gestochen und drückt man nun den Stiel abwärts, so wendet man auch einen zweiarmigen Hebel an, weil die gedrückte Kante des Erdbodens das freilich etwas nachgibige Hypomochlium ist. Man wird mit einem länger gestielten und schweren Spaten ein leichteres Graben haben, als mit einem kurzstielligen und leichten.

Legt man beim Schiffe das Ruder auf den Bord, so muß man sich bei diesem zweiarmigen Hebel um so mehr anstrengen, je weiter das Ruder hinausreicht, ehe es ins Wasser kommt. Um uns die Arbeit zu erleichtern, müssen wir das Wasser mit dem Ruder in möglichster Nähe vom Drehpunkte (vom Borde) zu erreichen suchen.

Auch das Steuerruder ist ein zweiarmiger Hebel, dessen Arme sich in zwei verschiedenen horizontalen Ebenen um eine lothrechte Axe drehen. Der eine Arm ist auf dem Schiffe in der Hand des Steuer- manns, der andere im Wasser.

Der über eine Schulter gelegte Tragstab wird uns um so bessere Dienste leisten, je näher die auf dem hinteren Arme angehängte Last dem Stützpunkte des Stabes, also der Schulter liegt, und das lange Vorderende eines etwas schweren Stabes ist oft schon allein hinreichend, eine ziemliche Last an dem kurzen Ende im Gleichgewichte zu erhalten.

In Amerika bedienen sich die Ziegelträger, um die Mauersteine und den Mörtel in die Höhe zu tragen, einer ganz angemessenen, hierher gehörigen Vorrichtung. Zwei etwa 2 Fuß lange und kaum 1 Fuß breite Brettchen sind der Länge nach unter einem rechten Winkel zusammengefügt; das eine Ende dieser Rinne ist mit einem Brettchen von der Form eines Viertelkreises geschlossen und an der Kante der Rinne ist in der Mitte ein Stiel von etwa 3 Fuß Länge angebracht, um dadurch beim Einpacken der Steine ein besonderes Gestelle entbehrlich zu machen und die Rinne beim Tragen auf der Schulter am Stiele mit der größ-

ten Bequemlichkeit im Gleichgewichte zu halten. Wo die Rinne auf die Schulter gelegt wird, ist sie gepolstert oder mit etwas Pelzwerk versehen.

Bei den Ziehbrunnen ist auf einem hohen Ständer eine lange dickere Stange in ihrer Mitte unterstüzt, trägt an dem einen Ende beweglich eine dünne Stange unten mit einem Wassereimer und an dem anderen Ende ein aufgelegtes Gegengewicht (Stein), welches, um angemessen zu sein, dem Hebel auf dieser Seite ein kleines Uebergewicht über den mit Wasser gefüllten Eimer gibt.

Die Scheeren sind aus zwei Hebeln mit gemeinschaftlichem Drehungspunkte zusammengesetzt; der Widerstand ist hier die Kohäsion des zu zerschneidenden Gegenstandes. Ihre sonstige Einrichtung richtet sich nach den vorliegenden Zwecken. Eine Metallscheere muß einen langen Griff und kurze Schneiden haben, um Muskelkraft zu sparen; eine Papier- oder Zeugscheere hat einen kurzen Griff und lange Schneiden, indem hier der Widerstand gering und dagegen ein Uebermaß von Kraft vorhanden ist, um mit einem Drucke eine ganze Strecke in grader Richtung zu zerschneiden, was meistens bezweckt wird.

Die Zangen sind in ihrer Zusammensetzung den Scheeren mit kurzen Schneiden ähnlich. Man wird mit ihnen einen Gegenstand um so fester halten, je länger die Griffe sind, und deshalb haben die Metallarbeiter häufig solche Zangen. Zieht man mit einer Zange einen am Kopfe gefaßten Nagel aus, indem man den einen Theil derselben in der Nähe des Drehpunktes auf eine feste Unterlage stützt, so wirkt sie außerdem noch wie ein Hebebaum und zwar außerordentlich kräftig.

Es könnten zwar noch viele Hebelvorrichtungen dieser Art, z. B. die Klappen der Blasinstrumente, die Klaves der Klaviere, die Schaukelbretter, erwähnt werden; aber die gegebenen Erläuterungen sind wohl auch für die anderen Fälle hinreichend.

Zu den ehnarmigen Hebeln gehören die Schub- und Schiebkarren. Beide haben zwei Holme zum Anfassen mit den beiden Händen und ein kleines Rad unterhalb und vor dem Gestelle, welches durch die beiden Holme getragen wird; die einen haben vor dem Rade einen Kasten zum Aufnehmen von losen Gegenständen, die anderen bloß eine offene und über das Rad hinaus geführte Lagerstätte für die Aufnahme der fortzuschaffenden Sachen. Die Radaxe ist der Drehungspunkt des Hebels, die Enden der Holme sind die Angriffspunkte der Kraft. Man wird die aufgelegte Last um so weniger zu tragen haben, je näher sie dem Rade liegt, und kann sie etwas sogar noch darüber hinaus gelegt werden, so ist es auf einem horizontalen Wege am besten, weil dann ein Theil der diesseits des Rades liegenden Last von der jenseits liegenden im Gleichgewichte gehalten wird, und man, um den Karren vorwärts zu schieben, nur den Reibungswiderstand an der Radaxe und am Erdboden zu überwinden hat. Will man auf einer schiefen

Ebene aufwärts fahren, so ist diese Vertheilung der Last nicht so angemessen.

Die Tragbahren bestehen aus zwei mit einander durch Querkölzer verbundenen Stangen, an deren beiden Enden Menschen anfassen. Die Stellen, an denen die Hände des einen anfassen, sind die Stützpunkte für die Kraft des anderen. Sollen beide gleich viel tragen, so muß die Last genau in der Mitte liegen; ist der eine schwächer, so wird man vernünftigerweise die Last näher an den anderen bringen.

Das Handruder, welches man beim Gebrauche nicht auf den Bord des Rahnes legt, gehört auch hierher, denn die Stelle gegen das obere Ende, wo die eine Hand angreift, ist der feste Stützpunkt; da der Angriffspunkt der anderen Hand ihm näher liegt, als der zu überwindende Widerstand im Wasser, so wird man hier eines größeren Kraftaufwandes bedürfen, der nur dadurch etwas vermindert werden kann, daß man die zweite Hand von dem Stützpunkte möglichst entfernt.

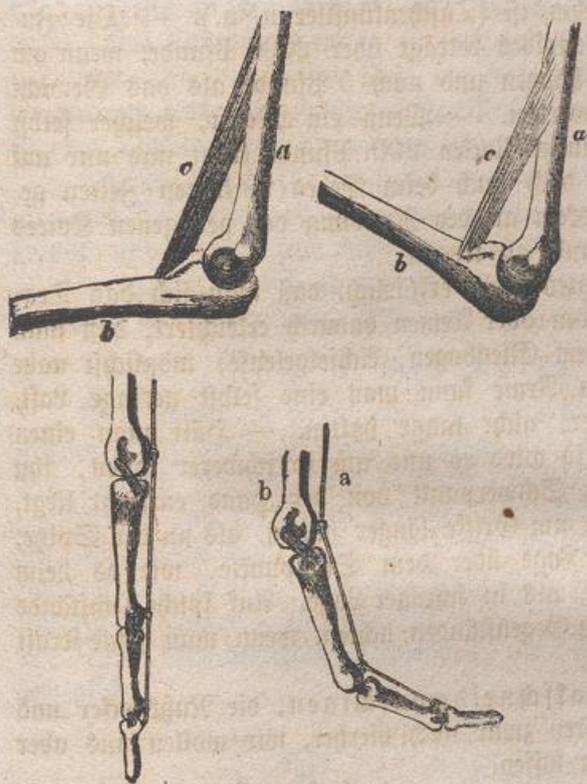
Aehnlich ist es bei der Würffschaufel, d. h. einer Schaufel, mit welcher man einen Gegenstand, Getreidekörner, Sand, Erdboden u. s. w. wirft. Der Angriffspunkt der in der einen Hand liegenden Kraft ist dem Drehungspunkte, welcher sich in der anderen Hand befindet, näher, als die Last oder der zu werfende Körper.

Die Schaffscheeren bestehen aus zwei Scheerenschneiden, welche durch einen elastischen Metallbügel in einiger Entfernung von einander gehalten und beim Gebrauche durch den Druck mit der einen Hand zusammengebracht werden. Auch hier ist überflüssige Kraft vorhanden, weshalb sie dem in der Mitte des Bügels liegenden Drehungspunkte näher angebracht sein kann, als der Widerstand.

Bei den Pressen zur Herstellung eines Siegels, eines Abdruckes von einem Münzstempel (Prägemaschine), von einem Bilde oder von Typen (Buchdruckerpresse) oder einem Briefe (Kopiermaschine) u. s. w. kann entweder ein bloßer einarmiger Hebel angewendet werden, bei welchem aber die Kraft wegen des größeren Widerstandes an dem längeren Hebelarme angreift oder es können damit noch Schrauben, Walzen, Bohrer u. dergl. gedreht werden.

Die Glieder unseres Körpers und auch die der Thiere sind ebenfalls als einarmige Hebel anzusehen, bei welchen die Knochen die festen Hebelstangen vertreten, deren Drehungspunkte die Stellen sind, an denen die Gelenkknöchel zusammentreffen und auf welche die in der Nähe dieser Stellen an sie gewachsenen Muskelbänder als Kräfte wirken, indem dieselben sich zufolge unserer Willenskraft verkürzen.

In Fig. 214 stellen die beiden ersten Zeichnungen einen Theil des Ober- und Unterarmknochens mit dem Ellenbogengelenke und die an sie in dessen Nähe befestigten parallelen Muskelfasern c dar. Verkürzen sich nun die letzteren auch nur wenig, wie es die zweite Zeichnung zeigt, und behält der Oberarmknochen a seine Lage, so macht das



(Fig. 214.)

krümmt sich der ganze Finger schon bedeutend. Man kann diese Verbindung und die damit verknüpfte Erscheinung an einem Fuße eines jeden geschlachteten Vogels (Huhn, Gans) erkennen.

Die ganze Thätigkeit unserer Gliedmaßen liegt also in der Verkürzungsfähigkeit der Muskelfasern; aber die meisten Muskeln leisten nur dann eine Arbeit, wenn sie von den mit ihnen zusammenhängenden Nervenpartien dazu aufgefordert werden und den letzteren wird der Befehl von dem durch unseren Willen auf noch unerklärte Weise geleiteten Zentralorgane ertheilt.

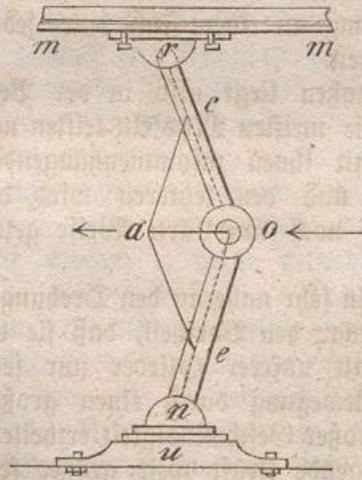
Der Umstand, daß die thätigen Muskeln sehr nahe an den Drehungspunkten der Knochen befestigt sind, bietet zwar den Vortheil, daß sie bei ihrer unbedeutenden Verkürzung die Gestalt unserer Glieder nur sehr wenig verändern und ihnen dabei eine Bewegung durch einen großen Raum und, wenn erforderlich, auch mit großer Geschwindigkeit ertheilen; aber auch den Uebelstand, daß ihre bewegende Kraft weit größer sein muß, als die Last, zumal sie auf die Knochen nicht lothrecht, sondern schief wirken. Bei der Verkürzung des großen Muskels am Oberarme, des Deltoides, nur um 2 Zoll bewegt sich der Arm durch einen Halbkreis von 3 Fuß, so daß die Hand bei der Schnelligkeit der Verkürzung des Muskels eine große Geschwindigkeit erlangt, welche für viele Zwecke

Ende des Unterarmknochens b schon einen großen Weg und einen noch größeren die daran zu denkende Hand. In gleicher Weise geschieht die Krümmung der Finger, wovon die dritte und vierte Zeichnung eine Vorstellung geben. b ist ein Theil des Mittelhandknochens, daran schließen sich die drei Glieder des Fingers, welche untereinander durch Bänder beweglich verbunden sind, aber auch noch durch eine Sehne a, welche von einem Muskel des Unterarmes ausgeht und durch die Hohlhand fortläuft, ein gemeinschaftliches Band haben. Wird diese Sehne auch nur einwenig verkürzt, so

sehr erwünscht und angenehm ist (Taschenkünstler u. a.). — Die Zusammenziehungskraft des Deltoides beträgt über 2000 Pfunde, wenn am Ellenbogen nur 50 Pfunde hängen und noch 5 Pfunde als das Gewicht des Armes hinzugerechnet werden. — Wenn ein Mann, welcher selbst 120 Pfunde wiegt, auf seinem Nacken 200 Pfunde trägt und nur auf einem Fuße steht, wie es doch auch beim Gehen in kurzen Zeiten geschieht, so haben die Muskeln an der Rundung des gebogenen Knies gegen  $6 \cdot 320 = 1920$  Pfunde zu tragen.

Es ist aus dem Gesagten leicht erklärlich, daß man sich das Tragen einer Last auf den Händen oder Armen dadurch erleichtert, daß man sie dem Drehungspunkte (dem Ellenbogen, Achselgelenke) möglichst nahe bringt. Mit ausgestrecktem Arme kann man eine selbst geringe Last, z. B. ein Glas mit Wasser, nicht lange halten. — Hält man einen Gegenstand in der Hand, so wird es uns um so schwerer fallen, ihn zu erhalten, je weiter sein Schwerpunkt von der Hand entfernt liegt, also kann man einen Degen am Griffe länger halten, als an der Spitze, eine Stange in lothrechtlicher Lage über dem Stützpunkte, wie es beim Balanciren geschieht, länger, als in schräger Lage. Auf solche Umstände muß man beim Tragen von Gegenständen achten, wenn man seine Kraft nicht unnütz verwenden will.

Die Brot- und Tabakschneidemaschinen, die Nußnacker und viele andere Werkzeuge gehören zwar noch hierher, wir wollen uns aber an den angeführten genügen lassen.



(Fig. 215.)

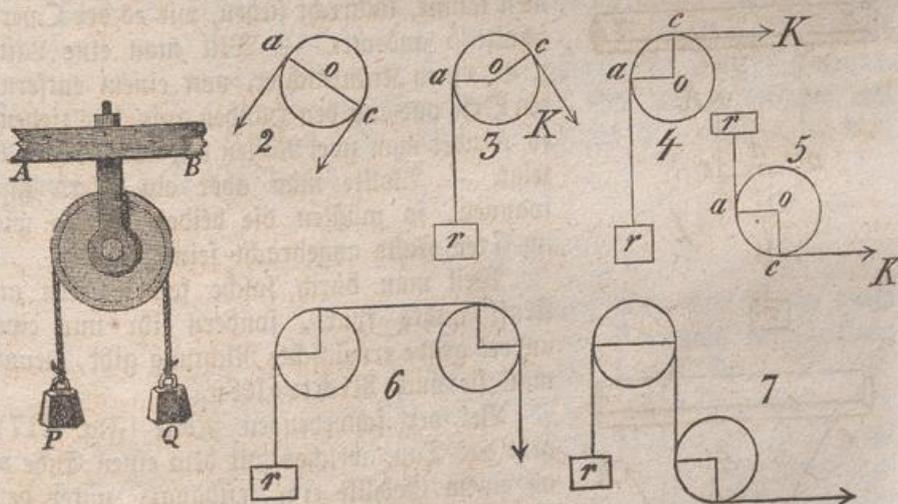
zu den Winkelhebeln gehört die Kniepresse oder das Knie Fig. 215, welche auch als Siegel- und Präge-  
 presse verwendet wird.  $or$  und  $on$  sind zwei bei  $o$ ,  $r$  und  $n$  drehbare Metallstangen, die Stange  $or$  stemmt sich bei  $r$  gegen die feste Wand  $m$ , die Stange  $on$  gegen einen auf der festen Unterlage  $u$  befindlichen Stempel; in horizontaler Richtung läßt man in  $o$  eine durch  $a$  dargestellte Kraft so wirken, daß sie den Winkel der beiden Preßstangen vergrößert, also die Stange  $on$  gegen den Stempel drückt. Die Kraft  $oa$  kann zerlegt werden in die beiden Seitenkräfte  $oe$  und  $oc$ , welche in der Richtung der beiden Stangen wirken. Je mehr nun beim Anziehen der Stange  $ao$ , oder statt dessen auch beim Stoßen auf  $o$  von der entgegengesetzten Seite, der Winkel vergrößert wird, welchen die beiden Stangen mit einander

bilden, desto größer werden auch die beiden Seitenkräfte und da  $o c$  einen festen Widerstand findet, so verdoppelt sich die Kraft der Stange  $o n$ . Es kann also durch das Knie ein sehr großer Druck auf eine geringe Entfernung ausgeübt werden. Die Amerikaner haben diese Presse zuerst für die Buchdruckerei eingerichtet.

Die Wiegemesser bestehen aus zwei oder mehreren parallelen bogenförmigen Messern mit zwei gemeinschaftlichen Griffen für die beiden Hände und dienen zum schnellen Zerkleinern von verschiedenen Gegenständen, z. B. Fleisch zu Würsten. Sie gehören zu den Winkelhebeln, wie auch die Klingelzüge, Thürklinken u. a.

### Die Rolle.

Geht durch die Mitte einer kreisförmigen Scheibe aus einem festen Körper (Holz, Eisen, Messing) lothrecht eine fest mit der Scheibe verbundene Ase und ist sie um ihren Umfang zwischen den Begrenzungskreisen so ausgetieft, daß man eine Schnur, ein Seil, ein Tau, einen Riemen oder eine Kette legen kann, ohne daß sie abgleiten; so heißt die Vorrichtung eine Rolle. Ist die Rolle nur um ihre Ase auf einer festen Unterlage drehbar, so heißt sie eine feste; hat sie aber sammt ihrer Ase eine fortschreitende Bewegung, so heißt sie schwebend oder beweglich.



(Fig. 216.)

Wenn Fig. 216 bei der festen Rolle, deren Ase mittelst einer Gabel an einem festen Gehäll  $A B$  hängt (1), an den beiden Schnurenden zwei Kräfte in parallelen Richtungen wirken, wie wenn zwei Gewichte  $P$  und  $Q$  angehängt sind, oder zwei Menschen in schräger, aber paralleler Richtung ziehen (2), so ist die Vorrichtung als ein gradliniger gleicharmiger Hebel anzusehen. Der Mittelpunkt der Scheibe ist der Drehungs-

punkt und die beiden Radien nach den Stellen, in welchen sich die Schnur von der Scheibe ablöst, sind die beiden Hebelarme, welche für den angenommenen Fall in einer graden Linie liegen; die Schnuren, in deren Richtungen die Kräfte wirken, sind als Tangenten anzusehen, welche auf den Hebelarmen lothrecht stehen, so daß die beiden Kräfte vollständig zur Wirkung kommen. Soll hier Gleichgewicht stattfinden, so müssen die Kräfte einander gleich sein.

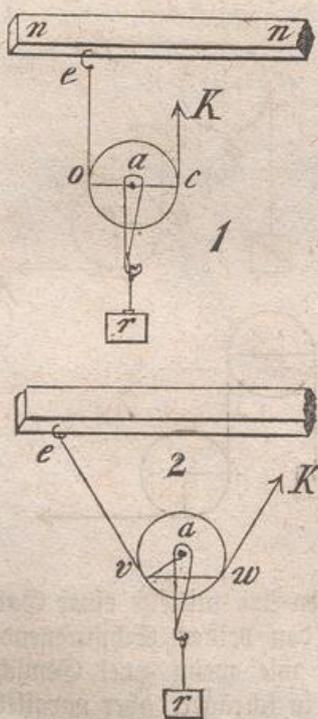
Sind die Schnurenthteile nicht parallel (3), so bilden die Hebelarme, welches stets Radien sind, einen Winkel und die Rolle ist ein Winkelhebel; aber auch hier wirken die Kräfte auf sie lothrecht, so daß auch jetzt nur gleiche Kräfte einander das Gleichgewicht halten und somit nichts an Muskelkraft gespart, wohl aber der Vortheil erreicht wird, daß man die Kräfte nach beliebigen Richtungen kann wirken lassen, wie es die zu Gebote stehenden Kräfte (Menschen, Thiere) oder die Dertlichkeit grade wünschenswerth machen.

Will man eine Last aus der Tiefe ziehen, z. B. aus einem Schacht an die Erdoberfläche und etwa ein Pferd dazu gebrauchen, so ist Fall 4 anwendbar, wobei die Ase der Rolle horizontal liegt. — Sollte aber das Pferd eine Last auf dem Erdboden um eine Ecke ziehen, z. B. aus einem vielleicht engen Gange auf die Straße, so müßte die Ase der

Rolle, statt deren man auch eine Walze nehmen könnte, lothrecht stehen, wie es der Querschnitt 5 andeutet. — Will man eine Last, z. B. einen Kronleuchter, von einem entfernten Orte aus mit den Händen aufwärts ziehen, so wendet man zwei Rollen an, wie es Fall 6 zeigt. — Wollte man aber ein Pferd anspannen, so müßten die beiden Rollen wie im 7ten Falle angebracht sein.

Weil man durch solche feste Rollen an Kraft nichts spart, sondern ihr nur eine andere grade erwünschte Richtung gibt, nennt man sie auch Richtrollen.

Bei der schwebenden Rolle (Fig. 217) geht das Tau, welches mit dem einen Ende *a* an einem Gebälke *nn* festhängt, unter der Rolle fort und dann nach oben, wo eine Kraft nach oben ziehend angreift. Die bloße Rolle würde nur im labilen Gleichgewichte sein und sehr leicht aus der Schnur fallen; ihre Ase aber ruht auf eine Scheere oder Gabel *a*, welche unten einen Haken hat, um an ihn eine Last *r* zu hängen. Wenn dadurch der Schwerpunkt des Ganzen unter-



(Fig. 217.)



die absolute Größe von jeder der beiden anderen bestimmt; der Neigungswinkel allein gibt nur ihr Verhältniß an.

Wir haben bereits bei der Betrachtung des Schwerpunktes erkannt, daß ein fester Körper auf einer schiefen Ebene zwar im Gleichgewichte sein, d. h. auf ihr ruhen kann, daß er aber nicht mit seinem ganzen absoluten Gewichte auf sie drückt, und daß er das Bestreben hat auch nur mit einem Theile der in seinem absoluten Gewichte liegenden Kraft herab zu gehen, selbst wenn er auf ihr ruht.

Liegt auf der schiefen Ebene ein Körper  $K$ , dessen absolutes Gewicht durch die Linie  $KS$  ausgedrückt sein mag, so werden wir zur Bestimmung der Größe der drückenden und gleitenden Kraft diese  $KS$ , welche auf die Ebene  $AC$  schief wirkt, in zwei Seitenkräfte  $KN$  und  $KM$  auflösen müssen, von denen die eine  $KN$  lothrecht auf die schiefe Ebene wirkt und, sie drückend, durch deren Widerstand aufgehoben wird, die andere  $KM$  aber parallel mit ihr und somit als gleitende Kraft vollständig zur Geltung kommt, wenn man von der Reibung absieht, wie es bei einer polirten Kugel auf einer polirten Ebene wohl gesehen kann.

Je steiler die Ebene  $AC$ , oder je größer ihr Neigungswinkel wird, desto größer wird ihre Höhe und desto kleiner ihre Basis und in gleichem Verhältnisse wird für eine bestimmte absolute Kraft die gleitende größer und die drückende kleiner. Ist der Neigungswinkel ein rechter geworden, so ist die gleitende gleich der absoluten geworden und die drückende Null; ist aber der Neigungswinkel Null oder die Ebene horizontal, so ist die drückende Kraft gleich der absoluten und die gleitende Null.

Die schiefen Ebenen werden angewendet, um Kraft zu sparen, wenn man Körper auf- und abwärts bewegen will. Es sind in Beziehung auf die Richtung der zu diesem Zwecke angewendeten Kraft vorzüglich zwei Fälle praktisch wichtig:

- 1) die Kraft wirkt parallel mit der Länge der schiefen Ebene,
- 2) die Kraft wirkt parallel mit der Basis der schiefen Ebene. Für den zweiten Fall ist es nicht unbedingt nothwendig, daß die Basis eine horizontale Lage habe.

Erster Fall. Liegt ein Körper auf einer schiefen Ebene und will man ihn durch eine mit der Länge parallel wirkende Kraft darauf in Ruhe oder im Gleichgewichte erhalten, so muß sie der gleitenden gradlinig entgegen wirken (durch einen Druck von unten oder einen Zug von oben) und ihr gleich sein, wenn man auf die Reibung nicht Rücksicht nimmt. Diese Kraft wird man aber mit Berücksichtigung der Reibung um so mehr verkleinern können, je größer die Reibung ist, welche den Körper festhält.

Will man aber den Körper aufwärts bewegen, so muß die Kraft größer sein, als die Summe der gleitenden Kraft und der Reibung;

will man ihn abwärts gehen lassen, so wird die anzuwendende Kraft, vermehrt um die sie unterstützende Reibung, geringer sein müssen, als die gleitende Kraft.

In allen Fällen verhält sich die respektive Kraft einschließlich der Reibung zur absoluten Kraft wie die Höhe der schiefen Ebene zur Länge. Wächst daher für eine bestimmte schiefe Ebene die absolute Kraft, so wächst auch die respektive in demselben Verhältnisse. Wenn also auf demselben schiefen Wege zwei Wagen sich befinden, von denen der eine mit 20, der andere nur mit 10 Zentnern belastet ist, so werden die Pferde bei jenem die doppelte Kraft anwenden müssen, um ihn in Ruhe zu erhalten. Es fällt den Pferden demnach auch schwerer, einen schweren Wagen beim Herabfahren zu steuern, als einen leichten, und man ist bei jenem eher genöthigt, ihnen durch einen die Reibung vermehrenden Hemmschuh zu Hilfe zu kommen, als bei diesem.

Daraus ergibt sich auch, daß ein schwerer Wagen auf einem Wege von gewisser Steigung die Reibung eher überwindet, als ein leichter. Da nun bei Eisenbahnen die Reibung so geringe ist und die Bewegung eines Wagenzuges nur durch die an den Triebädern der Lokomotive stattfindende Reibung möglich ist, so folgt, daß bei der bedeutenden Last derselben die Eisenbahnen nur eine geringe Steigung haben dürfen.

In Frankreich dürfen die Chausséen eine Neigung von höchstens nur  $4^{\circ} 46'$  haben, also auf 13 Fuß Länge 1 Fuß Erhebung. Eine Erhebung von  $5^{\circ}$  oder von 1 Fuß auf 11,5 Länge verlangt für ein Pferd bei voller Ladung eine Zugkraft von 310 Pfunden, welche es auf eine lange Zeit mit Sicherheit nicht besitzt, während bei dem vorigen Winkel die Zugkraft auf 282 Pfunde herabsinkt. Rechnet man bei völlig ebenem und horizontalem Wege etwa 31 Zentner als volle Last, d. h. Wagen mit Belastung, welche ein Pferd zu ziehen vermag, so darf der Weg auf 25 Fuß Länge nur 1 Fuß Steigung haben, oder der Neigungswinkel darf nur  $2^{\circ} 18'$  sein, wenn es ohne übertriebene Anstrengung den Wagen hinaufziehen soll, wobei die Reibung  $\frac{1}{10}$  der Last gerechnet ist. — Einen Berg mit  $15^{\circ}$  Neigung kann man bei voller Ladung nicht mehr herabfahren, denn wenn man auch auf die durch einen Hemmschuh bewirkte Reibung  $\frac{1}{10}$  der Last rechnet, so ist die noch wirksame respektive Kraft immer noch zu groß. Nimmt man das Gewicht eines vier-spännigen Wagens zu 800 Pfunden an, so würde auf jedes der Stangenpferde eine Schubkraft von 313 Pfunden und bei einem mit 1600 Pfunden beladenen Wagen für jedes Pferd gar 2819 Pfunde kommen, was auszuhalten unmöglich ist.

Es ist also durchaus nothwendig, daß man steile Wege nach Möglichkeit vermeidet. Um auf hohe Berge, wie z. B. in der Schweiz, zu gelangen, legt man den Weg im Zickzack an, d. h. in Schlangenlinien mit ziemlich raschen Wendungen nach einer möglichst lange in schräger, aber grader Richtung fortlaufenden Strecke.

Wollen wir selbst bergauf steigen, so wird uns dies nur so lange möglich sein, als wir durch das Vorwärtslegen des Oberkörpers unseren Schwerpunkt durch die nach oben gerichteten Fußsohlen noch unterstützen können und als dieselben durch die Reibung noch festgehalten werden. Da hierbei das Schienbein mit der Fußsohle einen um so kleineren Winkel macht, je steiler der Berg ist, und da wir diesen Winkel nicht gut kleiner, als etwa  $53^\circ$  machen können, so darf eine glatte Bergfläche, die etwa mit kurzem Rasen oder mit nackten Felsen ohne Hervorragungen bedeckt ist, keinen größeren Neigungswinkel, als  $37^\circ$  ( $90^\circ - 53^\circ$ ) bilden, wenn wir noch aufwärts steigen wollen. Kann man mit den Füßen Stufen in den Boden machen oder sind Hervorragungen vorhanden, so kann der Winkel wohl bis  $42^\circ$  wachsen. Wäre die Reibung an den Füßen nicht größer, als  $\frac{1}{3}$  der Last, so müßte man schon bei  $20^\circ$  Neigung ausgleiten und herabfallen.

Wenn wir heute noch die ungeheuren Massen anstaunen, welche die Egyptier bei ihren Pyramiden auf so bedeutende Höhen gebracht haben, ohne daß sie so wirksame Maschinen besaßen, wie wir sie jetzt gebrauchen; so konnten sie diesen Erfolg wohl nur durch Anwendung der schiefen Ebene und Rolle erreichen. Auch jetzt werden bei größeren Bauwerken noch die sogenannten Laufbrücken (Rampen) angewendet, um die Materialien hinauf zu schaffen.

In den Bergwerken legt man in den Stollen schiefe Fahrbahnen an, die man auch außerhalb weiter fortführt und benutzt die herabgehenden gefüllten Wagen, um immer einen leeren wieder herauf zu ziehen, indem sie an den Enden eines oben um eine Rolle gehenden Taus befestigt sind.

Auf gleiche Weise lassen sich zwei solche Wagen benutzen, um Hügel oder Berge abzutragen.

Die sogenannten Rollwagen haben hinten eine herabzuklappende schiefe Ebene, welche aus zwei parallelen und durch Querhölzer zusammengefügt starken Stangen besteht, um die Lasten mit Kräftersparniß entweder von dem Wagen herabzulassen oder sie hinaufzuschaffen. Solche Schrotleitern mit Widerhaken werden aber auch nach dem Bedürfnisse frei aufgelegt. Will man durch sie runde Fässer in Keller hinablassen, so umschlingt man das Faß mit einem an dem oberen Querholze der Leiter oder der Rutschbalken angebundenen Taus und läßt das andere Ende desselben nach und nach los.

Eine der interessantesten Anwendungen der schiefen Ebene ist bei den sogenannten trockenen Schleusen gemacht worden, um Schiffe über Anhöhen zu bringen. Um die bei Worsten in England gegrabenen Steinkohlen bis an den Fluß Mersey zu schaffen, müssen die Schiffe den Unterschied des Wasserstandes von 106 englische Fuß zwischen den Theilen des 52 englische Meilen langen Kanals auf einer schiefen Ebene von 453 Fuß Länge, bei 1 Fuß Steigung auf

4 Fuß Länge, überschreiten. Noch im Wasser werden die Schiffe auf Rollwagen gefahren, auf denen sie die Fahrt außerhalb des Wassers fortsetzen. — In neuester Zeit ist auch in Preußen ein ähnlicher Bau vollendet worden.

An Großartigkeit aber übertrifft wohl keine schiefe Ebene die, welche im Jahre 1816 in der Schweiz vom Pilatusberge herab gebaut worden ist, um auf ihr die Baumstämme des Urwaldes herabzulassen. Sie wurde aus 25000 geschälten Stämmen muldenförmig, 6 Fuß breit und 3 bis 6 Fuß tief, ohne Eisen zusammengefügt und ließ die oben losgelassenen Stämme einen Weg von 3 Stunden in  $2\frac{1}{2}$  Minuten zurücklegen. In die Rinne lief von vielen Seiten stets Wasser, um Feuergefahr zu vermeiden.

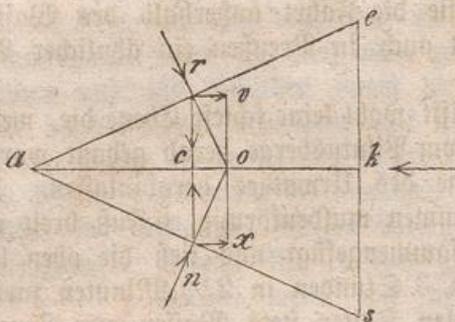
Wenn man mit Anwendung einer schiefen Ebene eine Last hinauf oder herab schaffen will, so verhält sich zwar die Kraft zur Last nur wie die Höhe zur Länge der Ebene und man spart somit an Kraft, aber diese Krasterparnis wird erkauft durch einen verhältnißmäßig ebenso großen Aufwand an Weg oder an Geschwindigkeit bei einer gewissen Zeit, denn man muß die ganze Länge der schiefen Ebene zurücklegen, um nur den höchsten Punkt ihrer kleineren Höhe zu erreichen oder es verhält sich die Geschwindigkeit der Kraft zu der der Last, wie die Länge der schiefen Ebene zu ihrer Höhe.

Zweiter Fall. In dem zweiten oben angegebenen Falle wirkt auf einen die schiefe Ebene belastenden Körper die Kraft parallel mit der Basis und dann verhält sich dieselbe zu dem Widerstande nur wie die Höhe der schiefen Ebene zur Basis.

Wenn bei einer schiefen Ebene die Höhe 3, die Basis 4 und die Länge 5 Ellen lang wäre und es läge auf ihr eine Last von 120 Pfunden, so würden dieselben, abgesehen von der Reibung, durch eine mit der Länge parallel wirkende Kraft von 72 und durch eine mit der Basis parallele Kraft erst von 90 Pfunden im Gleichgewichte gehalten. (Im ersten Falle steht  $k : 120 \text{ Pfunde} = 3 : 5$ , im zweiten Falle  $k : 120 \text{ Pfunde} = 3 : 4$ ). Obwohl also die Krasterparnis im zweiten Falle eine geringere ist, so wird derselbe doch, wie wir bei der Schraube sehen werden, für die Praxis sehr wichtig.

### Der Keil.

Wenn man zwei schiefe Ebenen mit vollkommen gleichen Abmessungen, deren lothrechte Querschnitte durch  $eak$  und  $sak$  (Fig. 219) dargestellt sein mögen, mit ihrer Basis aneinander so legt, daß diese einander decken, so hat man einen Keil erhalten. Der Keil ist also ein Körper, welcher begrenzt wird von drei rechtwinkligen Vierseiten und zwei gleichschenkligen Dreiecken.  $es$ , welches die doppelte Höhe der schiefen Ebene ist, heißt der Rücken des Keiles,  $ae$  und  $as$ , die



(Fig. 219.)

Richtung zu vernichten, um zwei Gegenstände zusammen zu pressen und um Gegenstände zu heben.

In allen Fällen wird die Schneide des Keiles so in einen Spalt gesteckt, daß seine Seiten in zwei Punkten  $r$  und  $n$ , welche von der Schneide gleiche Entfernungen haben, von dem widerstehenden Gegenstande getroffen werden, und dann läßt man stets, wenigstens am vortheilhaftesten, eine Kraft lothrecht auf den Rücken, also in der Richtung  $ka$  oder in der Richtung der Basis der schiefen Ebenen wirken. Da nun die Widerstände in  $r$  und  $n$  lothrecht auf die Seiten des Keiles wirken, so sind ihre Richtungen  $ro$  und  $no$  schief gegen die  $ak$ . Wollen wir den zur Wirkung kommenden Antheil der Widerstände finden, so müssen diese schief wirkenden Kräfte aufgelöst werden in zwei Seitenkräfte, von denen die eine lothrecht auf  $ak$ , die andere mit ihr parallel wirkt. Sind  $ro$  und  $no$  die Maße der gleichen Widerstände, so ist der erste aufgelöst in  $rc$  und  $cv$ , der zweite in  $nc$  und  $nx$ . Die beiden Seitenkräfte  $rc$  und  $nc$  wirken einander gradlinig entgegen und sind gleich, heben also einander auf, und es bleiben nur noch die beiden anderen Seitenkräfte  $rv$  und  $nx$ , welche der  $co$  gleich sind, als Widerstände übrig, denen die auf den Rücken des Keiles wirkende Kraft gradlinig zusammengesetzt wirkt. Wenn jeder dieser Widerstände  $W$  und die auf den Rücken wirkende Kraft  $K$  heißt, so wird Gleichgewicht der Kräfte vorhanden sein, wenn  $K = 2 \cdot W$  ist, und ist  $K$  etwas größer, so wird, abgesehen von der Reibung, der Widerstand überwunden und der Zweck erreicht, welchen man durch Anwendung des Keiles bezweckt.

Es entsteht nur noch die Frage, in welchem Verhältnisse hier die anzuwendende Kraft mit dem ihr entgegen wirkenden Widerstande steht. In dem Dreiecke  $cor$  stehen  $co$  und  $or$  genau in demselben Verhältnisse, wie  $ke$  und  $ea$  von dem Dreiecke  $kea$ , d. h. es verhält sich in Beziehung auf die eine Hälfte des Keiles die zur Wirksamkeit gelangende Kraft zu dem vorhandenen Widerstande, wie die halbe Breite des Rückens zu einer Seitenlinie. Was von den Hälften des Keiles gilt, hat auch für den ganzen seine Richtigkeit, und da man für das

früheren Längen der schiefen Ebenen, sind seine Seiten, und die Treffungsline dieser Seiten, von welcher  $a$  der Durchschnittspunkt mit dem Querschnitte ist, heißt die Schneide des Keiles.

Man wendet dieses sehr wirksame Instrument zu verschiedenen Zwecken an, namentlich um einen Körper zu spalten oder seinen Zusammenhang in einer gewissen

Verhältniß der Breite des Rückens zu einer Seitenlinie das der Fläche des Rückens zur Seitenfläche nehmen kann, so heißt das Gesetz:

die lothrecht auf den Rücken des Keiles wirkende Kraft verhält sich zu dem ganzen Widerstande, wie die Fläche des Rückens zu den beiden Seiten.

Daraus ergibt sich, daß man bei der Anwendung eines Keiles um so mehr an Kraft sparen wird, je schmaler der Rücken ist im Verhältnisse zur Seitenlinie, oder: schmale Keile sind bei einer gewissen zugebotenen Kraft wirksamer, als breite. Je breiter der Rücken bei gewissen Seiten ist, desto größer ist auch der Winkel, welchen die letzteren bilden. Schmale Keile haben also unter diesem Umstande auch eine scharfe Schneide, so daß die Keile mit scharfen Schneiden wirksamer sind, als die mit stumpfen.

Es ist nicht nothwendig, daß der senkrechte Querschnitt eines Keiles ein gleichschenkliges Dreieck ist; es kann auch ein rechtwinkliges oder ein schiefwinkliges ungleichseitiges sein. Für den letzten Fall müssen die drei Linien, welche die auf die drei Flächen lothrecht wirkenden Kräfte darstellen, einander auch in einem Punkte schneiden, wenn Gleichgewicht vorhanden sein soll, weil sonst eine Drehung erfolgen würde.

Bei der schiefen Ebene wurde die Last auf derselben bewegt, während die Ebene ruhet; beim Keile wird diese schiefe Ebene gegen die zu bewältigende Last bewegt, was aber in der Theorie keinen Unterschied macht.

Bedient man sich des Keiles zum Spalten des Holzes, der Steine u. dergl. oder zum Hinaufreiben einer Last, so steckt man ihn in einen Spalt und in diesem muß er durch die Reibung festgehalten werden und darf nicht bei jedem, auf seinen Kopf ausgeübten Schläge zurückspringen, wenn er nicht seine Wirksamkeit verlieren soll. Diese für seine Anwendbarkeit nothwendige Reibung ist also gewiß sehr bedeutend und läßt einen Theil der auf ihn verwendeten Kraft verloren gehen. Die Reibung ist mindestens so groß, als der gegen ihn ausgeübte Druck des widerstehenden Körpers. Der durch ihn erzielte Erfolg ist aber wesentlich durch die auf ihn ausgeübten Schläge oder Stöße (nicht Drucke), z. B. eines Hammers, bedingt, indem hier die Kraft im graden Verhältnisse von der stoßenden Masse und der Quadratzahl ihrer Geschwindigkeit abhängt.

Eine Masse von 1 Pfund gibt bei 1 Fuß Geschwindigkeit in 1 Sekunde einen Erfolg von 0,47 Pfunden. Da man aber der Hand in 1 Sekunde eine Geschwindigkeit von 50 Fuß zu geben vermag, so läßt sich dem Hammer von 1 Pfunde Gewicht an einem Stiele wohl eine Geschwindigkeit von 100 Fuß ertheilen und seine Stoßkraft beträgt dann  $100^2 \times 0,47 = 4700$  Pfunde, bei 50 Fuß Geschwindigkeit aber nur 1175 Pfunde.

Nehmen wir für diese Fälle einen Keil, dessen Seitenflächen einen Winkel von 15 Graden bilden und daß die Hälfte der Kraft durch die Reibung verloren geht; so ist die Wirkung für den ersten Fall 9079,7 und für den zweiten noch 2270 Pfunde.

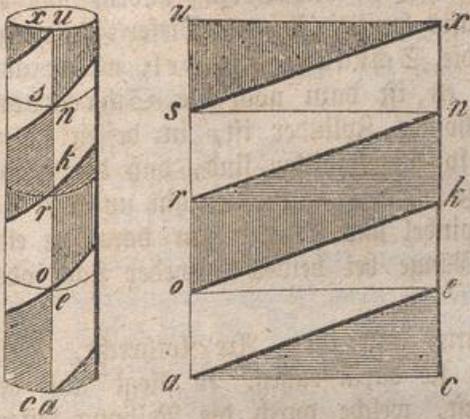
Wendet man zum Schlagen Hämmer an, welche bedeutend schwerer sind, z. B. 10 bis 12 Pfunde und noch schwerer, so läßt sich leicht entnehmen, daß man durch Keile ungemein große Erfolge zu erreichen im Stande ist, z. B. bedeutende Schiffe u. a. zu heben.

Zu den Keilen sind zu rechnen: alle Arten von Messern, die Schneiden der verschiedenen Scheren, die Meißel oder Stemmeisen, die Hobeleisen, die Beile und Aexte, von denen die sogen. Schellärte zum Spalten ganzer Holzkloben einen breiten Rücken und eine stumpfe Schneide haben; ferner die Zähne, namentlich Schneide- und Nagezähne, von Menschen und Thieren, die Pflugscharen, Grabstichel, die Säbel, Degen und Spieße, die Nägel, die Nadeln. Bei den letzteren ist die bei den früheren Gegenständen linienförmige Schneide mehr zu einem Punkte geworden und die bei jenen ebenen Seiten sind schmaler und abgerundet.

Bei den Gewölben sind die einzelnen Bogenauschnitte auch Keile, nur daß diese Keile durch eine mit dem Rücken parallel gelegte Schnittfläche verkürzt sind. Je flacher die Wölbung, desto größer ist der Winkel, welchen die Seiten eines jeden Keiles bilden und desto geringer ist bei einer gewissen Belastung der Druck, welchen die Seiten ausüben und erleiden und daher kann ein flaches Gewölbe weniger tragen, als ein hohes; dagegen ist der Druck auf und gegen die Widerlager oder Strebe- Pfeiler bei dem flachen Gewölbe geringer, als bei den steilen. Die Berechnung des Druckes unterliegt keinen anderen als den oben angeführten Gesetzen.

#### Die Schraube.

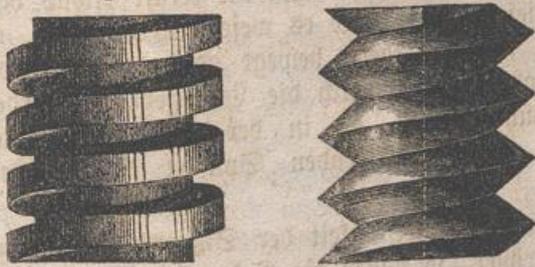
Um von der Entstehung der Schraube, dieses in der Praxis so häufig vorkommenden, äußerst wirksamen und sonst noch wichtigen Instrumentes, einen möglichst klaren Begriff zu bekommen, wollen wir uns einen graden Zylinder aus irgend einem festen Körper, z. B. Holz oder Metall denken und außerdem ein rechtwinkliges Dreieck aus Papier, dessen eine Kathete (ein Schenkel des rechten Winkels) genau gleich dem Umfange des Zylinders ist. Stellen wir nun den Zylinder (Fig. 220) lothrecht und kleben das Dreieck  $ace$  so um den Zylinder, daß die Kathete  $ac$ , welche gleich dem Umfange des Zylinders angenommen wurde, horizontal liegt; so steigt die Hypothenuse  $ae$  als wie eine schiefe Ebene rings um den Zylinder empor. Nimmt man nun ein zweites, mit dem ersten vollkommen übereinstimmendes Dreieck, dreht es um in die Lage von  $rok$ , so daß jetzt die Basis oben und auch horizontal liegt, und klebt es so auf den Zylinder, daß  $o$  in  $e$  zu liegen kommt, so wird die jetzige Hypothenuse als Fortsetzung der vorigen



(Fig. 220.)

Es ist wohl leicht einzusehen, daß man die Schraubenlinie auch dadurch erhält, daß man sich ein Papier in der Form eines rechtwinkligen Parallelogrammes wie  $uxca$  schneidet, dessen Basis  $ac$  dem Umfange und dessen Höhe  $au$  der Höhe des Zylinders gleich ist; daß man die Höhe in gleiche Theile  $us$ ,  $sr$ ,  $ro$  und  $oa$  zerlegt, durch die Theilungspunkte Linien parallel mit der Basis zeichnet, wodurch man lauter kleinere Parallelogramme erhält und in diesen endlich die Diagonalen  $sx$ ,  $rn$ ,  $ok$  und  $ae$  zeichnet. Wickelt man nun die so erhaltene Figur um den Zylinder, so bilden die Diagonalen die ununterbrochene Schraubenlinie.

Wollen wir nun ein brauchbares Instrument haben, so müssen wir dafür sorgen, daß die schiefe Ebene, deren Lage durch die schiefe Linie dargestellt wird, auch wirklich vorhanden ist.



(Fig. 221.)

Man muß zu diesem Zwecke (Fig. 221) in der Richtung dieser Schraubenlinie noch eine zweite, also mit ihr gleichlaufende zeichnen und den zwischen ihnen befindlichen Streifen des massiven Zylinders bis auf eine gewisse Tiefe ausschneiden, wobei die Schnittflächen untereinander parallel und gegen die Zylinderfläche lothrecht sind, wie es Fig. 1 andeutet. Dadurch bekommt man die sogen. flachen Schraubengänge. Statt dessen kann man auch von der Schraubenlinie aus schräge zu beiden Seiten unter gleichen

erscheinen. Nun nimmt man ein drittes Dreieck  $rkn$  und klebt es wie das erste, ein viertes  $usx$  wie das zweite, und man erhält durch die Hypothenusen eine ununterbrochene, sich um den Zylinder windende Schraubenlinie; die einmalige Hypothenuse heißt ein Schraubengang, die Entfernung des Anfanges und des Endes eines Schraubenganges, welche durch die zweite Kathete des umgewickelten Dreieckes, also durch  $ce$ , angegeben wird, heißt die Höhe eines Schraubenganges.

Winkeln gegen die Zylinderoberfläche einschneiden und bekommt so scharfe Schraubengänge, wie es Fig. 2 zeigt, deren Kante aber bei großen Widerständen leichter ausbricht, obwohl sie den Vorzug haben, daß bei derselben Höhe der Gänge die Basis breiter ist. — Dieser so ausgeschchnittene massive Zylinder heißt die Schraubenspindel, welche aber für sich noch nicht brauchbar ist; es ist dazu noch die Schraubenmutter erforderlich, welche ein hohler Zylinder ist, in dessen innere Fläche ebensolche Schraubengänge so eingeschritten sind, daß die Spindel mit den ihrigen sich ohne große Reibung auf ihnen hin und her bewegen läßt. Es ist klar, daß Spindel und Mutter nur dann zu einander passen werden, wenn die Gänge bei beiden entweder flach oder scharf sind.

Stellt man die Schraubenmutter mit ihrer Aze lothrecht, dreht man die Spindel hinein und läßt sie darin ruhen, so liegt auf der schiefen Ebene der Mutter eine Last, welche durch die Reibung festgehalten wird. Diese Last wird natürlich vergrößert, wenn man die Spindel beschwert oder auf sie einen Druck ausübt. Wenn man nun die Spindel dreht, indem man sie an ihrem Umfange angreift, so schiebt man auf der schiefen Ebene eine Kraft, welche horizontal, also parallel mit der Basis der schiefen Ebene wirkt. Aus dem bei der schiefen Ebene Angeführten wissen wir aber, daß für das Gleichgewicht in diesem Falle sich die Kraft zur Last (dem Widerstande) verhält wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Basis. Hier ist nun die Höhe der schiefen Ebene auch die Höhe eines Schraubenganges, die Basis von jener ist der Umfang der Spindel (oder der innere Umfang der Mutter, gerechnet von der Mitte der schiefen Fläche). Also heißt hier das Gesetz für das Gleichgewicht, wenn die Kraft am Umfange der Spindel angreift:

die Kraft verhält sich zum Widerstande wie die Höhe eines Schraubenganges zum Umfange der Spindel.

Soll Bewegung aufwärts eintreten, so muß die Kraft etwas vermehrt werden. Bei der schiefen Ebene war es wesentlich einerlei, ob die Last auf einer ruhenden schiefen Ebene bewegt oder ob unter die ruhende Last die Ebene geschoben und dadurch die Last gehoben werden sollte. Hier also ist es auch einerlei, ob in der ruhenden Mutter die belastete Spindel oder auf der ruhenden Spindel die belastete Mutter bewegt werden soll.

Die Krasterparniß oder die Wirksamkeit der Schraube bei einer gewissen Kraft ist um so größer, je näher die Schraubengänge aneinander liegen oder je geringer die Höhe jedes einzelnen und je größer der Umfang der Spindel oder Mutter ist. Da aber Spindeln von sehr großem Durchmesser sehr unbequem sein und solche Schrauben sich auch nicht leicht anfertigen lassen würden, so steckt man, wenn die

Spindel gedreht werden soll, lothrecht zu ihrer Ase zwei oder mehre Stäbe als Hebelarme durch sie und wenn die Mutter gedreht wird, versteht man sie mit zwei verlängerten Griffen, welches auch die Arme von einarmigen Hebeln sind, deren Drehungspunkt in der Ase der Schraube liegt. Es verhält sich nun mit Berücksichtigung eines angewendeten Hebels

die Kraft zur Last wie die Höhe eines Schraubenganges zu der vom Angriffspunkte der Kraft durchlaufenen Peripherie.

Um zur Erzeugung sehr großer Wirkungen nicht allzulange Hebelarme anzubringen, befestigt man an dem mäßig langen Arme ein Seil, schlingt dieses um die Welle einer Winde und dreht diese mittelst eines langen Hebelarmes. Die Wirkung kann hierdurch so gesteigert werden, daß selbst 6zöllige eiserne Schrauben zerdreht oder ihre Gänge zerbrochen werden können.

Ist z. B. die Höhe eines Schraubenganges nur 1 Zoll oder  $\frac{1}{2}$  Fuß, der an der Spindel angebrachte Hebelarm aber 10 Fuß, folglich der ganze von seinem Endpunkte beschriebene Kreisumfang  $10 \cdot 2 \cdot 3,1415 = 62,83$  Fuß und läßt man am Ende des Hebelarmes noch eine Winde wirken, welche die Kraft um das 10fache vermehrt; so ist also die Kraft eines mit 50 Pfunden wirkenden Menschen gleich  $50 \times 62,83 \times 10 \times 12 = 376980$  Pfunde, wenn auf die Reibung keine Rücksicht genommen wird. Wirkte ein Mensch nur mit 30 Pfunden Kraft, so wäre der Erfolg 226,118 Pfunde.

Wenn man in Amerika Häuser sammt ihren Bewohnern, ja ganze Städte hebt, wie es früher mit Schitago geschehen ist, welches den Ueberschwemmungen ausgesetzt war; so erscheint dieses bei den so bedeutenden Erfolgen, welche man schon durch Anwendung einer einzigen Schraube erreichen kann, gar nicht mehr so sehr wunderbar, ja fabelhaft. Man wendet aber für solche Zwecke etwa 150 gleichmäßig wirkende Schrauben an, stellt zu jeder einen Arbeiter, läßt alle auf ein gegebenes Zeichen ihre Schrauben in eine gleichmäßige Bewegung versetzen und kann dann den so gewonnenen Raum, welcher in dem angeführten Beispiele im Ganzen eine Höhe von 9 Fuß hatte, untermauern. Die hydraulischen Pressen sind indeß noch wirksamer.

Wenn auch durch Benutzung einer Schraube mit niedrigen, aber immer noch hinreichend widerstandsfähigen Gängen und langen Hebelarmen bedeutend an Muskelkraft gespart wird; so steht mit dieser Ersparniß der Aufwand an Zeit in gleichem Verhältnisse, weil der Widerstand nur um die Höhe eines Schraubenganges in derselben Zeit überwunden wird, während welcher die Kraft den ganzen Kreisumfang beschreift, dessen Radius die Entfernung ihres Angriffspunktes von der Ase der Schraube ist.

Es verhalten sich also die Geschwindigkeiten von Kraft und Last zu einander, wie die von der Kraft durchlaufene Kreislinie zur Höhe eines Schraubenganges.

Da man häufig selbst mit Aufwand an Zeit große Widerstände auf kurze Strecken zu beseitigen und dabei recht sanfte Bewegungen ohne Ruck und Stoß zu erreichen wünscht, so gehören die Schrauben auch in dieser Beziehung zu den nützlichsten Werkzeugen.

Es ist übrigens wohl klar, daß man bei der Anwendung die Axe der Schranbe nicht grade lothrecht auf den Horizont zu stellen braucht; wir haben dieses anfänglich nur angenommen, um die Zurückführung des hier geltenden Gesetzes auf das bei der schiefen Ebene zu erleichtern.

Die Wirkung einer Schraube kann ohne Verlängerung der Hebelarme vergrößert werden, wenn man an dieselbe Spindel zwei Gewinde von verschiedenem Durchmesser einschneidet und jedes in einer Mutter gehen läßt, so daß beide Müttern einander sich nähern oder von einander entfernen lassen. Es ist hier eine Wirkung ähnlich der von Differenzialrollen und der Gegenwinde und man könnte die Vorrichtung eine Differenzialschraube nennen.

Die Kraft verhält sich bei ihr zum Widerstande, wie der Unterschied der Höhen der Gänge zum Umfange des von der Kraft beschriebenen Kreises.

Hätte z. B. die Spindel an dem einen Theile 10 Gänge auf einen Zoll, an dem anderen aber 12, so würde der zu bewegende Körper nach einer Umdrehung um  $\frac{1}{10}$  Zoll gehoben und zugleich um  $\frac{1}{12}$  Zoll herabgedrückt, also im Ganzen um  $\frac{1}{10} - \frac{1}{12} = \frac{2}{120} = \frac{1}{60}$  Zoll gehoben und durch entgegengesetzte Drehung herabgedrückt. Es ist also klar, daß man durch solche Schrauben außerordentlich kleine Bewegungen hervorbringen und auf diese Weise zur Abmessung sehr kleiner Entfernungen benutzen kann. Eine zu diesem Zwecke eingerichtete Schraube wird eine Mikrometerschraube genannt.

Man erhält eine Mikrometerschraube auch dann, wenn man den Schraubengängen eine sehr geringe Höhe gibt. Gesezt, ein Schraubengang auf einer Spindel, welche sich in einer festen Mutter bewegt, habe eine Höhe von  $\frac{1}{2}$  Millimeter; so wird ihr Endpunkt oder ein am Ende befindliches Stifftchen nach einer einmaligen ganzen Umdrehung um  $\frac{1}{2}$  Millimeter, nach einer Drehung von 180 Graden, um  $\frac{1}{4}$ , nach 90 Gr. Drehung, um  $\frac{1}{8}$  Millimeter u. s. w. sich verschoben haben. Ist nun senkrecht zur Schraube eine in Grade und Theile derselben (mittelfst Nonius) eingetheilte Kreisscheibe und an der Axe ein mit ihr zugleich drehbarer Zeiger angebracht, so lassen sich leicht sehr kleine Drehungen ablesen und hervorbringen. Eine Drehung um 1 Grad oder den 360sten Theil des Umfanges schiebt die Spindel auch um den ebensovioleten Theil der Höhe eines Schraubenganges, d. i. um  $\frac{1}{360}$  Millimeter fort; hätte

man also nur  $\frac{1}{20}$  Grad gedreht, so würde die Verschiebung nur  $\frac{1}{20} \cdot \frac{1}{720} = \frac{1}{14400}$  Millimeter betragen.

Die Millimeterschrauben sind daher zu genauen Eintheilungen, namentlich in sehr kleine Theile, überhaupt zu Theilungsmaschinen und zu mikroskopischen Messungen unentbehrlich.

Wird bei einer Schraube nicht bloß ein Gang berücksichtigt, auf dessen schiefer Ebene der Widerstand wirkt, sondern sind  $n$  Schraubengänge, auf denen die Last  $L$  sich befindet, so ist der auf jeden einzelnen wirkende Antheil von ihr nur  $\frac{1}{n} \cdot L$ , so daß sie nicht übermäßig stark zu sein brauchen, um haltbar zu sein; der Gesamtwiderstand bleibt aber derselbe.

Die bisher betrachteten Schrauben hatten nur ein einfaches Gewinde; aber es gibt auch solche, welche 2 bis 3, höchstens 4 mit einander parallel laufende, also überhaupt mehrfache Gewinde haben. Um sie zu erhalten, theilt man den Umfang der Spindel in so viele gleiche Theile, als Gewinde gemacht werden sollen, und gibt von den Theilungspunkten an jedem Schraubengange als Höhe das  $n$ -fache der Höhe eines einzelnen Ganges, als Gewinde zu machen sind. Die einzelnen Theilungspunkte am Umfange der Spindel sind die Anfangspunkte für die einzelnen Schraubengänge. Hier soll die Last gleichzeitig auf zwei oder mehren geneigten Ebenen bewegt werden und daher muß die Kraft in gradem Verhältnisse mit der Anzahl der Schraubengänge vermehrt werden, so daß sich bei  $n$  Schraubengängen die Kraft zur Last verhält, wie das  $n$ -fache der Höhe eines Ganges zum Umfange der Spindel, wenn an ihr die Kraft angreift. Der Vortheil besteht darin, daß die Geschwindigkeit der Bewegung vermehrt wird. Man gebraucht sie namentlich bei solchen Pressen, welche beim Aufhören der wirkenden Kraft von selbst wieder zurückgehen sollen, wozu einfache Gewinde nicht geeignet sind, weil auf ihnen der ganze Reibungswiderstand wirksam, also dem Zurückgleiten hinderlich ist. Da diese Reibung mehr als die doppelte Kraft erfordert, so ist ihre Vertheilung auf zwei Gewinde noch nicht hinreichend, sondern es müssen mindestens drei sein.

Es dürfen für solche Fälle, wie bei Münz-, Siegel-, Papierpressen, die Schraubensflächen überhaupt keine große Reibung darbieten. Hierher gehören auch die Ziegel- und Drainröhrenpressen.

In vielen Fällen aber soll durch Schrauben eine dauernde Pressung bewirkt werden und dann darf nach dem Aufhören der wirkenden Kraft die Schraube nicht zurückgehen, sondern es muß in solchen Fällen der Reibungswiderstand größer sein, als die Last. Dies gilt z. B. für die Schraubenzwingen der Tischler, für die Schraubstöcke der Schlosser u. A., für die Buchbinderpressen, Pflanzenpressen, Wein-, Del-, Kopr-, Drucker- u. a. Pressen. — Statt Flintenkugeln zu gießen, werden sie auch durch Schraubenpressen hergestellt, wodurch die richtige Lage ihres Schwer-

punktes gesichert wird. — Außerdem wendet man Schrauben an, um Instrumente (Meßtische, Nivellirapparate, Fernröhre) angemessen einzustellen, um Reißfedern und Haar- oder Federzirkel für den Gebrauch einzurichten, um Geschütze zu richten, um Wagen während des Fahrens zu hemmen und zu bremsen u. s. w. — Von wesentlichem Nutzen sind die Schrauben beim Baue artesischer Brunnen, denn die Metallröhren können in die gebohrten Löcher nicht durch Rammen eingetrieben werden, weil sie bei einem etwas größeren Reibungswiderstande an der äußeren Röhrenwand bald zertrümmert werden würden, sondern sie müssen durch kräftig, aber langsam wirkende Schraubenpressen herabgedrückt werden.

Hat man an einer Spindel mit fester Ase nur einige Schraubengänge, greifen dieselben aber in die Zähne eines Stirnrades ein; so kann man durch ununterbrochene Drehung der Spindel auch das Rad in fortwährender Drehung erhalten. Diese Vorrichtung heißt eine Schraube ohne Ende. Ist hierbei an der Ase der Schraube eine Kurbel, deren Radius  $R$  heißen mag, und an der Ase des Rades mit dem Radius  $R'$  eine Welle, deren Radius  $r$  sei; so läßt sich durch eine geringe an der Kurbel wirkende Kraft  $K$  ein bedeutender Widerstand  $W$  am Umfange der Welle überwinden, denn das Verhältniß der Kraft zur Last ist aus zwei Verhältnissen zusammengesetzt, nämlich aus dem der Höhe  $h$  eines Schraubenganges zur Peripherie  $6,283 R$  der Kurbel und aus dem der Radien der Welle und des Rades, also

$$K : W = hr : 6,283 R R'.$$

Wäre z. B. die Höhe eines Schraubenganges 1 Zoll, der Radius der Welle 3 Zoll, der des Rades 3 Fuß und der der Kurbel 1 Fuß; so verhielte sich die Kraft zur Last wie  $\frac{1}{12} \cdot \frac{1}{3} : 6,283 \cdot 3 \cdot 1$  oder wie  $1 : 904,752$ , oder man könnte mit 1 Pfunde Kraft schon fast 905 Pfund Last im Gleichgewichte halten. Weil die Welle ungeachtet eines schnellen Umlaufes der Kurbel sich nur sehr langsam dreht, so kann man durch eine solche Vorrichtung sehr kleine Bewegungen messen.

## Zweiter Abschnitt.

### Von den einfachen Maschinen und Transmissionen.

Wir haben fünf Werkzeuge kennen gelernt, nämlich den Hebel, die Rolle, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube. Aus den angeführten Darstellungen ergibt sich aber, daß wir dieselben ihrer Wirksamkeit nach auf nur zwei: den Hebel und die schiefe Ebene zurückführen