



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Handbuch der Physik zur Selbstbelehrung für jedermann

Spiller, Philipp

Berlin, 1865

Zweiter Abschnitt. Von den einfachen Maschinen und Transmissionen.

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

punktes gesichert wird. — Außerdem wendet man Schrauben an, um Instrumente (Messfische, 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 $\frac{1}{12} \cdot \frac{1}{4} : 6,283 \cdot 3 \cdot 1$ 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.

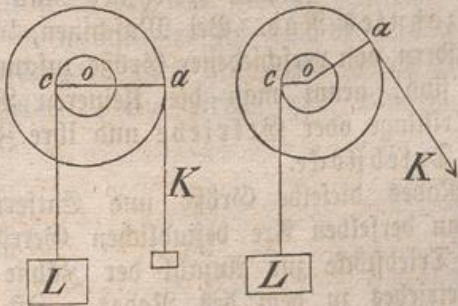
Wir haben fünf Werkzeuge kennen gelernt, nämlich den Hebel, die Rolle, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube. Aus den angeführten Darstellungen ergibt sich aber, daß wir dieselben ihrer Wirksamkeit nach auf nur zwei: den Hebel und die schiefe Ebene zurückführen

können, denn die Rolle ist ihrem Wirkungsgesetze nach nicht von dem Hebel und der Keil und die Schraube sind von der schiefen Ebene nicht verschieden; es ist bloß in der Art ihrer Anwendung und Handhabung eine Verschiedenheit. Werden diese Werkzeuge jedes einzeln angewendet, so ist es vorzüglich die menschliche Hand, deren Kraft durch sie geleitet und unmittelbar auf einen zweiten Punkt übertragen wird.

Werden aber von den obigen Werkzeugen zwei oder mehre gleichartige oder auch ungleichartige so verbunden, daß eine Uebertragung der Kraft von einem Theile auf einen anderen, ohne oder mit Umwandlung der Bewegungsart, stattfindet; so entstehen Maschinen. Wenn durch eine Maschine nur eine einmalige Umwandlung der Bewegungsart geschieht, so ist die Maschine eine einfache. Sie kann dabei entweder aus mehren gleichartigen Werkzeugen bestehen oder aus zwei verschiedenartigen. In allen Fällen hängt die Wirkungsart von der Form der angewendeten Werkzeuge, welche jetzt Maschinentheile heißen, aber nicht mehr von der unmittelbaren Leitung durch unsere Hand ab.

Die zusammengesetzte Rolle.

Bilden zwei aneinander liegende Rollen mit ungleichen Radien und derselben Drehungsaxe ein Ganzes, so haben wir eine zusammengesetzte



(Fig. 222.)

Rolle. Fig. 222 zeigt die Vorrichtung im Durchschnitt: o ist ein Punkt der Drehungsaxe beider Rollen, oc der Radius der kleineren, oa der Radius der daran befestigten größeren Rolle. Beide haben einen Schnurlauf; um die kleinere ist die Schnur nach links, um die größere nach rechts gelegt und jede Schnur in der ersten Zeichnung mit einem Gewichte als Kraft beschwert. In der zweiten Zeichnung trägt aber nur die Schnur an der kleineren Rolle ein Gewicht, während an der Schnur der größeren irgend eine Kraft K in beliebiger Richtung wirkt.

In beiden Fällen sind die Radien der Rollen als Arme von Hebeln anzusehen, deren Drehungspunkt in der Axe o liegt; in beiden Fällen wirken die Kräfte lothrecht auf die Arme; im ersten Falle aber ist der Hebel ein gradliniger, im zweiten ein Winkelhebel. In beiden Fällen gilt als Gesetz für das Gleichgewicht:

Die Kraft K , welche am Umfange der größeren Rolle angreift, verhält sich zur Last L , deren Angriffspunkt am Umfange der kleineren

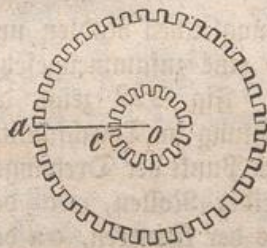
Rolle sich befindet, wie der Radius oc der kleineren zum Radius oa der größeren Rolle.

Ist z. B. oc der zehnte Theil von oa , so können mit 1 Zentner Kraft 10 Zentner Last im Gleichgewichte erhalten und mit einem kleinen Ueber- oder Untergewichte eine Bewegung jener erzeugen. In diesem Falle verhält sich die Geschwindigkeit der Kraft zur Geschwindigkeit der Last wie 10 zu 1.

Will man mit einem hinreichend zugebote stehenden Uebermaße von Kraft eine größere Geschwindigkeit hervorbringen, so muß man sie am Umfange der kleineren Rolle wirken lassen, weil sich in diesem Falle die Geschwindigkeit der Kraft zur Geschwindigkeit der Last verhält wie der Radius der kleineren Rolle zu dem der größeren.

Rad mit Getriebe.

Die Reibung an den Umfängen zweier Scheiben oder Räder, die entweder einander unmittelbar berühren oder durch umgelegte Schnuren und Riemen verbunden sind, ist oft nicht hinreichend, um Bewegungen überzutragen, wenn die Widerstände zu groß sind. Zu diesem Zwecke



(Fig. 223.)

bringt man (Fig. 223) an den Umfängen der Räder gleichgeformte, gleichgroße und in gleichen Abständen von einander entfernte Hervorragungen mit etwas breiterer Basis an, die man Zähne nennt. Ein mit Zähnen versehenes Rad heißt ein gezahntes Rad. Bei Maschinen, welche aus Rädern von verschiedener Größe zusammengesetzt sind, nennt man die kleineren Räder auch Trillinge oder Getriebe und ihre Zähne heißen Triebstücke.

Wenn die Zähne eines Rades dieselbe Größe und Entfernung haben wie die Triebstücke des an derselben Ase befindlichen Getriebes, so verhält sich die Anzahl der Triebstücke zur Anzahl der Zähne des Rades, wie der Radius des Getriebes zu dem des Rades. Ist das Verhältniß der letzteren z. B. 1 zu 10, so gehören zu 10 Triebstücken 100 Zähne, und wenn sich beide gleichzeitig um ihre Ase drehen, so gehen an einem gewissen Punkte 10mal mehr Zähne, als Triebstücke vorüber.

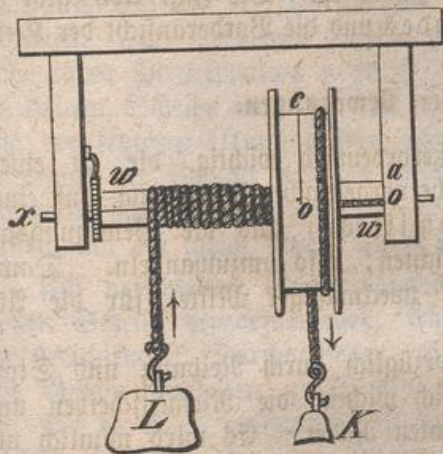
Die beiden an den Zähnen (und Triebstücken) angreifenden Kräfte verhalten sich wie umgekehrt die Anzahl der Zähne beider Räder, ihre Geschwindigkeiten aber grade so.

Das Wellrad.

Man kann sich bei einer zusammengesetzten Rolle die kleinere Rolle zu einem Zylinder oder einer Walze erweitern und statt der größeren

Kolle ein Rad an derselben Ase drehbar befestigt denken und man hat dann ein Rad an der Welle oder ein Wellrad. Die Größe der Durchmesser ist je nach den Zwecken verschieden und er schwankt für das Rad von 5 bis zu 20 Fuß und für die Welle von 6 bis zu 18 Zollen und mehr.

Die Leistungsfähigkeit des Wellrades ist ganz auf die der zusammengefügten Rolle zurückzuführen. Ist in Fig. 224 *ww* die Welle, *oa* ihr



(Fig. 224.)

Radius, *ox* ihre Ase und zugleich die Drehungsaxe eines daran befestigten Rades, von welchem *oc* ein Radius sein mag; ist ferner um den Umfang der Welle ein Seil gewunden, an welchem sich ein Widerstand *L* befindet und wirkt an dem Umfang des Rades z. B. bei *c*, vielleicht auch mittelst eines Seiles eine Kraft *K*; so verhält sich $K : L = oa : oc$, d. h.:

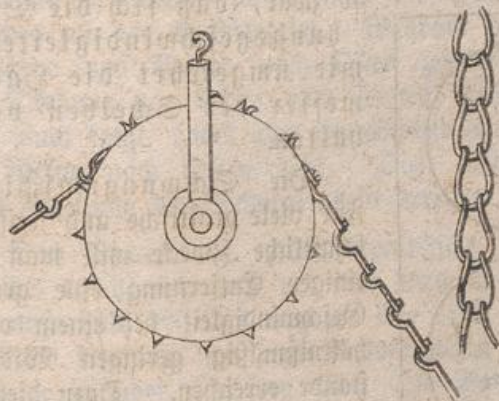
die Kraft verhält sich zum Widerstande wie der Radius der Welle zum Radius des Rades.

Die Kräfte wirken auf diese Radien lothrecht; denn das angezogene Seil steht auf dem Radius senkrecht, welcher nach dem Punkte gezogen ist, in welchem es sich von der Welle ablöst. Das aber bringt in der Wirkungsfähigkeit der Kräfte keinen Unterschied hervor, daß sie nicht in derselben Ebene wirken, weil man ja den Angriffspunkt einer Kraft in

einen beliebigen Punkt einer starren Linie, hier der Ase verlegen kann, ohne den Erfolg zu ändern. Für die obige Voraussetzung verhält sich:

die Geschwindigkeit der Kraft zur Geschwindigkeit der Last, wie der Radius des Rades zum Radius der Welle.

Für die genauere Berechnung des Verhältnisses der Kräfte ist es nothwendig, daß die halbe Dicke des Seiles oder



(Fig. 225.)

Taus zu dem Halbmesser der Welle gerechnet wird und daß die Windungen desselben nebeneinander zu liegen kommen.

Einen Uebergang vom Rade an der Welle zum Rade mit Getriebe machen diejenigen Vorrichtungen, bei welchen die Räder an ihrem Umfange statt der Zähne zackenartige grade oder gekrümmte Spitzen haben, um dadurch bei ihrer Umdrehung eine gegliederte Kette fortzuziehen oder sich auch durch ihr Anziehen drehen zu lassen. Die Fig. 225 gibt die Seitenansicht eines solchen Kettenrades und die Vorderansicht der Kette.

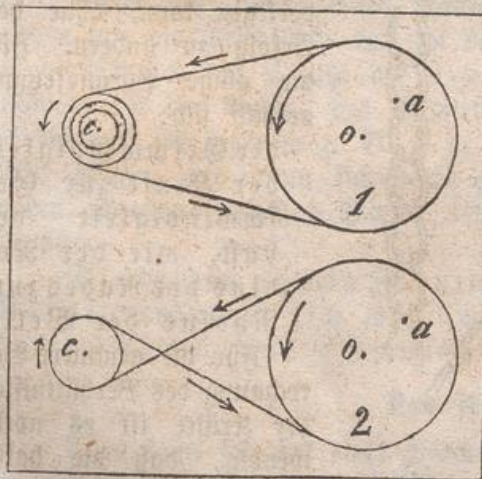
Uebertragung der Bewegungen.

Bei den Maschinen ist es außerordentlich wichtig, die an einem bestimmten Orte stattfindende oder hervorgebrachte Bewegung auf einen anderen Ort überzutragen (Transmission) und die Bewegungsart für einen vorliegenden Zweck einzurichten, also umzuwandeln. Damit im Zusammenhange steht die Wahl zweckmäßiger Mittel für die Angriffspunkte der verschiedenen Kräfte.

Die Uebertragung geschieht vorzüglich durch Reibung und Stoß. In ersterer Beziehung sind vorzüglich wichtig die Riemenscheiben und Friktrionsrollen, in letzterer die gezahnten Räder. Es wird nämlich um die Umfänge zweier kreisrunden Scheiben ein Riemen (aus Leder oder Guttapercha) oder eine Schnur grade mit einer solchen Spannung umgelegt, daß bei der Drehung der einen Scheibe der Riemen von ihr sich ab- und auf die andere Scheibe aufwickelt, so daß dadurch auch die letztere in Drehung versetzt wird. Sind die Radien der Scheiben einander gleich, so haben sie eine gleiche Drehungsgeschwindigkeit, d. h. die Anzahl der Umläufe ist für beide in einer bestimmten Zeit dieselbe; sind sie aber ungleich, so hat die kleinere eine größere Geschwindigkeit

so zwar, daß sich die Drehungsgeschwindigkeiten wie umgekehrt die Halbmesser der Scheiben verhalten.

Die Schwungmaschine. Für viele praktische und wissenschaftliche Zwecke will man in einiger Entfernung eine große Geschwindigkeit bei einem verhältnißmäßig geringen Widerstande erreichen. Dazu dienen also (Fig. 226) zwei kreisrunde Scheiben mit Schnurläusen und sehr ungleichen Durchmessern, welche um eine durch ihren



(Fig. 226.)

Mittelpunkt gehende Ase leicht drehbar sind. Soll die Drehung beider Scheiben in demselben Sinne geschehen, so legt man die Schnur wie in der ersten Zeichnung; sollen aber die Scheiben sich in entgegengesetzter Richtung drehen, so müssen die Schnurentheile zwischen ihnen einander kreuzen, wie in der zweiten Zeichnung.

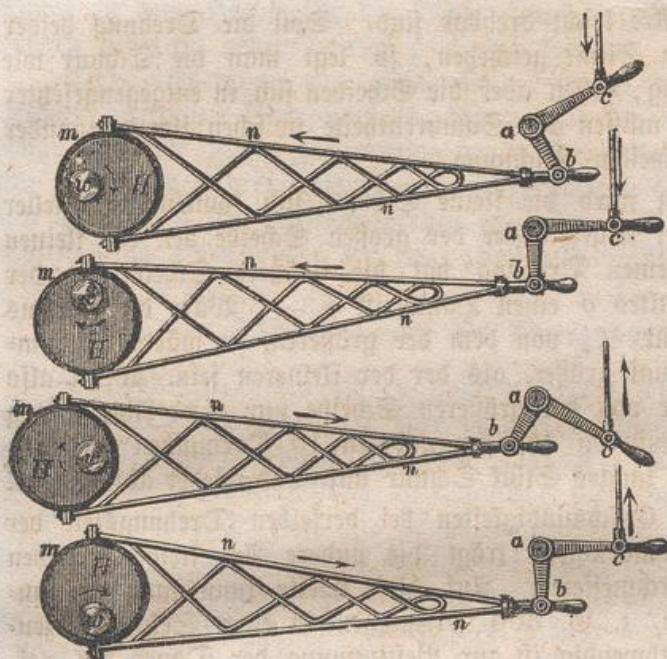
In beiden Fällen wird die kleine Scheibe sich sovielmal schneller drehen, wievielmals der Durchmesser der großen Scheibe den der kleinen übertrifft. Zur bequemen Drehung hat die größere Scheibe in der Nähe ihres Mittelpunktes o einen Handgriff a. — Wäre der Radius der kleinen Scheibe nur $\frac{1}{10}$ von dem der größeren, so würde der Umfang der letzteren 10 mal größer, als der der kleineren sein. Wenn also ein Punkt der Schnur von der größeren Scheibe nur eine Abwicklung vollbracht hätte, so würden auf der anderen 10 Drehungen geschehen müssen, um ein gleich langes Stück Schnur auf- und wieder abzuwickeln.

Um verschiedene Geschwindigkeiten bei derselben Drehungszeit der großen Scheibe hervorzubringen, trägt die andere Ase kleine Scheiben von verschiedenen Durchmessern. Auf diese Weise kann man erstaunliche Geschwindigkeiten, z. B. 800 Drehungen in einer Sekunde erzeugen, wie es u. a. nothwendig ist zur Bestimmung der Dauer des elektrischen Funkens oder der Geschwindigkeit der Elektrizität in Metalldrähten oder um die Menge der Schwingungen bei Erzeugung eines gewissen Tones zu erkennen.

Geringere, aber immer noch sehr gesteigerte Geschwindigkeiten sind für verschiedene praktische Zwecke erforderlich, z. B. beim Spinnen, Schleifen, Drechseln, Polieren, Sägen (Kreissägen zu Fourniren u. a.).

Entgegengesetzte Drehungen braucht man nicht nur bei verschiedenen Maschinen, sondern auch bei Herstellung eines Lunariums, d. h. einer Vorrichtung, welche naturgemäß die Bewegungen der Erde und des Mondes um die Sonne zeigt. Während der wirklichen Asebewegung der Erde von Westen nach Osten zeigt die scheinbare Himmelstugel eine Drehung von Osten nach Westen, welcher der Mond im Ganzen zwar auch folgt, dabei aber fortwährend langsam (täglich über 12 Grade) von Westen nach Osten geht. Diese entgegengesetzte Bewegung wird durch Kreuzung der Schnurentheile erreicht.

Das Excentric. Die excentrische Scheibe ist eine kreisrunde Scheibe, welche sich nicht um eine durch ihren Mittelpunkt gehende, sondern außerhalb desselben liegende Ase dreht und statt mit einem Taus an ihrem Umfange mit einer kreisförmigen Fassung, an welcher sich ein Gestänge befindet, umgeben ist. Die Vorrichtung ist namentlich für Dampfmaschinen höchst wichtig, weil sie dazu dient, ähnlich wie die schon früher erwähnte unrunde Scheibe, aus der drehenden Bewegung eine hin- und hergehende zu machen, um dadurch Räume zu öffnen oder abzuschließen.



(Fig. 227.)

In Fig. 227 ist w der Durchschnitt der Welle des Schwungrades einer Maschine; auf ihr sitzt die kreisförmige Scheibe H so fest, daß der Mittelpunkt der Welle seitwärts von ihrem Mittelpunkte liegt; den Umfang der Scheibe umgibt ein Ring m lose, so daß H in ihm sich ohne große Reibung drehen läßt; an diesem Ringe ist in zwei diametral gegenüber liegenden Punkten

ein Gestänge nn befestigt, welches bei b drehbar einen Winkelhebel bac , dessen fester Drehungspunkt a ist, angreift; der zweite Arm des Hebels ist bei c mit einer Stange, welche hin und her geschoben werden soll, drehbar verbunden.

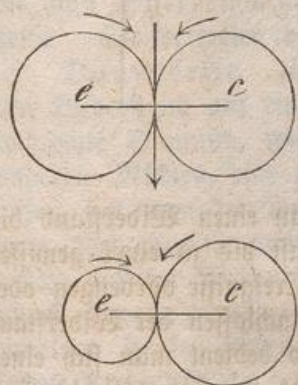
Gehen wir von der Stellung I. aus, so hat der Mittelpunkt des H die größte Entfernung nach rechts von dem feststehenden Mittelpunkte der Welle w , also liegt auch b am weitesten nach rechts und c am weitesten nach oben. Beginnt die Drehung der Welle und somit auch der Scheibe in der Richtung des Pfeiles auf ihr; so geht ihr Mittelpunkt, also auch das Gestänge und der Punkt b nach links und c wird herabgezogen. Nach einer Vierteldrehung erscheint die Stellung II., aber dieselbe Art der Bewegung bleibt noch bis zu Ende der zweiten Vierteldrehung, wo in der Stellung III. der Mittelpunkt der Scheibe und b am weitesten nach links und c am weitesten nach unten gekommen ist. Im dritten Viertel der Drehung, deren Ende durch IV. dargestellt ist, und im vierten, deren Gränze I. ist, geht der Mittelpunkt der Scheibe sowie Punkt b nach rechts und c mit seiner Stange nach oben.

Man hat es bei einer bestimmten Lage des Gestänges durch die Stelle, an welcher die Scheibe auf der Axe des Schwungrades befestigt wird, in seiner Gewalt, die hin- und hergehende Bewegung der Stange bei c in dem richtigen Augenblicke stattfinden zu lassen.

Bei der Drehung unrunder Scheiben werden durch einzelne Theile ihres Umfanges zeitweise Stöße ausgeübt und die Bewegung eines be-

nachbarten Maschinentheiles abwechselnd unterbrochen und hergestellt, wie z. B. bei den Schlitten in den Buchdruckereien.

Friktionscheiben.



(Fig. 228.)

Wenn zwei kreisrunde Scheiben (Fig. 228) in derselben Ebene liegen, wenn sie dabei an ihren Umfängen einander berühren und um ihre Axen *c* und *e* leicht drehbar sind, so setzt die Drehung der einen auch die andere in Bewegung, falls die Reibung an den Umfängen größer, als an den Axen ist, wobei die Drehung beider nach entgegengesetzten Richtungen geschieht. Befindet sich zwischen beiden ein dünner Streifen eines Körpers, z. B. von Papier, wie beim Telegraphiren, so wird er mit fortgeschoben und hat die Geschwindigkeit, welche an dem Berührungspunkte der Scheiben vorhanden ist. Bringt man flächenförmige Körper aus einem nachgiebigen Stoffe zwischen die beiden Scheiben, deren Zwischenraum sich allmählich bis zu einer gewissen Gränze verengt, so wird der Körper, z. B. ein Metallblech, dadurch dünner gedrückt oder gewalzt, wobei er dichter wird. Statt der Scheiben wendet man für solche Zwecke Walzen an, welche durch Kräfte selbstständig gegeneinander gedreht werden.

Die Drehungsgeschwindigkeit beider Scheiben ist nur dann dieselbe, wenn ihre Durchmesser gleich sind (1); sind sie aber ungleich (2), so macht die kleinere sovielmal mehr Umläufe, wievielmal ihr Radius in dem der größeren enthalten ist, oder allgemein:

die Zahlen der Umläufe der beiden Scheiben verhalten sich wie umgekehrt ihre Radien oder Umfänge.

Verschiedene Räder, Scheiben und Wellen.

Die Räder von einer Maschine können eine sehr verschiedene Lage gegen einander haben: sie können parallel nebeneinander an derselben Axe befestigt sein; parallel neben einander an verschiedenen Axen; in derselben Ebene so, daß sie einander an ihren Umfängen treffen; in zwei aufeinander lothrechten Ebenen so, daß sie einander an ihren Umfängen treffen.

Für die verschiedenen Zwecke sind bei gezahnten Rädern (Fig. 229) die Zähne entweder auf der Außenfläche des Radkranzes in der Richtung der verlängerten Radlen angebracht und dann heißen die Räder Stern- oder Stirnräder (1) oder sie stehen seitwärts am Radkranze lothrecht auf der Radfläche und solche Räder heißen Kron- oder Kammräder (2 Vorderansicht, 3 Seitenansicht).



(Fig. 229.)

Sperrwerk und Hemmung. Hat man einen Widerstand bis zu einem gewissen Orte beseitigt, z. B. eine Last bis zu einer gewissen Höhe gehoben und will man einem ungewissen Ereignisse vorbeugen oder die wirkende Kraft schonen, wosfern bei ihrem Nachlassen der Widerstand eine rückgängige Bewegung annehmen würde; so bedient man sich eines

Sperrwerkes, welches, wie Fig. 230 (1) zeigt, ein gezahntes Rad mit schrägen Zähnen und Einschnitten (ein Sperrrad) ist, in welche von der entgegengesetzten Seite ein um einen festen Punkt *c* beweglicher gebogener Sperrhaken *s* eingreift. Das an der Triebwelle befindliche Rad dreht sich bei der Arbeit in demselben Sinne und in der Richtung des inneren Pfeiles. Hört die Arbeit auf und will sich das Rad in der Richtung des äußeren Pfeiles zurückdrehen, so hindert es der Widerstand des jetzt eingreifenden Hakens, der vorhin über die Zähne weggeschleifte.



(Fig. 230.)

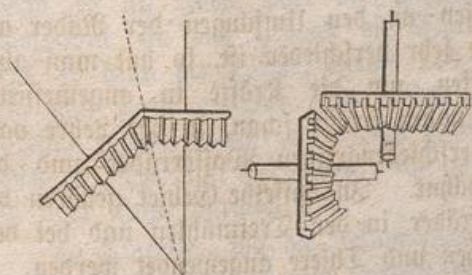
in der horizontalen Ase den Drehungspunkt des Pendels *ca* und zugleich den des daran befestigten Doppelhakens. Jenachdem das Pendel nach rechts oder links schlägt, greift der Haken *r* vor einen Zahn ein oder läßt ihn los, um den Haken *n* beziehungsweise frei zu erhalten oder eingreifen zu lassen.

In gewissen Fällen hat man Wellen, auf deren Oberfläche der Länge nach, also parallel mit ihrer Ase in gleichen Abständen gleiche

streifenförmige Erhöhungen mit ebensolchen Vertiefungen abwechseln und dieses sind die kanelirten Wellen. Statt der gefurchten Säulen wendet man auch zwei parallele Kreisscheiben oder Räder an, zwischen deren Umfängen lothrecht in gleichen Abständen Stäbe eingefügt sind, die man Spillen nennt, während die ganze Einrichtung ein Trilling heißt. Sie vertreten die Stellen von Getrieben.

Daumwelle. Um den an dem Umfange einer Welle vorhandenen Widerstand auf eine nur kurze Zeit zu überwinden, z. B. um eine lothrechte Stampfe, wie in den Del-, Papier-, Knochen-, Pulver- und anderen Mühlen, eine gewisse Strecke zu heben und sie dann fallen zu lassen, hat man die Daumwellen. Die Daumen sind abgerundete mehr oder weniger aus der Oberfläche der Welle hervorragende Zapfen, welche auf der Wellenaxe lothrecht stehen. Soll eine einzelne Stampfe schnell bewegt werden, so muß sich entweder eine dünne Welle mit einem einzelnen Zapfen schnell drehen oder es muß eine dickere Welle in demselben Kreisumfange der Welle mehre Zapfen haben und sich langsamer drehen. Soll aber eine ganze Reihe von Stampfen, welche in derselben Ebene liegen, durch dieselbe Welle in Bewegung gesetzt werden, so müssen die Daumen in einer Spirallinie rings um die Welle in gleichen Entfernungen so angebracht sein, daß nach einmaliger Umdrehung alle Stampfen hintereinander in gleichen, aber ganz kurzen Zwischenzeiten in Bewegung gesetzt worden sind, damit der Widerstand möglichst gleichmäßig vertheilt sei.

Wenn die Zähne eines Kammrades in die eines Stirnrades eingreifen, so werden dadurch Drehungen in zwei lothrecht auf einander stehenden Ebenen bewirkt. Da aber hierzu ziemlich viel Platz verbraucht wird, so wendet man zur Erreichung dieses Zweckes oder, um überhaupt die Drehung nach anderen Ebenen oder nach Rädern mit anders liegenden Axen zu vermitteln, Wellen von der Form abgefürzter Kegels, oder konische Wellen oder konische Räder an. Es sind bei ihnen



(Fig. 231.)

sondern müssen mäßig abgerundet sein und die Zwischenräume für die Aufnahme der Zähne müssen eine angemessene Form und Weite besitzen, damit bei dem Sineinandergreifen der Zähne zweier Räder möglichst

(Fig. 231) in den Mantel eines kurzen abgefürzten Kegels wie bei den kanelirten Walzen streifenförmige Erhabenheiten und entsprechende Vertiefungen vorhanden, deren Verlängerungen in der Spitze des vollständig gedachten Kegels zusammentreffen würden.

Die Zähne der Räder dürfen niemals scharfe Kanten haben,

wenig Reibung und ein ruhiger Gang erreicht werde. Die Zähne müssen also zwar einander ziemlich nahe sein, aber nicht so nahe, daß sie allzu dünn würden und ihre Widerstandsfähigkeit für einen vorliegenden Zweck zu gering würde. Bei allzu großer Entfernung der Zähne springt ein Zahn des einen Rades von Zahn zu Zahn des anderen Rades mit einem Schlage über und die Maschine nutzt sich allzu rasch ab, abgesehen von dem unerträglichen Geklapper. Es ist also sehr wichtig, daß man den Zähnen und den Zwischenräumen eine angemessene Gestalt und gleiche Größe gibt, so daß auch ihre Entfernungen genau gleich sind.

Wenn die Berührungspunkte der Zähne zweier Räder so liegen, daß ihre Verbindungslinie durch die Mittelpunkte der Zähne geht; so ist die Wirkung aufeinander am größten.

Für die Berechnung der Kräfte sind als Hebelarme die bis zur halben Höhe der Zähne reichenden Radien anzusehen.

Wenn nicht das ganze Rad oder der Radkranz, so sind doch die Zähne bei guten Maschinen von Metall, namentlich von Eisen, welches sich nicht leicht abnutzt. In allerdings nicht wenigen Fällen, z. B. bei Wind- und Wassermühlen, verwendet man auch recht hartes Holz, wie u. a. Weißbuchenholz.

Weil die Zähne von Rädern, welche ineinander greifen sollen, gleich sein und gleiche Zwischenräume haben müssen, so verhalten sich ihre Mengen wie die Radien oder Umfänge. Ist das Verhältniß der Radien 1 zu 10 und hat das erste Rad 8 Zähne, so sind auf dem andern 80; dreht sich das erste einmal um seine Ase, so schleben seine Zähne nur 8 Zähne vom zweiten vorwärts, so daß es sich nur um $\frac{1}{10}$ seines Umfanges gedreht hat. Soll sich also letzteres einmal umdrehen, so muß es jenes 10mal thun und umgekehrt.

Die Umdrehungsgeschwindigkeiten der ineinander greifenden gezahnten Räder verhalten sich umgekehrt wie die Anzahl ihrer Zähne.

Die wirksamen Kräfte greifen an den Umfängen der Räder an. Da aber die Natur dieser Kräfte sehr verschieden ist, so hat man auch verschiedene Einrichtungen getroffen, um die Kräfte in angemessener Weise angreifen zu lassen. Wir haben früher schon, in der Lehre vom Stöße, die hierher gehörigen verschiedenartigen Wasserräder und die Flügelräder der Windmühlen erwähnt. In dasselbe Gebiet gehören die Tretscheiben, die Treträder, Laufräder in den Tretmühlen und bei den Sägemaschinen, bei denen Menschen und Thiere angewendet werden.

Weil in solchen Tretmühlen die dazu verwendeten Menschen oder Thiere niemals stille stehen können, wenn sie auch wollten, verurtheilte man in England, Frankreich und Nordamerika manche Verbrecher zu dieser Arbeit, bei welcher die Sträflinge allerdings mehr leisten müssen, als bei jeder anderen Arbeit. Die Treträder sind zu diesen Zwecken

sehr breit, so daß gleichzeitig bis 16 Personen nebeneinander auf jedem Tritte an dem Umfange des Rades Platz finden. Die Leute müssen sich mit den Händen an eine feste Stange halten und wirken nur durch ihr Gewicht, natürlich am meisten horizontal der Radaxe gegenüber, also lothrecht auf dem horizontalen Radius. Die Arbeit war so anstrengend, daß die Verbrecher alle 8 Minuten abgelöst werden mußten.

Will man Thiere zu Tretarbeit verwenden, so müssen sie auf einer schiefen mit Leisten als Stützpunkten für die Füße versehenen Ebene tretend an derselben Stelle stehen (vielleicht vor einer Krippe mit Futter, um die Arbeitslust mit der Futtergier in Einklang zu setzen), während die Tretscheibe unter ihren Füßen fortwährend weggeschoben wird. Hier wirkt die Kraft wie auf einer schiefen Ebene, also nur theilweise, es ist aber der Vortheil erreicht, daß die wirkende Kraft dem Mittelpunkte der Welle näher oder entfernter wirken kann, wodurch die Geschwindigkeit in jenem Falle vergrößert, in diesem verkleinert wird, während mit dem statischen Momente der umgekehrte Fall eintritt. Der größte Nuzerfolg wird durch die mittlere Geschwindigkeit erreicht.

Da die in dem Gewichte des Thieres oder des Menschen liegende Kraft lothrecht wirkt und die Scheibe schief gegen den Horizont liegt, so wirkt jene Kraft gegen die Scheibe schief und muß in zwei Seitenkräfte zerlegt werden, von denen die eine lothrecht auf die Scheibe wirkt und verloren geht, die andere aber in ihrer Richtung liegt und ganz zur Wirkung kommt, weil sie auf dem betreffenden Radius der Scheibe senkrecht steht. Rechnet man das Gewicht eines Zugpferdes zu $7\frac{1}{2}$ Zentner und seine mittlere Kraft zu 1 Zentner, so müßte der Neigungswinkel der Scheibe gegen den Horizont, wenn von dieser Kraft nichts mehr verloren gehen soll, $7^{\circ} 40'$ sein. Bei einem Menschen von 125 Pfunden Gewicht und 25 Pfunden mittlerer Kraft müßte jener Winkel gegen $11\frac{1}{2}^{\circ}$ sein.

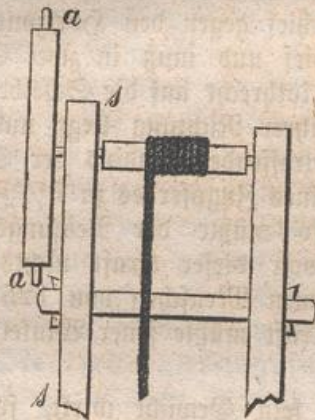
Wenn ein Pferd nicht blos durch sein Gewicht wirkt, sondern, indem es an einem über der Scheibe befindlichen feststehenden Balken angespannt ist und ziehend die Scheibe unter seinen Füßen rückwärts stößt, so kann der Winkel kleiner und die Scheibe selbst horizontal sein, ohne daß Kraft verloren geht. Das Thier wird übrigens am vortheilhaftesten ziehen, wenn unter allen Umständen die Seile oder Ketten, an denen es zieht, mit der Ebene, auf welcher es geht, mag sie horizontal sein oder nicht, parallel sind.

In Amerika, wo die Lokomotiven häufig mit Holz geheizt werden, verwendet man Pferde, um mittelst transportabler, ganz einfacher Tretmaschinen das nöthige Holz durch sehr schnell arbeitende Kreissägen zerschneiden zu lassen. Ein Pferd leistet soviel, daß zwei Menschen sehr eifrig arbeiten müssen, um der Maschine schnell genug das nöthige Holz in ganzen Kloben darzureichen und in zerschnittenen zu entziehen.

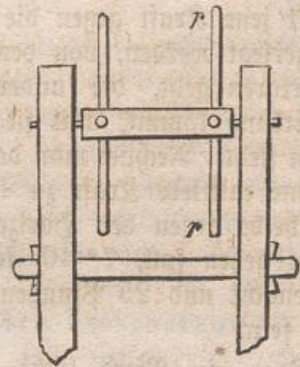
Die Räder zu Maschinen können entweder massive Scheiben oder durchbrochene mit einem Radfranze oder bloße Speichenräder sein, so daß die Kräfte am Ende der Speichen angreifen.

Haspeln und Winden.

In der Anwendung unterscheidet man wesentlich zwei Arten von Wellrädern, wenn um die Welle ein Tau oder eine Kette gelegt ist: bei den einen liegt die Welle horizontal, bei den anderen steht sie lothrecht auf dem Horizonte; die ersteren heißen Haspeln oder Grubenwinden, weil sie dazu dienen, aus Gruben, Schächten oder Brunnen eine Last heraufzuwinden, während gleichzeitig ein leeres Gefäß abwärts geht, was auch auf ein Haus geschehen könnte, wenn die Vorrichtung oben angebracht wäre; die letzteren heißen Gangspillen oder Erdwinden, weil die Lasten an der Erdoberfläche bewegt werden. Bei allen ist es angemessen, daß die Wellenaxe aus eisernen Zapfen besteht, welche sich auf eisernen oder messingnen Lagern bewegen.



(Fig. 232.)



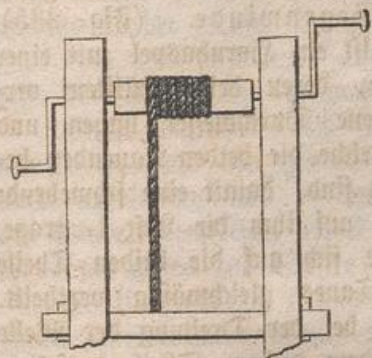
(Fig. 233.)

Fig. 232 stellt einen Radhaspel dar, bei welchem die eiserne Wellenaxe auf der einen Seite durch den Ständer ss des festen Gestelles geht, um außerhalb desselben das Rad zu tragen, an dessen Umfange sich Spillen aa befinden, um daran Menschenkräfte wirken zu lassen.

Fig. 233 ist die Darstellung eines Kreuzhaspels im lothrechten Querschnitte. Hier sind gegen die beiden Enden der Welle je zwei einander rechtwinklig kreuzende Bäume rr durch sie gesteckt, um daran 2 oder auch 4 Menschen angreifen zu lassen.

Fig. 234 ist ein Hornhaspel, bei welchem an den beiden Enden der Wellenaxe Kurbeln unter einem Winkel von 180° gegen einander

als Angriffspunkte für zwei Menschen vorhanden sind, wobei die größte Kraftäußerung des einen mit der geringsten des anderen zusammenfällt und so eine gleichmäßige hervorgeht. Sind die Handgriffe lang genug, so kann man in jede Kurbel zwei Menschen einander gegenüberstellen. Beim Kreuzhaspel mußte man jede der beiden Hände gleichzeitig an Anspruch nehmen, um mit der einen Hand noch zu stoßen, während man mit der anderen bereits zu ziehen anfing, um der Last nicht das Uebergewicht zu geben; hier aber kann man abwechselnd die eine Hand ruhen lassen. Allerdings gestattet die Kurbel nicht einen so großen Radius, wie die Speichen des Kreuzhaspels ihn darstellen und insofern ist ihre Handhabung anstrengender.



(Fig. 234.)

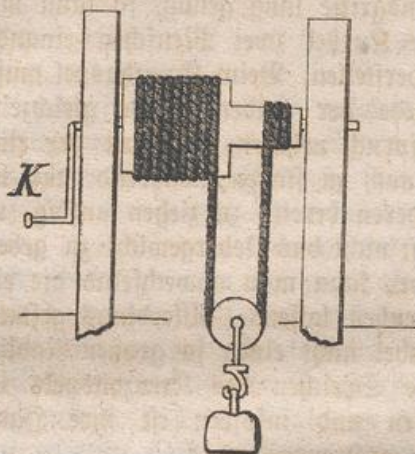
Windet man eine Last aus sehr bedeutenden Tiefen, so muß außer ihrem Gewichte noch das des abgewickelten Theiles des Taus in Rechnung kommen. Geht beim Herauswinden gleichzeitig ein leeres Gefäß abwärts, indem es an einem umgekehrt gewundenen Seile hängt; so wird dadurch die anzuwendende Kraft um so mehr vermindert, je mehr sich sein Seil verlängert, und ist es bedeutend lang, so kann es mit dem leeren Gefäße der Last und ihrem kürzeren Seile das Gleichgewicht halten, so daß man beim weiteren Drehen sogar eine nach der entgegengesetzten Seite wirksame Kraft zu überwinden hat, damit die Welle nicht mit beschleunigter Bewegung von selbst umlaufe.

Wenn das Gewicht von je 8 Fuß eines Taus 10 Pfund betrüge und man in einem 800 Fuß tiefen Bergwerke eine Tonne mit 8 Zentnern Erz füllte, so müßte man $10 + 8 = 18$ Zentner heraufziehen, weil das Tau 10 Zentner wiegt. Ist nun die volle Tonne bis auf 160 Fuß herausgezogen, so ist die leere 640 Fuß tiefer und da die beiden parallelen Taustücke von 160 Fuß und die beiden leeren Tonnen einander das Gleichgewicht halten, so kommen nur noch die 8 Zentner Erz und die 640 Fuß Tau, woran die leere Tonne hängt und welche auch 8 Zentner wiegen, in Anschlag und diese halten einander das Gleichgewicht. Beim weiteren Herauswinden des Erzes ist das Uebergewicht der leeren Tonne mit ihrem Seile zu überwinden.

Sind Pferde zum Betriebe angespannt, so vermeidet man in solchen Fällen das freiwillige Umlaufen der Welle dadurch, daß man an den Kreuzbaum eine mit Steinen u. dergl. beschwerte Schleife, den sogenannten Schleppehund anhängt.

Wendet man statt der Taus Ketten an, so gewähren sie den Vortheil, daß sie nicht überall gleich dick gemacht zu werden brauchen, son-

bern von unten nach oben hin in dem Verhältnisse dicker gemacht werden, in welchem ihre eigene Belastung zunimmt.



(Fig. 235.)

Eine dem Differenzialflaschenzuge entsprechende Vorrichtung ist die Gegenwinde. (Fig. 235). Sie ist ein Hornhaspel mit einer Welle, deren beide Hälften verschiedene Durchmesser haben und an welche die beiden Tauenden befestigt sind, damit eine schwebende Rolle auf ihm die Last L trage, welche sich auf die beiden Theile des Taus gleichmäßig vertheilt. Weil bei der Drehung der Welle von dem dickeren Theile derselben ein längeres Stück des Taus abgewickelt wird, als von dem dünneren, so ist jener, wenn auch ursprünglich gleiche Stücke auf beide

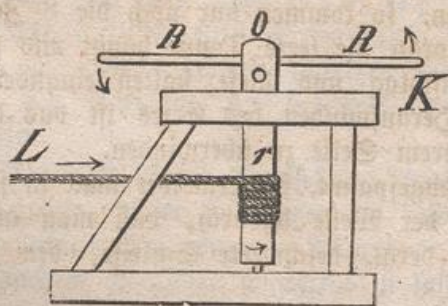
Theile aufgewickelt werden, eher entblößt als dieser und das Tau muß bei der weiter fortgesetzten Drehung sich auf den dickeren Theil wieder aufwickeln, während es von dem dünneren sich abwickelt. Auf diese Weise geht die Last L bei fortgesetzter Drehung wiederholt auf und ab.

Ist der Radius der Kurbel R , der Radius des dickeren Theiles der Welle r , der des dünneren r' , so steht die Proportion:

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

$$KR = (r - r') \frac{L}{2}, \text{ und } K = \frac{(r - r') L}{2R},$$

woraus sich die Kraftersparniß für jeden besonderen Fall leicht berechnen läßt. Gegenwinden sind dann besonders von Nutzen, wenn große Lasten auf geringe Höhen zu heben sind.



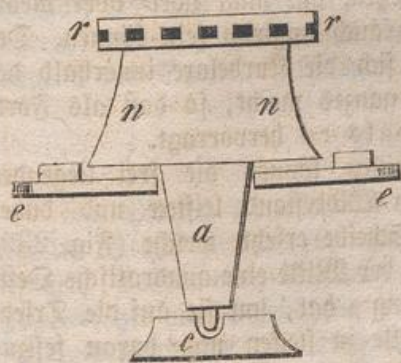
(Fig. 236.)

Bei der Erdwinde (F. 236) ist die Welle lothrecht und das Seil horizontal um dieselbe gewunden, um eine Last L mit einer Kraft K heranzuziehen, welche an horizontal oben durch die Welle gesteckten Stangen R angebracht ist. Das verseybare Gerüst mit der Winde muß an dem Orte, nach welchem

die Last geschafft werden soll, entweder angemessen belastet oder an den Erdboden befestigt werden. Ist die Länge der Stange vom Angriffspunkte der Kraft bis an die Ase der Welle R , der Radius der letzteren r , so verhält sich die Kraft zur Last, wie der Radius r der Welle zum Radius R der Kraft. Je länger die Stangen sind, desto leichter fällt zwar eine gewisse Arbeit, aber desto größer ist in demselben Verhältnisse der Verlust an Geschwindigkeit der Last.

Papst Sixtus V. ließ im Jahre 1586 durch den Baumeister Domenico Fontana den großen Obelisk auf dem Platze vor der Peterskirche aufrichten, und es wurde seine Last von 9600 Pfunden durch 40 Winden bewältigt, wobei in der letzten Nacht die Kapillaranziehung der Taue gegen das Wasser noch das ihrige that.

Es ist natürlich, daß die besonderen Einrichtungen dem jedesmaligen Zwecke entsprechen müssen. Man kann z. B. das Seil über den Arbeitern sich auf die Welle winden und dasselbe dann um verschiedene Richtrollen gehen lassen, um auch Lasten, welche in größerer Höhe sind, in Bewegung zu setzen.



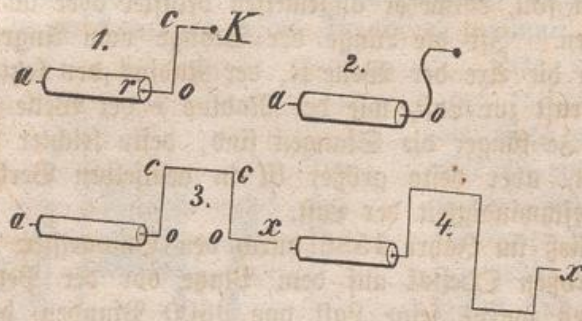
(Fig. 237.)

Eine besondere Einrichtung haben u. a. die Schiffswinden (Fig 237), welche auf Schiffen zum Heben sehr großer Lasten, z. B. großer Schiffsanker dienen. a ist ein unterhalb des Verdeckes ee befindlicher eiserner Kegel, welcher unten einen Zapfen e auf einer Unterlage und oben einen stärkeren, nur etwas nach oben sich verjüngenden abgekürzten Kegel nn statt eines Zylinders trägt; oben hat derselbe einen Kranz rr mit Löchern, um zur Drehung dieser Winde kräftige

Stangen hineinzustecken, welche man zur Ersparung des Raumes nach dem Gebrauche wieder herausnimmt. Weil die Schiffstane und Ketten meist sehr dick sind und sich nur wenig davon aufwinden läßt, so schlägt man sie nur etwa dreimal herum und wickelt sie von dem Ende an gleichzeitig wieder ab, indem sie dabei scharf von der Winde abgezogen werden.

Kurbel und Krümmzapfen.

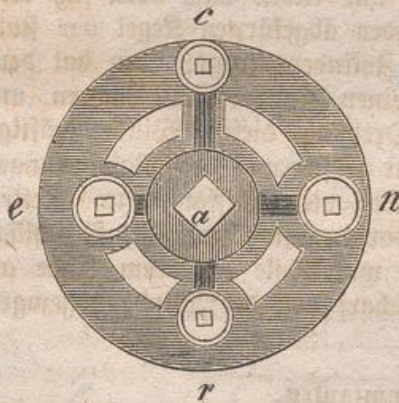
Zu den Speichenrädern gehört auch die Kurbel und der Krümmzapfen, welche wesentlich dasselbe sind. Wenn am Ende der etwas verlängerten Ase oa (Fig. 238) einer Welle lothrecht eine Speiche oc aufgesetzt ist, welche auch gebogen sein kann und Arm heißt, und an dem Ende c der letzteren ein Griff als Anhaltspunkt für eine Kraft K sich befindet; so ist dies eine einfache Kurbel, wie sie z. B. bei Dreh-



(Fig. 238.)

zur Sicherung der Lage der Ase ein Stützpunkt x (3) für die Verlängerung der Ase gewonnen werden; so wendet man eine gekröpfte Kurbel an, bei welcher ox die Verlängerung der Ase oa , oc der Hebelarm und der Griff cc zwischen zwei Speichen oc befindlich ist. Um durch dieselbe Welle bei hinreichendem Vorrathe an Kraft mehre Maschinenteile zugleich in Bewegung zu setzen, hat man zwei- oder mehrfach gekröpfte Kurbeln (4), deren Arme auch ungleich sein können. Der größeren Haltbarkeit wegen verbreitert sich die Kurbelaxe innerhalb der Welle zu einer Platte, mit der sie ein ganzes macht, so daß als Fortsetzung der Wellenaxe nur ein kurzer Hals ro hervorragt.

Bei sehr kräftig wirkenden Maschinen können die frei liegenden Theile einer Kurbel nicht den gehörigen Widerstand leisten und daher hat man den Arm durch eine massive Scheibe ersetzt, welche (Fig. 239)



(Fig. 239.)

eines Krummzapfens ein drehbares Gestänge, so muß dieses bei der drehenden Bewegung jener eine hin- und hergehende erhalten und soll dieselbe an einer entfernteren Stelle eine gradlinige sein, so muß das Gestänge nicht steif aus dem Ganzen gemacht, sondern gegliedert sein. Umgekehrt kann natürlich auch die durch eine Kraft erzeugte hin- und

orgeln, Kaffeemühlen, Elektrifiziermaschinen, Schleiffsteinen fest angebracht ist. Eine Kurbel ist also ein Hebel mit Handhabe zur Umdrehung von Wellen ohne oder mit Rädern.

Sollen an einer Kurbel mehre Angriffspunkte sein oder, wie bei manchen Bohrern,

in der Mitte eine quadratische Oeffnung a hat, um sie auf die Triebwelle zu stecken und daran festzuschrauben und in ungleichen Entfernungen von der Mitte sind mehre Löcher c , n , r , e , um in sie die sogen. Warzen zu stecken, welche auf der Rückseite der Scheibe angeschraubt werden und als Angriffspunkt für Kräfte dienen. Diese Vorrichtung nennt man einen Krummzapfen.

Befindet sich an dem Griffe einer Kurbel oder an der Warze

hergehende Bewegung mittelst eines außerhalb der Nadaxe (also excentrisch) drehbar befestigten und gegliederten Gestänges, der Leitstange, in eine drehende Bewegung verwandelt werden. Diese gegenseitige Umwandlung der beiden Bewegungsarten kommt bei den Maschinen außerordentlich häufig vor.

Mag nun eine vorhandene Kraft auf die Welle oder auf den Griff bei der Kurbel oder die Warze bei dem Krummzapfen wirken, so wird während einer einmaligen Drehung der Erfolg in zwei Punkten der für den grade vorliegenden Fall der möglichst größte, und in zwei anderen der kleinste sein: jenes ist der Fall, wenn die Leitstange senkrecht steht auf dem Durchmesser des Kreises, welchen ihr Endpunkt beschreibt; dieses aber, wenn sie in der Richtung des Durchmessers liegt. Jeder von den vier Punkten ist von dem benachbarten um den vierten Theil des Kreisumfangs entfernt. Die beiden letzten Punkte, deren Verbindungslinie die Wellenaxe trifft, heißen auch die todten Punkte, weil, wenn die Kräfte genau nur in ihnen auf die Maschine wirkten, sie einander wegen des Widerstandes der Maschinetheile aufheben würden. Es ist das Geschäft der Schwungräder, die Bewegung über diese Punkte fortzuführen, wie es früher bereits bei der Betrachtung des Beharrungsvermögens zur Sprache gekommen ist.

Die Rammen.

Um Pfähle, Röhren oder Steine in den nachgiebigen Boden durch einzelne Stöße zu schlagen und sie darin zufolge der Reibung zu befestigen, wendet man Rammen an. Die Handrammen, deren sich die Pflasterseker zur Befestigung der Steinpflaster oder die Erdarbeiter zum Zusammenstampfen des Erdbodens bedienen, gehören nicht zu den Maschinen, welche entweder Lauf- oder sogenannte Kunstrammen sind. In beiden Fällen wird ein schwerer Klotz von Eichenholz (etwa 5 Fuß lang und 1,5 Fuß im Durchmesser, mit starken eisernen Bändern umgeben) oder von Gußeisen (von 500 bis 2000 Pfunden) bis zu einer gewissen Höhe, etwa 3,5 Fuß, gehoben und auf den einzurammenden Pfahl fallen gelassen. Dieser Rammbär hängt an einem Taue, welches über eine feste Rolle geht, die oben an einem pyramidalen Gerüste angebracht ist. Bei leichter Arbeit genügen drei oben mit einander zusammengebundene Tragbäume; bei größeren Bauten wendet man ein festes und verschiebbares Gerüst an, indem auf Schwellen eine vierkantige Pyramide aus fünf Balken aufgebaut wird, wobei zwei Balken fast lothrecht stehen, damit an der zwischen ihnen befindlichen Laufrolle der Bär ohne Reibung herabgleitet, wobei er durch umschlingende Arme verhindert wird, sie zu verlassen.

Wird der Bär durch Handarbeit unmittelbar aufwärts gezogen, so sind an einer bestimmten Stelle des Haupttaues für die Arbeiter dün-

nerer Seile mit Handgriffen zum Festhalten beim Ziehen gebunden. Wenn 12 Arbeiter angestellt sind, so geht $\frac{1}{4}$ der Kraft verloren, selbst wenn dieselben einander möglichst nahe stehen; bei mehr Arbeitern noch mehr, weil die Winkel der äußersten Seile gegen das Haupttau schon ziemlich groß sind. Ueberhaupt aber können die Arbeiter beim Ziehen der Ramme nur etwa halb so viel leisten, als bei anderen Maschinen. Indes wird, wenn man mit starken Arbeitern abwechselt, der Vortheil erreicht, daß die Arbeit stark gefördert wird, indem man durch 12 Arbeiter einen 400 Pfund schweren Bär in einem Tage im Ganzen auf 49140 Fuß Höhe heben kann (3,5 Fuß Hubhöhe in jeder Sekunde bei 3,9 Stunden Arbeitszeit und 30 Pfund Arbeitskraft). Man rechnet auf 3 Zentner Gewicht des Rammklozes meist 10 Arbeiter.

Bei den Kunststrammen wird das Seil entweder um eine horizontale Walze gewunden, welche man durch Haspeln um ihre Ase dreht oder um eine lothrecht stehende Trommel, nachdem es vorher von oben nach unten gehend, noch um eine ihr gegenüber liegende Leitrolle geführt worden ist. Diese Trommel hat als Ase einen ziemlich dicken Baum, durch welchen eine Menge, 12 bis 24 horizontale Stangen gehen, an deren Enden die Arbeiter angreifen. Zur Kontrolle der Arbeiter können diese Stangen mit Druckfedern versehen werden, welche mit 25 bis 30 Pfund Kraft gedrückt werden müssen, wenn der folgende Arbeiter den vorangehenden nicht auf die Fersen treten soll. Aus dem Verhältnisse des Radius der Trommel zu der Länge der Stangen läßt sich die Kraftersparniß beurtheilen.

Um den zu der bestimmten Höhe gehobenen Bär fallen zu machen, löst man ihn entweder durch einen mittelst einer Schnur zu bewegenden Hebel ab, während die Arbeiter einen Augenblick ruhen, oder der von einer Gabel erfaßte Bär wird von dieser losgelassen, wenn ihre Griffe bei ihrer Ankunft oben zusammengedrückt werden. — Dampfstrammen.

Schöpfmaschinen.

Es liegt sehr häufig das Bedürfniß vor, Wasser bis auf eine gewisse Höhe zu schaffen, um es von da aus zu häuslichen oder technischen Zwecken zu benutzen, oder um es überhaupt von da fortzuschaffen, wo es hinderlich oder nachtheilig ist, wie in Niederungen, welche bebaut werden sollen, oder in den Fundamenten zu Bauwerken u. dergl. Außer den früher erwähnten Saughebe- oder Saugdruckpumpen, welche durch verschiedene Kräfte in Bewegung gesetzt werden konnten, hat man noch die Schöpfmaschinen.

1) Die spanische Moria ist ein lothrecht stehendes Rad mit Kästen an seinem Umfange, welche sich bei der durch Maulthiere bewirkten Drehung unten mit Wasser füllen, das sie oben in eine Rinne ausschütten.

2) Bei den persischen Schöpfrädern, welche unterschlächlige Wasserräder sind, hängen am Radfranze seitwärts vierkantige Kästen oder Eimer so, daß sie bei der Drehung des Rades ihre Oeffnungen stets nach oben gerichtet behalten und, nachdem sie sich unten gefüllt haben, das Wasser erst dann oben in ein Gerinne ausschütten, wenn ihren unteren Theil ein außerhalb des Rades befestigtes Holzstück erfäßt.

In Holland und in anderen Niederungen treiben Windmühlen solche Räder, durch welche man nicht bloß entwässert, sondern unter Umständen auch bewässert.

3) Das Paternosterwerk. Eine Kette ohne Ende geht um zwei lothrecht oder schräge übereinander liegende Trommeln mit horizontalen Axen, von denen die obere durch Kurbeln gedreht wird und so die Kette mit sich fortführt. An der Kette befinden sich in gleichen Abständen lothrecht zu ihr befestigte Bretter, welche sich an die Wände eines Kastens ziemlich dicht anschließen. Will man Wasser senkrecht fördern, so muß der Kasten auf allen vier Seiten geschlossen sein; will man es aber auf einer schiefen Ebene zu einer geringen Höhe herauf bringen, so kann die obere Seite des Kastens offen sein. Steht sein unterster Theil in Wasser, so füllen sich die dort befindlichen Räume zwischen zwei benachbarten Brettern und da diese durch die Kette bei deren Ab- und Aufwicklung auf die obere Trommel fortgezogen werden, so schieben sie auch das Wasser empor, so daß es dann oben abgelassen werden kann.

4) Bei den Kastenwerken sind die lothrecht übereinander liegenden Trommeln regelmäßig sechsseitig, die Kettenglieder der zwei parallel nebeneinander liegenden Ketten ohne Ende haben grade die Länge, daß sie sich bei der Drehung nacheinander auf die Seiten legen und die frei schwebenden Ketten tragen an jedem ihrer Gliederpaare frei einen Kasten, welcher nach oben etwas breiter ist und so eine Art Ausgufschnabel besitzt. Bei genauer Ausführung sind diese Maschinen ganz vortheilhaft.

Die Berechnung der für alle diese Fälle nothwendigen Kraft hat keine Schwierigkeiten, wenn man den grade vorhandenen Widerstand kennt. —

Bei allen oben genannten einfachen Maschinen kommt das vom Hebel angeführte Gesetz in Anwendung, denn es sind lauter ungleicharmige, theils zwei-, theils einarmige Hebel, bei welchen der Drehungspunkt in der Axe der Welle liegt und die Kräfte an den Umsängen zweier Räder, oder die eine an dem Umfange eines Rades, die andere an dem Umfange einer kanelirten oder mit einem Taue umschlungenen Welle angreifen. Der einzige Unterschied, welcher aber auf das Kräftegesetz keinen Einfluß hat, ist der, daß die drei Punkte, nämlich der Drehungspunkt und die Angriffspunkte für die beiden Kräfte fast nie-

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