



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

**Spiller, Philipp**

**Berlin, 1865**

Dritter Abschnitt. Zusammengesetzte Maschinen.

---

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

mals in derselben graden Linie, ja meist auch nicht in derselben Ebene liegen. Da aber diese drei Punkte, also auch der mittelfte mit den beiden anderen, durch feste unnachgibige Körper verbunden sind, in denen wir uns die graden Verbindungslinien denken können und da es gleichgültig ist, in welchem Punkte einer graden Linie eine in bestimmter Richtung wirkende Kraft angreift; so können wir durch Verlegung der Angriffspunkte stets auf einen gradlinigen Hebel kommen. Diese Betrachtung ist auch für alle zusammengesetzten Maschinen in aller Strenge gültig.

### Dritter Abschnitt.

#### Zusammengesetzte Maschinen.

Eine eigentliche Maschinenlehre oder die Mechanik in ihrer Anwendung auf das Maschinenwesen (technologische Mechanik) liegt außerhalb der Grenzen der Physik; aber wir können nicht umhin, wenigstens für eine Reihe der am häufigsten vorkommenden Fälle zu zeigen, wie die bisher entwickelten einfachen Gesetze auch bei den zusammengesetztesten Maschinen ihre Anwendung finden, so daß es nur einer eingehenden Betrachtung in ihre einzelnen Theile bedarf, um ihre Wirksamkeit zu erkennen. Was den Grad der Wirksamkeit der Kräfte, wie z. B. der Druckkraft luftiger Körper (der erwärmten Luft, des entzündeten Leuchtgases, der heißen Dämpfe) anlangt, so versparen wir uns das Nöthige für die betreffenden Abschnitte und nehmen hier solche Kräfte, wie Menschen- und Thierkräfte wirkend an. Je zusammengesetzter die Leistung der Maschine ist, desto mannigfaltiger sind ihre Bestandtheile und desto sorgfältiger müssen sie gearbeitet sein, um rechtzeitig ineinander einzugreifen und die richtigen Bewegungen in dem verlangten Augenblicke hervorzubringen. Ist eine Maschine ohne Fehler gebaut, so leistet sie auch unfehlbar und immerfort das Verlangte fehlerfrei. Die Arbeit einer guten Maschine wird demnach den ungeheuren Vorzug vor der Arbeit eines Menschen haben, daß sie fehlerfrei in einer Menge von Gegenständen derselben Art dargestellt ist, welche alle in gleicher Weise ihre Verwendung finden können.

Dieses ist durch Menschenarbeit gar nicht oder nur sehr schwierig und unter großem Zeitaufwande zu erreichen. Um auch hier eine größere Vollkommenheit zu erreichen und an Arbeitszeit zu sparen, hat man die Theilung der Arbeit eingeführt, so daß ein bestimmter Arbeiter nur bestimmte Bestandtheile eines Gegenstandes anfertigt, und daß dann

andere Arbeiter aus den Theilen das Ganze zusammensetzen. Die Handarbeit ist dann eine Fabrikarbeit, welche unstreitig billiger hergestellt werden kann, als wenn ein Einzelner das Ganze herstellen wollte, die aber den Arbeiter der einzelnen Stücke zu einer gewissen Einseitigkeit herabsinken läßt, welche nur durch eine erhöhte Löhnung, die hier keine Schwierigkeit hat, einigermaßen aufgewogen werden kann. Hier wird der Mensch mehr Maschine und daher läßt man auch solche Arbeiten lieber durch Maschinen machen.

Abgesehen davon, daß Maschinen uns schwere und wohl für uns oft unausführbare Muskelarbeit abnehmen, verrichten sie mit einer wunderbaren Gleichmäßigkeit ihre Arbeit, weil man ihre Kraftäußerungen genauer regeln kann, als es bei thierischen Kräften der Fall ist. Wir wollen nur beispielsweise die so äußerst zarten und gleichmäßigen Maschinengewebe im Vergleich zu den Geweben durch Menschenhand anführen. Die Maschinen leisten nicht nur mehr, als Menschenhände, sondern sie arbeiten auch billiger und besser. Hier noch weiter über den großen Segen des Maschinenwesens im Dienste der Menschheit zu sprechen, wäre wohl ungehörig und unnütz.

Wir können an jeder zusammengesetzten Maschine bekanntlich drei Haupttheile unterscheiden: die Kraftmaschine, die Zwischenmaschine und die Arbeitsmaschine. Von jener wird die uns durch die Natur dargebotene Kraft (der Muskeln, des Wassers, des Dampfes u. s. w.) zunächst zur Erzeugung einer kräftigen Drehungsbewegung einer Welle verwandelt. Zu den Arbeiten bedarf man aber sehr verschiedenartiger Bewegungen und daher muß man angemessene einfache Zwischenmaschinen anwenden.

Eine drehende Bewegung wird wieder in eine drehende verwandelt durch gezahnte Räder und Riemenscheiben. Soll durch gezahnte Räder eine gleiche Drehungsrichtung erreicht werden, so sind drei gezahnte Räder anzuwenden oder für größere Entfernungen zwei Riemenscheiben, um welche der Riemen einfach gelegt ist; will man aber eine entgegengesetzte Drehung erhalten, so wird dies durch zwei Zahnräder oder durch zwei Riemenscheiben mit gekreuztem Riemen erreicht.

Eine drehende Bewegung wird verwandelt in eine hin- und hergehende durch das Exzentrik, mag es nun sein, daß sich eine kreisrunde Scheibe um einen außerhalb ihres Mittelpunktes liegenden Punkt, oder daß eine unrunde Scheibe sich um einen inneren Punkt dreht, wobei ein bestimmter Punkt des Umfanges der Scheibe bei ihrer Drehung sich von dem Drehungsmittelpunkte abwechselnd entfernt und ihm sich nähert und eine von ihm fortgeführte Leitung diese Bewegung fortpflanzt, oder daß außerhalb der Drehungsaxe ein gegliedertes oder in seinen Befestigungspunkten drehbares Gestänge angebracht ist, oder endlich daß eine Schraube ohne Ende (auch ein Getriebe) in eine gezahnte Stange eingreift.

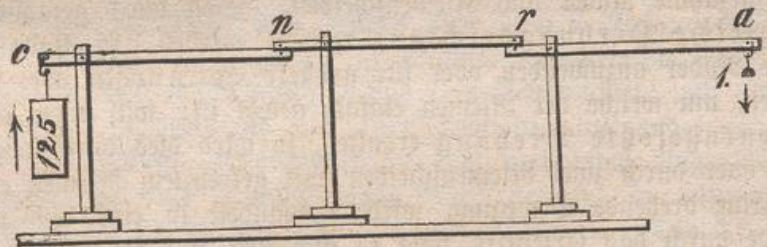
Eine hin- und hergehende Bewegung wird auch in eine drehende oder umgekehrt verwandelt durch einen Krummzapfen, eine exzentrische Scheibe, durch eine unrunde Scheibe, durch eine Kurbel mit Leitstange, wie z. B. vom Balancier einer Dampfmaschine an zu dem Schwungrad oder von dem Dampfzylinder der Lokomotive nach dem Triebgrade, welches gleichzeitig als Schwungrad wirkt, oder von dem Trittbrette der kleinen Maschine zum Spinnen zu dem großen Rade mit dem Schnurlaufe.

Endlich muß man es durch die Einrichtung der Maschine in seiner Gewalt haben, eine schnelle Bewegung in eine langsame und umgekehrt, eine gleichmäßig wirkende Kraft in eine stoßende, eine ziehende in eine drückende, eine fortwährend wirksame in eine andere mit gleichmäßigen oder ungleichmäßigen Unterbrechungen wirken zu lassen. In allen diesen Fällen müssen sich die Richtungen, in denen die Kräfte wirksam sind, nach den jedesmaligen Bedürfnissen einrichten lassen. Auch muß man eine einzelne Kraft in Theilkräfte zu verschiedenen Berrichtungen an ganz verschiedenen Stellen zerlegen können.

Es ist dem Erfindungsgeiste der Menschen auf diese Weise ein ungeheures Feld eröffnet, welches er zu seinem eigenen Wohlbefinden bebauen soll.

#### Hebelssystem.

Durch eine wirksame Verbindung von zwei oder mehreren Hebeln zu einem Ganzen, d. h. durch ein Hebelssystem könnte man zwar recht bedeutende Kräftersparnisse erzielen, aber andererseits ist auch ein in demselben Verhältnisse größerer Aufwand von Weg zu machen. Wenn



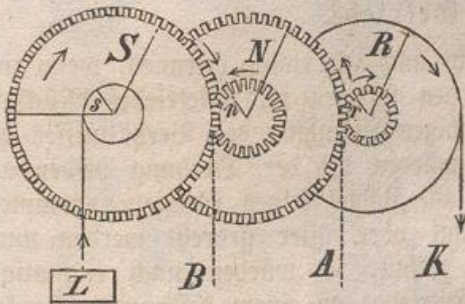
(Fig. 240.)

z. B., wie Fig. 240 zeigt, drei ungleicharmige Hebel, bei welchen das Verhältniß der Hebelarme 5 zu 1 ist, so miteinander verbunden werden, daß immer das kürzere Ende des vorhergehenden Hebels auf das längere des nächstfolgenden wirkt; so wird 1 Pfund am langen Ende *a* des ersten 5 Pfunde an seinem kurzen Ende *r* im Gleichgewichte erhalten; diese 5 Pfund wirken gleichzeitig am Anfange des langen Armes vom zweiten Hebel und halten 25 Pfund an dem kurzen Arm *n* im

Gleichgewichte; diese 25 Pfund wirken zugleich am langen Ende des dritten, so daß das Ende desselben mit 125 Pfund beschwert sein muß, um das Gleichgewicht an ihm herzustellen. Mit 1 Pfunde ist man nun zwar im Stande 125 Pfunde im Gleichgewichte zu erhalten und durch ein kleines Uebergewicht sie in Bewegung zu setzen; aber sollten diese 125 Pfunde sich auch nur um einen Zoll erheben, so müßte man mit dem 1 Pfunde 125 Zoll herabgehen, so daß eine solche Vorrichtung wohl wenig praktischen Werth darbietet. Es versteht sich wohl von selbst, daß, wenn man mit einer solchen Vorrichtung einen bestätigenden Versuch machen will, die einzelnen Hebelarme selbst miteinander vorher ins Gleichgewicht gebracht sein müssen.

### Räder system.

Wenn die Ase eines jeden von zwei oder mehr gezahnten Rädern zugleich die Ase eines Getriebes ist und die Triebstöcke eines jeden vorhergehenden Getriebes in die Zähne des nächstfolgenden Rades eingreifen, so hat man ein einfaches Räder system, wie es Fig. 241 dar-



(Fig. 241.)

stellt. Statt des letzten Getriebes kann auch eine Welle vorhanden sein, um welche sich ein Tau mit einer Last schlingt. Da die Zähne der Räder und der Getriebe ineinander eingreifen sollen, so müssen sie bei beiden gleich groß sein und zwischen einander auch gleiche Entfernungen haben; es ist also klar, daß sich die Radien von den Getriebes zu denen der Räder nicht bloß wie die Umfänge beider, sondern auch wie die Anzahl der auf diesen Umfängen vorhandenen Zähne verhalten müssen. Hat ein Rad mit dem Radius  $R$  den zehnfachen Umfang eines dazu gehörigen Getriebes mit dem Radius  $r$ , und sind auf letzterem 10 Triebstöcke oder Zähne, so sind auf ersterem 100.

Wenn an dem Umfange des ersten Rades eine Kraft  $K$  angreift, so findet sie den nächsten Widerstand  $A$  an den Triebstöcken seines Getriebes, welche die Zähne des zweiten Rades bewegen sollen. Es verhält sich bekanntlich wie beim Wellrade  $K : A$  wie  $r : R$ .

Der Widerstand, welchen das erste Getriebe fand, wirkt nach seiner Ueberwindung als eine Kraft beim zweiten Rade, für welches der Widerstand  $B$  am Umfange seines, also des zweiten Getriebes vorhanden ist und es steht  $A : B = n : N$ .

Um nun das Verhältniß  $K : B$  zu erhalten, muß man das Verhältniß  $r : R$  sovielmal nehmen, als das Verhältniß  $n : N$  angibt, wodurch man  $K : B = r \cdot n : R \cdot N$  bekommt.

Ebenso verhält sich  $B : L = s : S$ ; also endlich auch  $K : L = r \cdot n \cdot s : R \cdot N \cdot S$ , d. h.:

Es verhält sich die am Umfange des ersten Rades angreifende Kraft zu der an dem Umfange des letzten Getriebes (Welle) vorhandenen Last, wie das Produkt aus den Radien der Getriebe zum Produkte aus den Radien der Räder.

Wären die Radien der Räder überall das Zehnfache von den Radien der Getriebe, so verhielte sich die Kraft zur Last wie 1 zu 1000, oder man würde, abgesehen von der Reibung, mit 50 Pfunden Kraft im Stande sein 50000 Pfunde Last im Gleichgewichte zu erhalten und mit einem kleinen Uebergewichte von Kraft diese 50000 Pfunde in Bewegung setzen.

Dagegen verhält sich die Geschwindigkeit der Kraft zur Geschwindigkeit des Widerstandes wie das Produkt aus den Radien der Räder zum Produkte aus den Radien der Getriebe.

Wir können diese Gesetze leicht auch als richtig erkennen, wenn wir auf die Anzahl der Zähne bei den Rädern und Getrieben Rücksicht nehmen. Bleiben wir bei der obigen Annahme des Verhältnisses der Umfänge von 1 : 10 stehen, so würden bei der Drehung beider auf 1000 Zähne eines Rades nur 100 Zähne seines Getriebes kommen, gleichgiltig ob das Rad nur einmal oder öfter gedreht werden muß. Hätte das erste Rad selbst 1000 Zähne, so würden nach einmaliger Drehung nur 100 Zähne seines Getriebes an einem bestimmten Punkte, z. B. an einem Punkte am Umfange des zweiten Rades vorübergehen. Da von dem zweiten Rade also nur 100 Zähne fortgestoßen werden, so gehen von dem zu ihm gehörigen Getriebe nur 10 an einem bestimmten Punkte vorüber oder es werden dadurch von dem dritten Rade nur 10 Zähne fortbewegt und dieses gibt für das dritte Getriebe nur einen Zahn. Während also ein bestimmter Punkt an dem Umfange des ersten Rades den Weg 1000 zurücklegt, macht ein Punkt der Welle am dritten Rade nur den Weg 1.

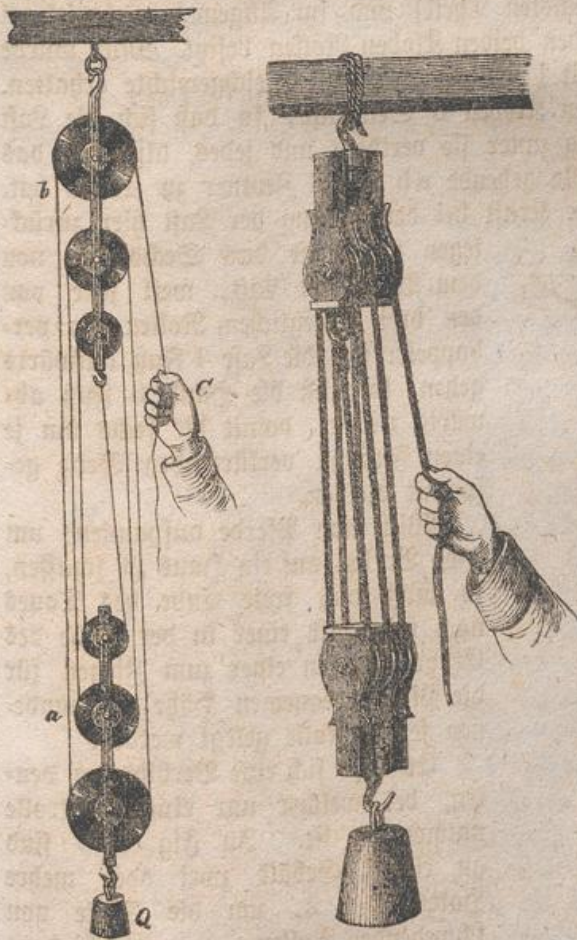
Wenn man ein Uebermaß von Kraft hat, so läßt sich durch eine solche Vorrichtung eine sehr große Geschwindigkeit erreichen; denn läßt man in dem angegebenen Falle die Kraft an der Welle des dritten Rades wirken, so wird an ihr die Geschwindigkeit 1 an dem Umfange des ersten Rades die Geschwindigkeit 1000 erzeugen. Wie für dieses Zahlenbeispiel, so für jedes andere.

Man könnte die obigen Gesetze auch so ausdrücken, daß die Pro-

dufte aus der Anzahl der Zähne der Räder und der Getriebe in die Proportionen eingeführt würden, wobei natürlich das Verhältniß der Radien der Räder und ihrer zugehörigen Getriebe nicht dasselbe zu sein braucht. Hätten z. B. die drei Räder 100, 80 und 30 Zähne, die drei zugehörigen Getriebe nach derselben Reihe 10, 20, 6; so verhielte sich die Kraft zum Widerstande wie  $10 \cdot 20 \cdot 6 : 100 \cdot 80 \cdot 30 = 1 : 200$ .

Man kann an die Axen der folgenden Getriebe Zeiger anbringen, welche auf einer eingetheilten Kreisscheibe sich bewegen und dann läßt sich die Anzahl der Umdrehungen des ersten Rades leicht ablesen. Eine solche Einrichtung haben die Wegemesser, durch die man während des Fahrens die Länge des zurückgelegten Weges, d. h. die Menge der Abwickelungen der Peripherie des Wagenrades auf dem befahrenen Wege bestimmen kann.

Vorzüglich wichtig und interessant ist es, die Anzahl recht rascher Drehungen einer Scheibe in einer Sekunde zu bestimmen, wie z. B. bei der Angabe der Anzahl von Stößen, welche zu einem bestimmten Tone gehören, wozu wir die Sphene als vorzüglich geeignet werden kennen lernen.



(Fig. 242.)

#### Kollensystem.

Es ist leicht möglich, mehre Rollen, theils feste, theils schwebende zu einem Systeme zu verbinden, welches eine größere Kraftersparniß gewährt. Zu diesem Zwecke bringt man in jede von zwei längeren Gabeln dieselbe Anzahl von Rollen mit ihren Axen in den Lagern der Gabel drehbar. (Fig. 242). Jede von diesen beiden Verbindungen heißt ein Kloben. Die Rollen in jedem Kloben können entweder übereinander in derselben Ebene oder parallel nebeneinander liegen. In dem ersten Falle

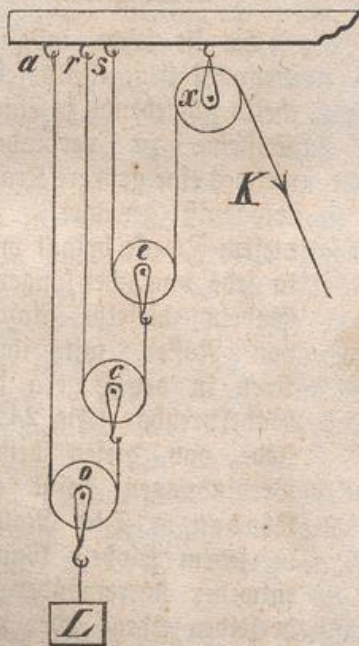
sind die Rollen nach dem einen Ende des Klobens hin von abnehmender Größe, damit die umzulegenden Tautheile aneinander sich nicht reiben. Den einen Kloben hängt man an ein festes Gebälk, an den anderen kommt die Last  $Q$ . Das Tau beginnt von dem am oberen Kloben unten befindlichen Haken und geht abwechselnd unterhalb einer unteren und oberhalb einer oberen Rolle fort, wie es die Zeichnung anzeigt, bis es zuletzt über die oberste Rolle des oberen Klobens gegangen ist und nun von der Kraft  $C$  in Anspruch genommen werden kann. Die Verbindung in der zweiten Zeichnung ist demnach wohl verständlich. Diese Vorrichtung heißt der einfache Flaschenzug.

Es ist natürlich, daß die Rollen des oberen Klobens feste oder Richtrollen sind und auf die Krasterparniß keinen Einfluß haben, daß dagegen die des unteren schwebende sind, von denen jede zur Herstellung des Gleichgewichtes die Hälfte (oder den zweiten Theil) der Last nothwendig macht, in diesem Falle also dreimal die Hälfte (dreimal den zweiten Theil, d. i. den sechsten Theil) und im Allgemeinen sovielman die Hälfte, als jeder von den beiden Kloben Rollen besitzt. Man würde also hier 6 Zentner Last mit 1 Zentner Kraft im Gleichgewichte erhalten. Es sind zwischen den beiden Kloben 6 Seilstücke, so daß sich die Last von 6 Zentnern gleichmäßig unter sie vertheilt und jedes, also auch das zuletzt über die oberste Rolle gehende ab nur 1 Zentner zu tragen hat.

Der Weg, welchen die Kraft bei der Hebung der Last hier zurücklegen muß, ist das Sechsfache von dem Wege der Last, weil jede von den drei beweglichen Rollen ihn verdoppelt: soll die Last 1 Fuß aufwärts gehen, so muß die Hand 6 Fuß abwärts ziehen, damit die sechs um je einen Fuß zu verkürzenden Seile gespannt bleiben.

Will man Pferde anspannen, um etwa Balken auf ein Haus zu schaffen, so muß das freie Ende des Taus noch unterhalb einer in der Nähe des Erdbodens (in einer zum Ziehen für die Pferde bequemen Höhe) vorhandenen festen Rolle gelegt werden.

Es läßt sich eine Verbindung denken, bei welcher nur eine Richtrolle nothwendig ist. In Fig. 243 sind an einem Gebälk zwei oder mehre Haken  $a, r, s$ , um die Seile von schwebenden Rollen  $o, c, e$  anzubinden; an der Gabel der ersten Rolle  $o$  hängt



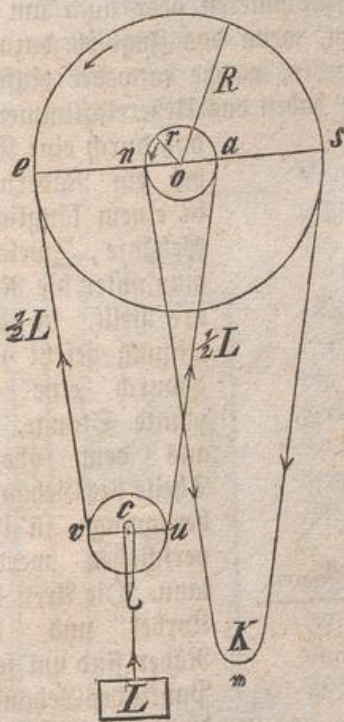
(Fig. 243.)



die Last  $L$  und das Ende ihres Seiles geht an die Gabel der zweiten und so geht das Ende des Seiles jeder vorhergehenden Rolle nach der Gabel der nächstfolgenden, bis endlich das Ende der obersten schwebenden Rolle über eine an demselben Gebälk angebrachte Leitrolle  $x$  geht, um daran die Kraft  $K$  nach unten wirken zu lassen.

Hier verhält sich bei drei schwebenden Rollen die Kraft  $K$  zur Last  $L$  nicht bloß wie 1 zu 3 mal 2, sondern wie 1 zu  $2 \cdot 2 \cdot 2$ , so daß man mit 1 Zentner Kraft nicht bloß 6, sondern 8 Zentner Last im Gleichgewichte erhalten könnte, weil jede neue schwebende Rolle von oben nach unten als Last eine neue Verdoppelung der auf sie angewendeten Kraft hervorbringt. Ist 1 die Kraft, so wird die Last als ein Produkt aus lauter Zweien dargestellt, deren Anzahl durch die Menge der schwebenden Rollen angegeben wird. Da ein solches Produkt eine Potenz von 2 genannt wird, so heißt diese Vorrichtung der Potenzflaschenzug. Der Potenzflaschenzug gibt zwar eine ziemlich große Kräftersparniß, er ist aber weniger bequem und die Last legt einen nur geringen Weg zurück, selbst wenn man die Vorrichtung in einem hohen Raume anbringen kann.

In neuerer Zeit haben uns die Amerikaner mit einem recht einfachen und ziemlich wirksamen Flaschenzuge, dem Differenzflaschenzuge bekannt gemacht. In Fig. 244 trägt dieselbe feste Ase  $o$  zwei Rollen mit den ungleichen Radien  $r$  und  $R$  parallel nebeneinander, unterhalb ist noch eine schwebende, an deren Ase tragenden Gabel die Last  $L$  angehängt ist. Um diese drei Rollen ist ein Tau ohne Ende gelegt, wie es die Zeichnung deutlich anzeigt. Sind durch die bei  $m$  angebrachte Kraft alle Theile des Taus gespannt und ist der Durchmesser  $vu$  der untersten Rolle nicht zu klein und zu sehr verschieden von der Linie  $ea$ , so können wir, ohne einen merklichen Fehler zu begehen, annehmen, daß sich die vier Theile des Taus in den Endpunkten der horizontalen Durchmesser der Rollen von diesen ablösen. Zieht die Kraft  $K$  bei  $m$  nach unten, so gehen die Tausstücke  $mn$  und  $ms$  nach unten, die Stücke  $ve$  und  $ua$  nach oben und die Last wird mit der schwebenden Rolle gehoben, während sich gleich-



(Fig. 244.)

zeitig die oberen Rollen in der durch die Pfeile angegebenen Richtung drehen.

Von den beiden Tauen  $ve$  und  $ua$  trägt jedes nur die Hälfte der Last und es verhält sich somit

$$K : \frac{L}{2} = (R - r) : R,$$

oder wenn man das zweite und vierte Glied der Proportion mit 2 multipliziert:

$$K : L = (R - r) : 2R; \text{ also ist}$$

$$K = \frac{(R - r) \cdot L}{2R}.$$

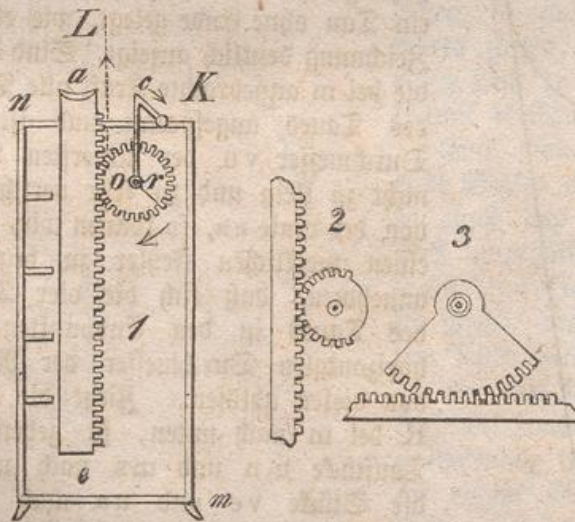
Je größer also der Unterschied  $(R - r)$  der Radien der beiden oberen Rollen und je größer die größere Rolle ist, desto wirksamer ist der Flaschenzug. Wäre die Last 2 Zentner 40 Pfund, der Radius der größeren Rolle 12 Zoll, der kleineren 2 Zoll; so würde 1 Zentner Kraft für das Gleichgewicht nothwendig sein:

$$\frac{(12 - 2) 2,4}{24} = 1.$$

### Wagenwinden.

Um die Axen schwerer Lastwagen einzuschmieren oder auch um die Räder aus kleinen Vertiefungen zu bringen, wenn das Zugvieh dazu zu schwach ist, bedient man sich der Wagenwinden, welche entweder einfache oder zusammengesetzte sein können. Beide haben das Uebereinstimmende,

daß durch eine Kurbel ein Räderwerk in einem länglichen Gehäuse, welches man unter die Radaxe stellt, in Bewegung gesetzt und dadurch eine gezahnte Stange, die aus dem oberen Theile des Gehäuses hervorragt, in ihm verschoben werden kann. Die Axen der Kurbel und der Räder sind um feste Punkte des Gehäuses drehbar, die Stange wird bei ihrer Be-



(Fig. 245.)

wegung in grader Richtung erhalten, indem ihre Zähne fortgeschoben werden.

1) Fig. 245 stellt eine einfache Fuhrmannswinde dar. nm ist das unten mit mehren eisernen Zacken versehene Gehäuse, ae die aus seinem oberen Theile hervorragende gezahnte Stange, welche sich nur in grader Richtung bewegen läßt; ihre Zähne werden durch die Triebstöcke eines um o drehbaren Getriebes, dessen Radius r heißen mag, fortgeschoben; der Radius oc der Kurbel, an welcher die Kraft K wirkt, heiße R und der Widerstand, welcher bei a überwunden werden soll, heiße L. Der Ausdruck für das Gleichgewicht ohne Rücksicht auf die Reibung heißt dann:

$$K : L = r : R.$$

Wäre z. B. der Radius der Kurbel 20 Zolle, der des Getriebes 2 Zolle; so könnte man mit 1 Zentner Kraft 10 Zentner Last im Gleichgewichte erhalten und mit einigem Ueberschusse von Kraft bei einer Drehung, wie sie der Pfeil an der Kurbel angibt, die auf a befindliche Last emporheben, wenn das Gehäuse unten feststeht. Die einfache Winde gehört eigentlich noch nicht zu den zusammengesetzten Maschinen, sondern ist nur ein ungleicharmiger Hebel, bei welchem die Einrichtung getroffen ist, daß die drehende Bewegung der Kraft umgewandelt wird in eine gradlinige der Last.

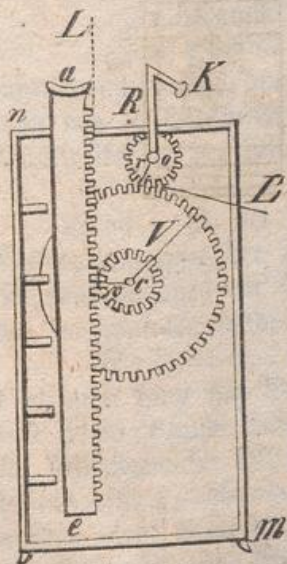
Will man, daß die Stange zufolge ihres Gewichtes vonselbst wieder zurückkomme, wenn sie die Last bis zu einer gewissen Höhe, wo sie festgehalten wird, gehoben hat, so müssen dem Rade eine gewisse Anzahl von Zähnen fehlen, wie es die zweite Zeichnung zeigt.

Soll die Stange eine hin- und hergehende Bewegung haben, so bedarf man von einem gezahnten Rade nur ein Bogenstück, wie es in der dritten Zeichnung angedeutet ist.

2) Bei der zusammengesetzten Winde (Fig. 246) greifen die Triebstöcke des Getriebes an der Kurbelaxe o nicht sogleich in die Zähne der Stange ein, sondern in die Zähne eines um c drehbaren Rades mit dem Radius v, an dessen Ase ein Getriebe mit dem Radius r sich befindet, dessen Triebstöcke erst die gezahnte Stange fortschieben.

Der erste Widerstand L' für die an der Kurbel angreifende Kraft K befindet sich an den Umfängen des ersten Getriebes und des Rades und der letzte an den Zähnen der Stange. Es verhält sich

$$K : L' = r : R, \text{ und dann} \\ L' : L = v : V,$$

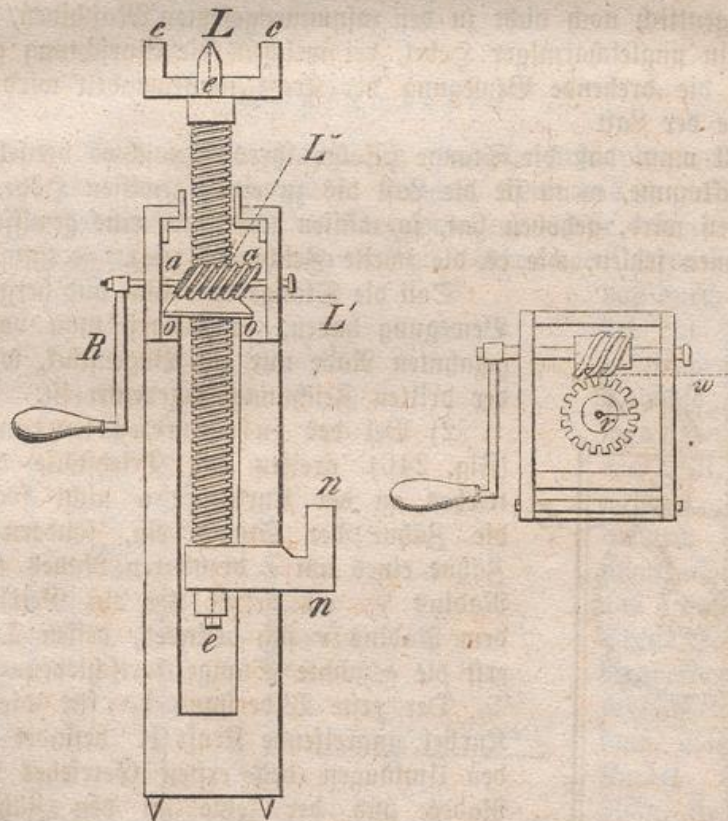


(Fig. 246)

also ist das Verhältniß der Kraft  $K$  zum Widerstande  $L$  zusammengesetzt aus den beiden Verhältnissen  $v : V$  und  $r : R$ , ist also gleich  $v \cdot r : V \cdot R$ .

Wenn wie vorhin das Verhältniß von  $r : R = 1 : 10$  ist und das Verhältniß von  $v : V = 1 : 3$  ( $v$  zwei Zolle,  $V$  sechs Zolle) angenommen wird, so wird eine an dem Umfange des Rades wirkende Kraft von 10 Zentnern einen Widerstand am Umfange des zweiten Getriebes von  $3 \cdot 10$  oder von 30 Zentnern im Gleichgewichte erhalten, so daß bei den hier angenommenen Zahlenverhältnissen für die Abmessung der einzelnen Theile die an der Kurbel wirkende Kraft von 1 Ztr. im Stande ist 30 Zentner auf der Stange im Gleichgewichte zu erhalten. Uebrigens muß die Drehung der Kurbel, wie es die Pfeile andeuten, in entgegengesetzter Richtung vorgenommen werden, um die Last wie im ersten Falle zu heben.

Die Reibungswiderstände betragen bei dieser Winde, wenn sie aus Eisen gemacht ist, etwa  $\frac{1}{4}$  der Last. Nehmen wir sie nur zu  $\frac{1}{4}$ ,



(Fig. 247.)

und die Menschenkraft zu 50 Pfunden an, so ist ein Mensch im Stande, mit der obigen zusammengesetzten Winde noch 14 Zentner zu heben.

3) Die französische Winde (Fig. 247) besteht aus einem Kasten oder Körper, welcher zur Vermeidung des Ausgleitens bei schiefer Stellung unten auch eiserne Zacken hat; statt der gezahnten Stange ist eine Schraube ee vorhanden, welche sich in einer Mutter in einem abgekürzten Kegele auf einer festen Unterlage oo bewegt; der obere Rand des Kegeles ist so gezahnt, daß die Windungen einer Schraube ohne Ende aa in die Zähne eingreifen und letztere wird durch eine Kurbel gedreht. cc und nn sind die festen Träger.

Die an der Kurbel angreifende Kraft K hat drei Widerstände zu überwinden: den Widerstand L' an der Schraube ohne Ende, den Widerstand L'' an der Schraubenspindel und die zu hebende Last L.

Wenn der Radius der Kurbel R und die Höhe eines Schraubenganges der Schraube ohne Ende h heißt, so verhält sich

$$K : L' = h : 6,283 \cdot R,$$

wobei  $6,283 \cdot R$  der von der Kraft nach einmaliger Drehung durchlaufene Weg ist.

Heißt nun r der Halbmesser der Schraubenspindel und s der Halbmesser des horizontalen Rades, so verhält sich ferner:

$$L' : L'' = r : s.$$

Ist endlich h' die Höhe eines Schraubenganges der Spindel, so steht noch

$$L'' : L = h' : 6,283 \cdot r.$$

Es ist also das Verhältniß von K : L aus den drei Verhältnissen

$$h : 6,283 \cdot R,$$

$$r : s, \text{ und}$$

$$h' : 6,283 \cdot r$$

zusammengesetzt, was  $h \cdot r \cdot h' : 6,283 \cdot R \cdot s \cdot 6,283 \cdot r$  oder, wenn man den in beiden Gliedern vorkommenden Factor r ausläßt und die Multiplikation der beiden besonderen Zahlen ausführt:

$$K : L = h \cdot h' : 39,476 \cdot R \cdot s.$$

Wenn z. B. der Radius R der Kurbel 12 Zoll, die Höhe h eines Schraubenganges der Schraube ohne Ende  $\frac{2}{3}$  Zoll, die Höhe h' eines Schraubenganges der Spindel  $1\frac{1}{2} = \frac{3}{2}$  Zolle und der Halbmesser s des horizontalen Rades 8 Zoll ist; so bekommt man die Proportion:

$$K : L = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2} : 39,476 \cdot 12 \cdot 8 \text{ oder } = 1 : 3789,696$$

oder man kann mit Vernachlässigung der Reibung mit 1 Pfunde Kraft fast 3790 Pfunde Last und mit 50 Pfunden Kraft 17448 Pfunde Last im Gleichgewichte halten. Diese Schrauben sind also außerordentlich leistungsfähig, obwohl der Widerstand durch die Reibung fast 7 mal größer wird; denn sie findet statt bei beiden Schrauben, bei den Zapfen der Schraube ohne Ende und vorzüglich an der Schraubennutter, welche die ganze Last zu tragen hat.

4) Die englische Winde hat wesentlich dieselbe Zusammensetzung und nur einige Abänderungen, welche sie geeignet machen, sehr große Lasten, z. B. ganze Dachstühle, heben zu lassen. Der Kasten hat unten keine Spizen, sondern ruht auf einer breiten Fläche; in die obere Fläche ist ein starkes und großes gezahntes Rad eingesenkt, an dessen Zähne die Windungen der Schraube ohne Ende eingreifen; in der bedeutend dickeren Mitte dieses auf breiter Unterlage ruhenden Rades ist die Schraubenmutter eingeschnitten, durch deren Umdrehungen um die Spindelstange die auf dieser liegende Last gehoben wird.

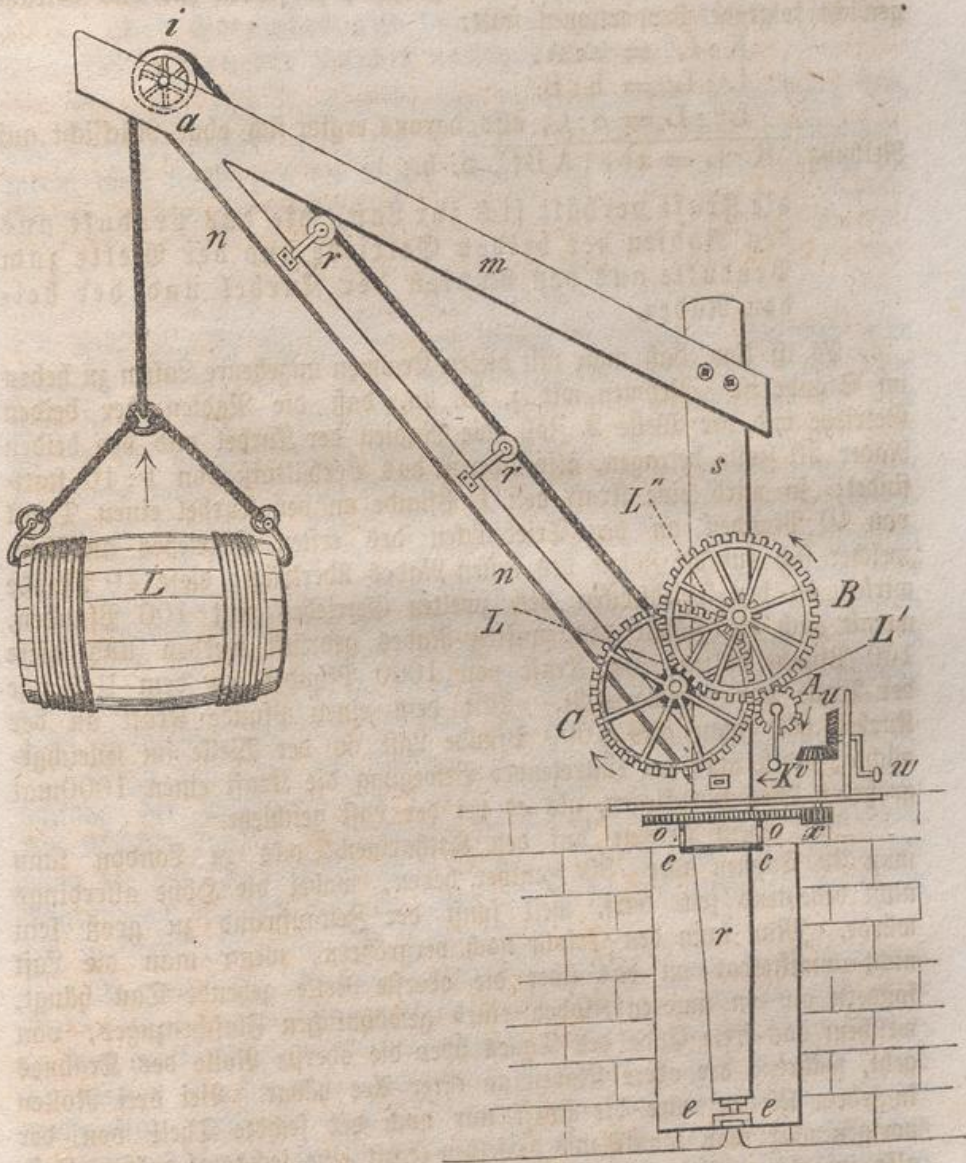
### K r a h n e.

Die Krähne oder Krähnische sind Maschinen, welche an den Ufern von Flüssen, Kanälen und Häfen angebracht sind, um durch sie große Lasten entweder aus den Schiffen zu heben oder in sie hinabzulassen und dieselben auch horizontal und frei schwebend seitwärts vom Wasser nach dem Lande oder umgekehrt zu drehen. Die Maschine besteht also aus zwei getrennten Theilen: der Hebe- und der Drehvorrichtung.

In Fig. 248 ist *r* eine starke eiserne Säule, welche in Mauerwerk eingelassen unten mit ihrem Zapfen in der Pfanne *ee* ruht und oben in dem eisernen Ringe *cc* um ihre Aze drehbar ist. Um sie zu drehen, ist an ihr das horizontal liegende Stirnrad *oo* befestigt, dessen Zähne durch das Getriebe *x* in Bewegung gesetzt werden. Die Aze des letzteren trägt das horizontale Rad *v* mit schiefen Zähnen, welche durch die schiefen Zähne von dem Rade *u*, an dessen Aze die Kurbel *w* ist, gedreht wird. Bei der Drehung der Kurbel *w* muß sich auch der Ständer *r* drehen.

Die Säule *s* ist eine Fortsetzung des Ständers *r* und wird mit allem Zugehör gleichzeitig mit *r* gedreht; an ihr befestigt ist der schräge Balken *m*, die Strebe *nn* und das ganze Räderwerk, welches aus einer Kurbel, zwei Rädern, zwei Getrieben und einer Welle zum Umschlingen einer Kette oder eines Taues besteht. Die Triebstöcke der Kurbel greifen in die Zähne des vordern oder ersten Rades ein; hinter ihm an derselben Aze ist ein Getriebe, dessen Triebstöcke die Zähne des zweiten Rades fortschieben; an der Welle dieses Rades ist ein Tau befestigt, welches von da über zwei kleinere Friktionsrollen *rr* und zuletzt über eine größere *i* parallel mit der Strebe *nn* geleitet wird, um an dem herabgehenden Ende die Last *L* anzubringen, während die wirksame Kraft *K* an der Kurbel thätig ist.

Der erste Widerstand *L'* ist hier an den Berührungsstellen der Triebstöcke der Kurbel mit den Zähnen des ersten Rades; der zweite Widerstand *L''* ist an den Triebstöcken des zweiten Getriebes, welches mit dem ersten Rade dieselbe Aze hat; der dritte Widerstand *L* ist an der Welle des zweiten Rades, wobei auf die Reibung an den Lagern



(Fig. 248.)

der Friktionsrollen und an deren Umfange während des Drehens nicht Rücksicht genommen ist. Die drei Friktionsrollen tragen zur Krasterparniß nichts bei und es ist einerlei, ob die Last  $L$  an dem Umfange der letzten Welle oder an dem der letzten Rolle  $i$  hängt.

Wenn man die Radien der Kurbel und der beiden Räder nach der Reihe mit  $A, B, C$ ; die Radien der an ihren Axen befindlichen Ge-

triebe und der Welle mit  $a, b, c$  bezeichnet, so finden für das Gleichgewicht folgende Proportionen statt:

$$K : L' = a : A,$$

$$L' : L'' = b : B,$$

$$L'' : L = c : C, \text{ also daraus ergibt sich ohne Rücksicht auf}$$

Reibung  $K : L = abc : ABC, \text{ d. h. :}$

die Kraft verhält sich zur Last, wie das Produkt aus den Radien der beiden Getriebe und der Welle zum Produkte aus den Radien der Kurbel und der beiden Räder.

Es ist klar, daß man mit diesen Krähnen ungeheure Lasten zu heben im Stande ist. Nehmen wir z. B. an, daß die Radien der beiden Getriebe und der Welle 2 Zoll, die Radien der Kurbel und der beiden Räder 20 Zolle betragen, also überall das Verhältniß von 1 : 10 stattfindet; so wird eine Kraft von 1 Pfunde an der Kurbel einen Druck von 10 Pfunden an den Triebstöcken des ersten Getriebes ausüben, welcher sich auf die Zähne des ersten Rades überträgt; diese 10 Pfunde wirken an den Triebstöcken des zweiten Getriebes mit 100 Pfunden, womit auch die Zähne des zweiten Rades gedrückt werden und diese 100 Pfunde halten einer Kraft von 1000 Pfunden an dem Umfange der Welle das Gleichgewicht. Mit dem einen Pfunde Kraft an der Kurbel hält man also 1000 Pfunde Last an der Welle im Gleichgewichte; indeß muß bei eintretender Bewegung die Kraft einen 1000mal größeren Weg zurücklegen, als es bei der Last geschieht.

Mit einem Krähne auf den Katharinen-Docks zu London kann man 39 Tonnen oder 780 Zentner heben, wobei die Höhe allerdings nicht bedeutend sein darf, weil sonst der Zeitaufwand zu groß sein würde. Man kann den Erfolg noch vergrößern, wenn man die Last nicht unmittelbar an das über die oberste Rolle gehende Tau hängt, sondern an den unteren Kloben eines gewöhnlichen Flaschenzuges, von welchem das freie Ende des Taus über die oberste Rolle des Krähnes geht, während der obere Kloben an ihrer Axt hängt. Bei drei Rollen in jedem Kloben wäre die Kraft nur noch der sechste Theil von der vorigen oder man könnte mit derselben Kraft eine sechsmal größere Last, also im obigen Beispiele 4680 Zentner halten.

Um das Zurückgehen einer gehobenen Last ohne weitere Anwendung einer Kraft zu vermeiden, bringt man am ersten Getriebe ein Sperrwerk an.

Für weniger bedeutende Lasten wendet man einfache Krähne an, welche blos aus Kurbel mit Getriebe und Rad mit Welle bestehen und im Uebrigen die obige Einrichtung haben. Bei ihnen verhält sich ohne Rücksicht auf den etwa noch angewendeten Flaschenzug und die unvermeidlichen Reibungswiderstände



die Kraft zur Last wie das Produkt aus den Radien des Getriebes und der Welle zum Produkte aus den Radien der Kurbel und des Rades.

Man hat auch tragbare Krähne, bei welchen eine Welle durch Rad und Getriebe gedreht wird, um u. A. Bäume durch Ketten auszureißen, indem diese theils von der Welle, theils von dem Gestelle aus um die Bäume geschlungen werden.

### U h r e n.

Die Zeit an sich ist, wie der Raum, unendlich. Zwischen dem Beginne und dem Ende jeder Veränderung des Zustandes eines Körpers ist ein Zeittheil eingeschlossen, welcher in Beziehung auf die Zeit an sich als außerordentlich klein anzusehen ist, wie groß er uns auch erscheinen mag. Um eine sichere Vorstellung von der Größe eines Zeittheiles zu bekommen, nimmt man Bewegungen zuhilfe, welche wiederholt genau in derselben Weise ausgeführt werden, mögen sie gleichmäßig oder ungleichmäßig sein. Nicht selten gibt man sogar den Raum oder Weg, welchen ein Körper mit bekannter gleichmäßiger Bewegung zurücklegt, durch die dazu nothwendige Zeit an, wie wenn man namentlich in Gebirgen sagt: der Ort A ist von B drei Stunden Weges entfernt. Das umgekehrte Verfahren ist aber das unmittelbare.

Dazu gab schon den Völkern des grauesten Alterthums die Beobachtung der Bewegung der Himmelskörper die besten Anhaltspunkte. Am nächsten lag die Beobachtung der Sonne für die Zeit eines Tages, dann die des Mondes für einen Monat; schärfer aber für die genaue Abgränzung der Zeit war die Beobachtung der gleichmäßigen Bewegung der Fixsterne (Sonnen- und Sternentag).

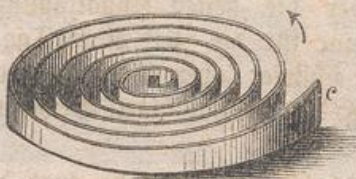
Je weiter die Menschheit vorwärts schritt, desto mehr trat das Bedürfnis einer sorgfältigen Unterabtheilung des Tages ein nicht nur zu den gewöhnlichen häuslichen, sondern auch und vorzüglich zu wissenschaftlichen Zwecken und gegenwärtig ist die Eintheilung der Zeit durch mechanische Werkzeuge oder Uhren zu einer kaum glaublichen Vollkommenheit gediehen. Es ist nicht unwichtig, eine Einsicht in den Bau einer Uhr zu bekommen, um vorkommenden Falles selbst beurtheilen zu können, wo bei eintretenden Stockungen der Fehler liegt.

Vor Allem ist bei jeder Uhr ein Regulator erforderlich, d. h. eine Vorrichtung, welche das Räderwerk in einer vollkommen gleichmäßigen Bewegung erhält. Als bewegende Kraft wird entweder ein fallendes Gewicht oder eine sich aufdrehende elastische Metallfeder angewendet. In beiden Fällen würde die Bewegung ohne besondere hemmende Vorrichtungen eine beschleunigte werden. Es wird als Regulator entweder ein Pendel mit Anker und Rad oder eine Spirale mit

Unruhe angewendet. Ersteres geschieht bei den Pendeluhrn, letzteres bei den Taschenuhrn.

a) Für Pendeluhrn. An der Drehungsaxe des Pendels ist der Uhranker mit den zwei abwärts gehenden Zähnen befestigt, so daß diese bei jedem Hin- und Hergange des Pendels in die 30 spitzen und schrägen Zähne des darunter befindlichen Steigrades (s. Fig. 230, 2) eingreifen. Ist das Pendel in Bewegung gesetzt und wirkt dann auf dasselbe eine Kraft nicht mehr ein, so wird die Schwingungsweite wegen der Reibung an der Axe und des Widerstandes an der Luft immer kleiner, bis es endlich in Ruhe geräth. Wird aber das Rad durch eine um seine Axe o gehende Schnur mit einem Gewichte in drehende Bewegung versetzt, so drängt es den Anker mit dem Pendel zu stets neuen Schwingungen, deren Dauer nur von seiner Länge abhängt. Wenn es nun grade die Länge hat, daß es zu einer Schwingung (Hinweg oder Rückweg) genau eine Sekunde gebraucht, so wird auch der Anker dem Rade gestatten, sich in jeder Minute einmal um seine Axe zu drehen; denn schwingt das Pendel rechts, so greift der linke Zahn des Ankers in eine Lücke des Rades, schwingt es links, so greift der rechte Zahn ein; also greifen die Zähne abwechselnd jeder 30 mal in die 30 Lücken der Zähne des Rades ein, wodurch dem Rade gestattet wird, in einer Minute eine ganze Drehung zu machen.

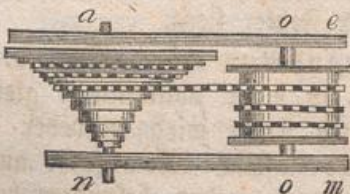
Das die Pendel der Thurm- und Wanduhren bewegende Gewicht wird bei den Tischuhren durch eine kräftige streifenförmige Stahlfeder



(Fig. 249.)

rückwärts zu gehen oder sich aufzudrehen, indem das bewegliche Ende zurückgeht, wenn man es losläßt.

Zu weiterem Gebrauche ist die Feder mit einem zylindrischen Gehäuse, dem Federhause, umgeben, durch dessen Mitte die feste Axe



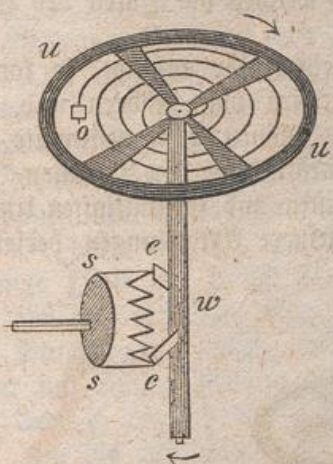
(Fig. 250.)

oo (Fig. 250) lose durchgeht, um sich in den Oeffnungen zweier parallelen Platten ae und mn drehen zu lassen; das vorhin freie Ende c der Feder ist dagegen an die innere Wand des Gehäuses befestigt, so daß mit der Drehung des letzteren auch die erstere gedreht wird.

Ist die Feder mit dem Gehäuse aufgezogen, so wirkt sie beim Zurückgehen anfänglich stärker, als später,

würde also eine gleichmäßige Bewegung nicht hervorbringen, wenn sie eine um sie geschlungene und mit dem einen Ende daran befestigte Kette zöge; wenn aber das andere Ende der Kette bei abnehmender Kraft der Feder an einer Walze mit angemessen wachsender Dicke, also mit wachsender Länge des Hebelarmes wirkte; so könnte es erreicht werden, daß der Erfolg ein sich gleichbleibender wäre. Statt der Walze nimmt man also einen um seine Ase *u* v drehbaren Keil, die Schnecke, auf dessen Mantel schneckenförmig ein Gang für die Aufwicklung der Kette angebracht ist. Die Ase endigt bei *u* oder bei *v* in einen vierkantigen Zapfen, um durch den Uhrschlüssel gedreht zu werden. Ist die Kette vollständig auf die Schnecke gewickelt, so ist die Feder am weitesten zugedreht, zieht am kräftigsten zurück, wirkt aber auf die Schnecke am wenigsten; hat sie sich auf das Federgehäuse mehr und mehr aufgewickelt, so zieht die Feder weniger, wirkt aber auf die Schnecke kräftiger.

b) Für Taschenuhren. Bei den Pendeluhrn wurde die gleichmäßige Bewegung der Räder durch die Schwingungen eines Pendels von bestimmter Länge erzeugt; bei den Taschenuhren ist es eine zweite Spiralfeder, welche durch ein kleines Schwungrad, die Unruhe, abwechselnd jenseits und diesseits ihrer Gleichgewichts- oder Ruhelage in gleichen Zeiten fortgeführt wird. In Fig. 251 bedeutet die einfache

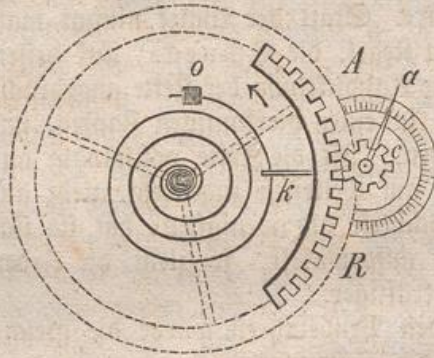


(Fig. 251.)

Linie die Spiralfeder; sie ist mit ihrem äußeren Ende *o* an die Uhrplatte befestigt, mit ihrem inneren an eine drehbare Welle *w*, welche am Ende ihrer Ase die mit der Spiralfeder parallele Unruhe *uu* trägt. An der Welle oder Spindel befinden sich zwei kleine Flügel *cc* so angebracht, daß sie beim Hin- und Herdrehen der Welle die Zähne eines Kronenrades, des Steigrades *ss* abwechselnd fortstoßen. Dreht man die Unruhe aus ihrer Ruhelage in der Richtung des Pfeiles etwas, so wird die Spiralfeder zugedreht, läßt man sie dann los, so geht sie bei Aufdrehen der Feder wegen des Beharrungsvermögens nicht bloß bis in die erste Ruhelage zurück, sondern darüber hinaus und dreht die Feder etwas auf; wenn sich die Feder wieder zudreht, so führt die Unruhe sie wieder über den ersten Ruhepunkt hinaus u. s. f., so daß hier dasselbe geleistet wird, wie vorher durch Pendel, Anker und Steigerad.

Bei den Pendeluhrn bedingt die Länge der Pendelstange die Schnelligkeit des Ganges und soll dieser ein gleichmäßiger sein, so muß die Länge unverändert erhalten werden (vergl. die Kompensation, S. 388);

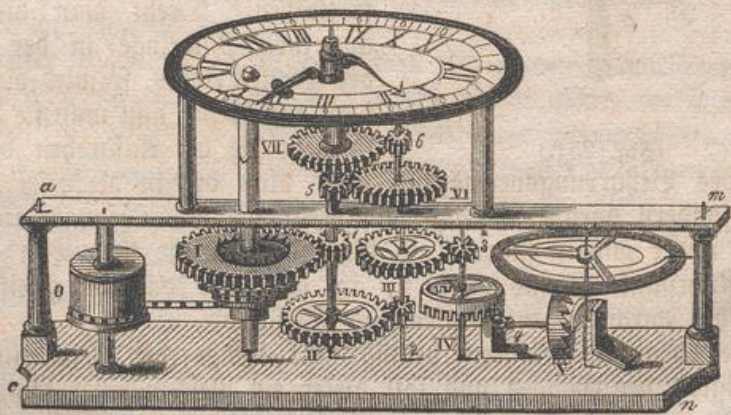
bei den Taschenuhren ist es die Länge der Spiralfeder vom befestigten Ende an: je länger sie von da an ist, desto langsamer schwingt sie. Man bedarf also einer Vorrichtung, um die richtige Länge nach dem Bedürfnisse herzustellen oder die Uhr zu reguliren. Zu diesem Zwecke



(Fig. 252.)

reicht an die Spiralfeder eine Klammer *k* (Fig. 252), welche an einem Theile eines gezahnten unter der Uhrplatte verschiebbaren Rades befestigt ist; seine Zähne werden durch die eines kleinen Stellrades *c* fortgeschoben; an der Axe des letzteren ist der Stellzeiger *a* befestigt, welcher sich außerhalb der Uhrplatte auf der eingetheilten Stellscheibe bewegen läßt. Geht die Uhr zu schnell, so dreht man *a* in der Richtung des Pfeiles nach *R* (retour), wodurch die Klammer *k* näher an *o* rückt, die Spirale verlängert wird und langsamer schwingt; geht sie zu langsam, so bewegt man den Zeiger nach *A* (avance).— Bei den Cylinderuhren ist die Welle der Unruhe ein hohler Zylinder, in welchen die Haken des Hemmungsrades eingreifen.

Was nun die übrigen Einrichtungen einer Uhr anlangt, so kommt Alles darauf an, durch das Ineinandergreifen von Rädern und Getrieben mit einer bestimmten Anzahl von Zähnen ganz bestimmte und verschiedene Drehungsgeschwindigkeiten, namentlich für den Minuten- und den Stundenanzeiger zu erhalten. Die feinsten und sorgfältigsten Uhren, die Chronometer, lassen Sekunden und kleinere Abtheilungen derselben bestimmen.



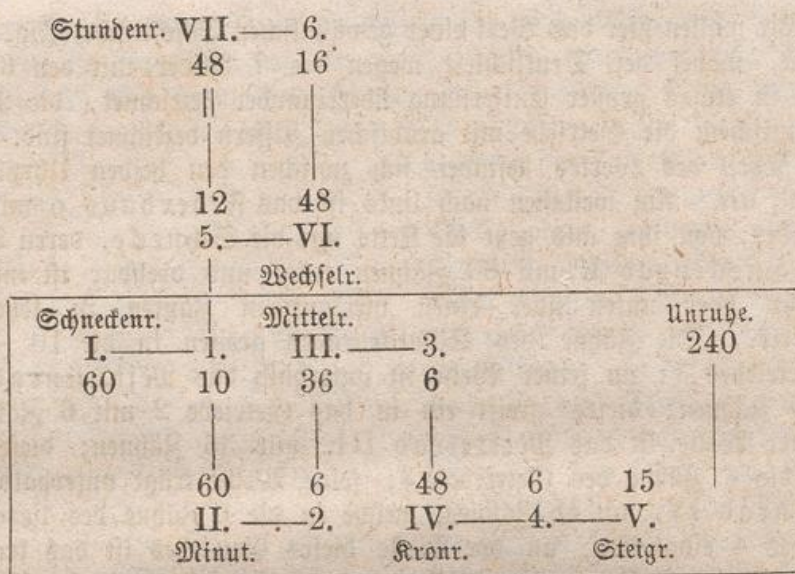
(Fig. 253.)

Wir wollen hier das Werk einer gewöhnlichen Taschenuhr (Fig. 253) angeben, wobei der Deutlichkeit wegen die 7 Räder mit den 6 Getrieben in etwas großer Entfernung übereinander gezeichnet, die Räder mit römischen, die Getriebe mit arabischen Ziffern bezeichnet sind. Der größte Theil des Werkes befindet sich zwischen den beiden Uhrplatten am und on. Am weitesten nach links ist das Federhaus o mit der Treibfeder; von ihm aus geht die Kette um die Schnecke, deren Welle das Schneckenrad I. mit 60 Zähnen trägt und drehbar ist mittelst des oben oder unten über einen vierkantigen Zapfen zu setzenden Schlüssels. Die Zähne des Schneckenrades greifen in die 10 Zähne des Getriebes 1; an seiner Welle ist unterhalb das Minutenrad II. mit 60 Zähnen; dieses greift ein in das Getriebe 2 mit 6 Zähnen; an seiner Welle ist das Mittelrad III. mit 36 Zähnen; diese bewegen die 6 Zähne des Getriebes 3; seine Welle trägt unterhalb das Kronenrad IV. mit 48 Zähnen, welche in die 6 Zähne des liegenden Getriebes 4 eingreifen; an der Welle dieses Getriebes ist das kronenförmige Steigrad V., dessen Zähne durch die Hemmung an der Umrufe abwechselnd losgelassen und festgehalten werden.

Dieser Theil des Werkes gibt, wie wir bald erkennen werden, die Minuteneintheilung; der links liegende Theil ist die Kraftmaschine, der rechts liegende der Regulator und dazwischen ist die Transmission, welche die Bewegung fortleitet und die Geschwindigkeit verändert.

Der darüber befindliche, aus zwei Rädern und zwei Getrieben bestehende Theil dient für die Angabe der Stunden. An der Axe des Minutenrades ist über der Platte am das Minutengetriebe 5 mit 12 Zähnen; diese greifen ein in die 48 Zähne des Wechselrades VI.; an seiner Axe ist das Getriebe 6 mit 16 Zähnen und diese bewegen die 48 Zähne des Stundenrades VII., dessen Axe eine zylinderförmige Hülse ist, welche die Axe des Minutenrades (sowie des ersten und fünften Getriebes) ohne Reibung umgibt und oben am Zifferblatte den Stundenzeiger trägt, während die durchgehende Axe den Minutenzeiger mit einiger Reibung hält, damit er sich beliebig stellen läßt, ohne daß dadurch zugleich das Räderwerk in Bewegung gesetzt wird.

Um die Eintheilung der Bewegung leichter zu übersehen, wollen wir das ganze Räderwerk mit der Anzahl der Zähne in eine tabellarische Uebersicht bringen. Die beigelegten horizontalen Linien zeigen das Ineinandergreifen der Räder und Getriebe an, die lothrechten die gemeinschaftlichen Axen.



Die Hemmung läßt sich so einrichten, daß das Kronenrad IV. in einer Minute sich einmal um seine Ase dreht. Da es 48 Zähne, das von ihm in Bewegung gesetzte Getriebe 4 nur 6, also 8mal mehr Zähne hat; so muß sich letzteres, also auch das an derselben Ase befindliche Steigrad V., 8mal in einer Minute drehen, wenn jenes einen Umlauf macht. Da aber das Steigerad 15 Zähne hat, so muß die Spiralfeder mit der Spindel 30 Hin- und Rückwege (15 ganze Schwingungen) machen, damit es sich einmal drehe; also braucht es zu 8 Drehungen 8mal 30 oder 240 halbe Schwingungen, die man durch das Anschlagen bei der Hemmung leicht zählen kann. Darans ergibt sich also, daß bei 240 Schlägen der Hemmung in einer Minute (4 in einer Sekunde) das Kronenrad IV. sich einmal umdreht und in derselben Zeit auch das an derselben Ase befindliche Getriebe 3. Dieses hat 6 Zähne, welche die 36 Zähne des Mittelrades III. bewegen, also braucht dieses zu einer Umdrehung 6 Minuten, und ebenso das an seiner Ase befindliche Getriebe 2. Wenn nun letzteres 6 Minuten zu einer Umdrehung braucht, so stößt jeder seiner 6 Zähne in einer Minute einen von den 60 Zähnen des Minutenrades II. fort, so daß der Minutenzeiger in 60 Minuten seinen ganzen Umlauf vollendet.

Das an der Ase des Minutenrades befestigte Getriebe 1 hat 10 Zähne, welche in die 60 Zähne des Schneckenrades eingreifen. Da sich ersteres in einer Stunde einmal dreht, so braucht letzteres 6 Stunden zu einer Drehung. Will man, daß die Uhr 30 Stunden gehen soll, ohne aufgezogen zu werden, so muß die Kette sich fünfmal um die Schnecke wickeln lassen. Beim Aufziehen der Uhr dreht sich nur die Schnecke; da aber an ihrer Welle ein Haken ist, welcher in ein Sperr-

rad am Schneckenrade eingreift, so wird letzteres beim Zurückdrehen der Schnecke mitgedreht.

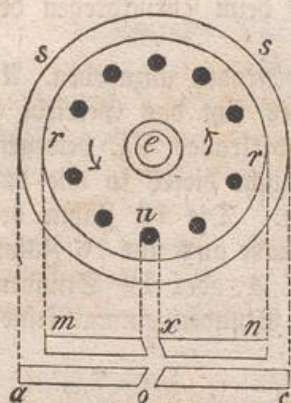
Nun ist nur noch die Bewegung des Stundenrades anzugeben. An der oberen Fortsetzung der Ase des Minutenrades sitzt das Getriebe 5 mit 12 Zähnen, welche die 48 Zähne des Wechselrades VI. bewegen. Da jenes in 1 Stunde sich einmal dreht, so braucht dieses so wie das an derselben Ase befindliche Getriebe 4 Stunden. Die 16 Zähne des Getriebes 6 drehen in 4 Stunden von dem Stundenrade auch nur 16 Zähne weiter, brauchen also zu allen 48 Zähnen 3mal 4 oder 12 Stunden, so daß also der Zeiger des Stundenrades in 12 Stunden einmal seinen Umlauf macht.

### Zählwerke.

Es kommt im praktischen Leben nicht selten vor, daß man die Menge der Vorgänge von gewisser Art zu bestimmen wünscht, z. B. wievielmals ein Wagenrad von bekanntem Umfange nach der Zurücklegung eines Weges sich gedreht hat. Es wäre unbequem und unsicher, die Zählungen vorzunehmen. Ist aber an der sich drehenden Radnabe ein Getriebe vorhanden, welches sich mit dem Rade gleichzeitig dreht, oder ist es an der Radaxe, wenn diese mit dem Rade sich dreht und setzt es ein Räderwerk in Bewegung; so kann man an ihm die Zahl der Drehungen ablesen und dann die Länge des zurückgelegten Weges bestimmen, ohne ihn unmittelbar zu messen. Dies sind dann Wegemesser.

Einen anderen für die häuslichen Zwecke wichtigen Fall bieten die Zählwerke an den Gasuhren dar, um die Menge des in einer gewissen Zeit verbrauchten Leuchtgases nach Kubikfuß zu bestimmen. Die kanelirte Hauptaxe der Trommel setzt eine Scheibe in Bewegung, an welcher durch einen festen Stift die einzelnen Kubikfüße können abgelesen werden; durch gezahnte Räder und Schraubenwindungen mit verschiedener Steigung aber auch noch die Zeiger auf drei Scheiben, auf denen man die Hunderte, Tausende und Zehntausende erkennt, so daß die Vorrichtung auf eine sehr lange Zeit ausreicht, ohne an ihr eine Umstellung vorzunehmen.

Von einem vorzüglich wissenschaftlichen Werthe ist das Zählwerk an der Sirene von Cagniard la Tour, dem man kann durch sie die Anzahl von Stößen oder Schwingungen bestimmen, welche zur Hervorbringung eines bestimmten Tones gehören, welches an sich eine große Schwierigkeit zu verursachen scheint, da die Schwingungszahl, namentlich für höhere Töne, eine sehr bedeutende ist. Durch welche Mittel und durch welche Stoffe die Töne erzeugt werden, ist vollkommen gleichgiltig. Bei der Sirene sind es Stöße von Luft auf Luft mit Unterbrechungen in genau gleichen Zwischenzeiten. Auf einer kreisrunden Scheibe mit 10 Oeffnungen von gleichen Abständen untereinander und von dem Umfange der Scheibe läßt sich eine andere kleinere mit eben-



(Fig. 254.)

aus und bringt sie in eine Drehung in der Richtung der Pfeile auf ihr. Hierbei wird nun der aus den unteren Oeffnungen kommende Luft der Ausgang entweder durch die oberen gestattet oder durch die dazwischen liegenden Theile derselben gehemmt; im ersten Falle stößt Luft auf Luft und bringt in ihr eine Verdichtung hervor, im zweiten tritt eine Verdünnung ein. Nach einer ganzen Umdrehung sind 10 solche Stöße erfolgt, von denen jeder, um den Eindruck zu verstärken, aus allen 10 Oeffnungen gleichzeitig geschieht. Die obere Scheibe trägt in ihrer Mitte *e* eine lothrecht daran befestigte Aze, diese hat oben eine Schraube ohne Ende, welche in ein gezahntes Rädchen eingreift; die Aze dieses Rädchens trägt einen lothrecht angebrachten Stift, welcher nach jeder einmaligen Drehung einen Zahn eines zweiten Rädchens fortstößt. Tragen die Azen der Räder Zeiger, welche auf einem äußerlich angebrachten Zifferblatte sich bewegen, so kann man leicht die Anzahl der Umdrehungen der Lochscheibe, also auch die Anzahl der Stöße ablesen, wenn ein bestimmter Ton anhaltend hervorgebracht wird. Die an einer Scheibe drehbar befestigten Rädchen können durch eine kleine Verschiebung der Scheibe leicht von der Schraube ohne Ende ausgelöst und dann erst daran gebracht werden, wenn der bestimmte Ton erscheint.