Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Siebenter Abschnitt. Maschinen die durch Menschenkraft bewegt werden

urn:nbn:de:bsz:31-270970

SIEBENTER ABSCHNITT.

Maschinen die durch Menschenkraft bewegt werden.

Der Mensch und die Thiere als Motoren.

Der Organismus des Menschen wie des Thieres wird in mancher Hinsicht sehr verständlich, wenn man denselben mit der Einrichtung und Wirkungsweise einer complizirten Maschine vergleicht, oder schlechtweg als eine eigenthümlich eingerichtete Maschine betrachtet. Eine solche Vergleichung hat allerdings im ersten Moment für das Gefühl etwas Abstossendes, indem es besorgt ist, dass hierdurch ein für den Menschen unwürdiges Ergebniss hervorgehen könnte. Allein eine solche Besorgniss ist ganz unbegründet, denn es ist von vornherein selbstverständlich, dass zwischen dem Menschen und einer Maschine der grosse Unterschied besteht, dass ersterer ein empfindendes, mit Gefühlen, Denkvermögen und Willen begabtes Wesen ist, während die letztere nur aus einem Apparat von todten, nicht empfindenden unorganischen Körpern besteht. Die Vergleichung des menschlichen Organismus mit einer Maschine kann sich daher nur auf diejenigen Einrichtungen und Funktionen beziehen, welche, abgesehen von Fühlen, Denken und Wollen, im lebenden Organismus vorkommen.

So wie eine zusammengesetzte Maschine mit verschiedenen Bewegungsmechanismen versehen ist, von denen jeder in dem Gesammtprozess, welchem die Maschine dient, eine gewisse Funktion zu verrichten hat, so ist der menschliche Organismus mit mancherlei Apparaten versehen, von denen jeder einem gewissen Zweck zu dienen hat.

Allein in einer Maschine kommen nur allein Bewegungsapparate vor; die Körper, aus welchen sie besteht, erleiden im Innern weder mechanistische noch chemische, sondern nur an der Oberfläche theils durch Reibungen, theils durch die Einwirkung der Atmosphäre unwesentliche Veränderungen.

Der Organismus dagegen enthält, nebst mancherlei Bewegungsapparaten, auch noch viele zu andern Zwecken dienende Einrichtungen, und alle Theile des Organismus sind unausgesetzt den manchfaltigsten chemischen und mechanistischen Veränderungen ausgesetzt. Die Theile des Körpers sind von keiner Dauer, sie werden unausgesetzt durch chemische Aktionen aufgelöst und müssen fort und fort durch chemische Neubildungen wieder restaurirt werden.

Die Maschine braucht zu ihrem Fortbestande keinen Stoff in sich aufzunehmen, und scheidet während ihrer Thätigkeit keinen Stoff aus; der Organismus dagegen kann ohne Stoffaufnahme nicht bestehen, er muss fort und fort Material in sich aufnehmen, um das unbrauchbar gewordene Material, das ausgeschieden wird, zu ersetzen. Der Organismus ist also eine Maschine, die sich fort und fort selbst zerstört und die fort und fort wieder aufgebaut werden muss. Diese Materialzufuhr geschieht durch die Nahrungsmittel. Diese werden in der Mundhöhlung zwischen den Zähnen zerkaut, mit Speichel gemengt, hierauf in den Magen gefördert, daselbst mit auflösenden oder zersetzenden Beimengungen versehen und endlich in ein langes Kanalsystem gebracht, dessen Wände die Eigenschaft besitzen, dem auf die beschriebene Weise mechanistisch und chemisch präparirten Stoff die für den Wiederaufbau der Organe geeigneten Bestandtheile zu entziehen, in sich aufzunehmen und dem Organismus zuzuführen. Der für den Bau des Organismus unbrauchbare Theil wird ausgeschieden. Allein diese Ernährung des Körpers hat noch einen andern Zweck zu erfüllen. Durch die unter der Einwirkung des Organismus erfolgende Gesammtheit der chemischen Prozesse, denen die Nahrungsmittel unterworfen sind, werden Wärmethätigkeiten entwickelt, welche theilweise aus dem Körper als fühlbare Wärme entweichen, theilweise aber die Kraftentwicklungen hervorbringen, deren der lebende Organismus fähig ist. In dieser Hinsicht ist der Organismus mit einer Dampfmaschine oder noch treffender, mit einer sogenannten calorischen Maschine zu vergleichen, deren wesentlichste Eigenschaft in der Fähigkeit besteht, Wärme in mechanistische Thätigkeit umzuwandeln, Wärme in sich aufzunehmen und dafür Arbeitskraft zu liefern.

Die Chemiker und Physiologen berechnen, dass von den Nahrungsmitteln, welche ein Mann von mittlerer Stärke täglich in sich aufnimmt, 0·2514 Kilogramme Kohlenstoff in Kohlensäure und 0·01256 Kilogramme Wasserstoff in Wassergas umgewandelt wird, d. h. mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft verbrennen. Da durch Verbrennung von 1 Kilogramm Kohlenstoff 7050 und durch Verbrennung von 1 Kilogramm Wasserstoff 34500 Wärmeeinheiten entwickelt werden, so geben die obigen Quantitäten täglich $0{\cdot}2514 \times 7050 + 0{\cdot}01256 \times 34500 = 2207$ Wärmeeinheiten, und da jede Wärmeeinheit einer mechanischen Arbeit gleich 424 Kilogr.-Meter entspricht, so entspricht die tägliche Ernährung eines Mannes einer Leistungsfähigkeit von $2207 \times 424 = 935768$ Kilogr.-Meter.

Allein der Erfahrung zu Folge vermag ein Mann ohne Nachtheil für seine Gesundheit innerhalb 24 Stunden 8 Stunden lang zu arbeiten, und zwar so, dass er in jeder Sekunde dieser 8stündigen Arbeit eine Wirkung von 7·2 Kilogr.-Meter entwickelt. Die totale tägliche Arbeit eines Mannes ist daher $8 \times 3600 \times 7{\cdot}2 = 207360$ Kilogr.-Meter und diese Thätigkeit ist nahezu der 4·5te Theil von derjenigen, welche der Ernährungswärme entspricht.

Der menschliche Organismus ist demnach eine calorische Maschine, welche $\frac{100}{4{\cdot}5} = 22\,\%$ rein mechanistische Nutzwirkung gibt, während (wie wir in der Folge sehen werden) eine Dampfmaschine unter den günstigsten Umständen nur $\frac{100}{20} = 5\,\%$ von der Wärme des Brennstoffs nutzbringend zu machen vermag. Von $100 - 22 = 78\,\%$ Wärme, welche für die Kraftentwicklung verloren gehen, entweicht ein Theil aus dem Körper als Wärme, und wird der Rest zu anderen Funktionen verwendet.

Die mechanische Arbeit, welche ein lebendes Individuum zu entwickeln vermag, ist selbstverständlich nach Umständen veränderlich und richtet sich 1) nach dem Geschlecht, 2) dem Alter, 3) dem Körperbau, 4) dem Klima, 5) nach Uebung und Gewohnheit, 6) nach der Arbeitsweise, 7) und insbesondere auch nach der Geschwindigkeit, mit welcher während der Arbeit der Widerstand überwunden wird.

Eine rationelle Regel, welche den Einfluss all dieser Umstände richtig in Rechnung brächte, gibt es für die Bestimmung der Arbeitsleistung eines Individuums nicht. Aber annähernd kann diese Leistung doch berechnet werden.

Man darf annehmen, dass die Thätigkeit, welche ein bestimmtes Individuum bei angemessener Ernährung innerhalb eines Tages ohne Nachtheil für die Gesundheit zu entwickeln vermag, am grössten ausfällt, wenn es innerhalb 24 Stunden eine gewisse Zahl von T Stunden thätig ist, und in jeder Sekunde seiner Thätigkeit einen gewissen Widerstand von K Kilogrammen mit einer Geschwindigkeit von C Meter p. 1" überwindet. Die tägliche Maximalwirkung W genannt, so ist

$$W = 3600\ K\ C\ T \text{ Kilogr.-Meter} \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

Die vortheilhafteste tägliche Arbeitszeit kann für Menschen und Thiere zu $T = 8$ Stunden angenommen werden und die vortheilhaftesten Werthe von K und C sind nach Erfahrungen in nachstehender Tabelle für verschiedene Individuen zusammengestellt.

Indiv.	Gewicht.	Maschine.	K	C	K C
	Kilg.		Kilg.	Meter.	Kilgrmt.
Mensch	70	ohne Maschine .	14	0·8	11
		am Hebel . . .	5	1·1	5·5
		an der Kurbel .	8	0·8	6·4
		am Göpel . . .	12	0·6	7·2
		am Tretrad . .	12	0·7	8·4
		24° Ansteigen am Steigrad . . .	60	0·2	12
Pferd	280	ohne Maschine .	56	1·3	73
		am Göpel . . .	44	0·9	40
Ochse	280	ohne Maschine .	60	0·8	48
		am Göpel . . .	65	0·6	39
Maulesel	234	ohne Maschine .	47	1·1	52
		am Göpel . . .	30	0·9	27
Esel	168	ohne Maschine .	37	0·8	30
		am Göpel . . .	14	8·0	11

Beträgt aber die tägliche Arbeitszeit nicht T, sondern Z Stunden und erfolgt die Thätigkeit nicht mit einer Geschwindigkeit C, sondern mit einer Geschwindigkeit V, so vermag das Individuum einen Widerstand P zu überwinden, der nach *Gerstner* durch folgenden Ausdruck berechnet wird:

$$P = \left(2 - \frac{V}{C}\right)\left(2 - \frac{Z}{T}\right) K \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

und dann ist die tägliche Arbeitsleistung:

$$W_1 = 3600\ P\ V\ Z = 3600 \left(2 - \frac{V}{C}\right)\left(2 - \frac{Z}{T}\right) K\ V\ Z \quad \ldots \quad (3)$$

Dieser empirische Werth von P gründet sich darauf, dass ein Individuum nicht mehr im Stande ist, einen wenn auch noch so kleinen Widerstand dauernd zu überwinden, wenn die Geschwindigkeit V der Thätigkeit zweimal so gross ist als die vortheilhafteste Geschwindigkeit, oder wenn die Arbeitszeit Z zweimal so gross ist als die vortheilhafteste T.

Erfolgt eine Thätigkeit mit der vortheilhaftesten Geschwindigkeit C aber nur während kurzen Zeitintervallen, auf welche längere Ruhepausen folgen, so darf man nehmen:

$$V = C, \quad Z = 0$$

und dann wird vermöge (2):

$$P = 2\,K$$

Dieser Werth darf in Rechnung gebracht werden bei Arbeiten an Krahnen und Winden, die nur von Zeit zu Zeit vorgenommen werden. Für eine solche Arbeit ist $K = 8$, daher $2\,K = 16$ Kilogramme.

Der grösste Widerstand, der innerhalb eines Tages nur durch ganz kurze Zeit überwunden werden kann, folgt aus (2), wenn man $V = 0$, $Z = 0$ setzt, und man findet $P = 4\,K$, oder für einen Menschen $4\,K = 32$ Kilg.

Natürlich dass hier nur von derjenigen Thätigkeit die Rede ist, welche die Menschen als Arbeit entwickeln, wenn sie sich im Schweisse ihres Angesichtes ihr Brod verdienen, ohne ihre Gesundheit aufzureiben. Die Kraftentwicklungen der Menschen bei geistigem Aufschwung, bei heldenmässigen Leistungen kommen bei unseren Zwecken nicht in Betrachtung.

Der praktische Werth der Menschen und Thiere als Motoren.

Obgleich ein Kilogramm billigster, aber doch noch die Gesundheit erhaltender Menschennahrung 20 bis 30 mal mehr kostet als ein Kilogramm Steinkohlen, so ist doch die Wärmethätigkeit, welche einem Kilogramm Nahrungsmittel entspricht, nicht grösser als die von einem Kilogramm Steinkohlen, und ist demnach die Kraftleistungsfähigkeit von einem Kilogramm Nahrungsmittel nicht grösser, sondern (wegen des nothwendigen Stickstoffgehaltes) kleiner als die von einem Kilogramm Steinkohlen. Nahrungsmittel sind daher immer 20 bis 30 mal kostspieligere motorische Substanzen als Steinkohlen. Wäre der menschliche Organismus als Kraftmaschine betrachtet nicht besser als eine Dampfmaschine, so würde die Krafterzeugung aus Nahrungsmitteln vermittelst des menschlichen Organismus 20 bis 30 mal mehr kosten, als die Krafterzeugung aus Kohlen vermittelst einer Dampfmaschine. Allein der menschliche Organismus macht $\frac{1}{4{\cdot}5}$ von der Wärme nutzbar, die im Nahrungsstoff enthalten ist, eine Dampfmaschine bester Art dagegen nur $\frac{1}{20}$ von der Brennstoffwärme, daher ist die Gewinnung der Kraft aus Nahrungsmitteln vermittelst des menschlichen Körpers $20 \times \frac{4{\cdot}5}{20} = 4{\cdot}5$ bis $30 \frac{4{\cdot}5}{20} = 6{\cdot}8$ mal so kostspielig, als die Gewinnung von Kraft aus Steinkohlen vermittelst einer Dampfmaschine.

Von der Ausbildung der calorischen Maschine darf man aber erwarten, dass dieselbe einstens nur ein Viertel oder ein Fünftel von der Brennstoffmenge einer Dampfmaschine erfordern wird, dass sie also zur Umwandlung von Wärme in Arbeit gerade so vortheilhaft werden wird, als in dieser Hinsicht der menschliche Organismus, und dann wird die Gewinnung der Kraft aus Brennstoff vermittelst einer calorischen Maschine 20 bis 30 mal billiger sein, als die Gewinnung von Kraft aus Nahrungsmitteln vermittelst des menschlichen Organismus.

Diese trockene Vergleichung zeigt, dass schon gegenwärtig die Menschenkraft als reine Kraft betrachtet, 6 mal, in Zukunft aber 20 bis 30 mal kostspieliger sein wird, als Brennstoffkraft. Dieses Urtheil wird nicht wesentlich durch den Umstand modifizirt, dass die Brennstoffkraft eine Maschineneinrichtung erfordert, denn der Mensch kann auch nicht mit nacktem Leibe arbeiten, er braucht nebst Nahrung auch Kleidung, Wohnung, und wenn er seine Gesundheit einigermassen erhalten will, auch Erholung und geistige Belebung und Erfrischung, was alles Geld kostet.

Abgesehen von dem, was Gefühl, Religion oder Philosophie gebieten, zwingt uns schon der pure Egoismus, die ganz gewöhnliche Gewinnsucht, den Menschen als Motor überall nicht anzuwenden, wo es möglich ist, an dessen Stelle einen Motor der unorganischen Natur in Anwendung zu bringen.

Im Alterthum gab es keine Physik, keine Chemie, keine Mechanik (als Wissenschaft), hatte man keine Ahnung, dass in der Natur eine Fülle von Kräften vorhanden seien, die zur Verrichtung von Arbeiten für menschliche Zwecke verwendbar gemacht werden könnten, daher die Allgemeinheit der Sklavenarbeit, die in der Neuzeit allerdings noch nicht gänzlich aufgehoben ist, aber nicht mehr als eine prinzipielle geduldet wird, sondern nur theilweise noch faktisch besteht und deren Beseitigung nach Thunlichkeit angestrebt wird. Naturwissenschaft, Technik und Christenthum haben dahin geführt, dass die Arbeit eine freie Thätigkeit geworden ist, dass Menschenkraft nie als blosse motorische Kraft, sondern immer nur dann angewendet wird, wenn eine Arbeit nicht blos physische Kraft, sondern auch Intelligenz erfordert, die durch eine Maschine nicht ersetzt werden kann. Die Gartenarbeit wird durch Menschenthätigkeit besorgt. Der Feldbau durch Zugthiere unter Leitung des Menschen. Die kolossalen Arbeiten, welche die Herstellung der Eisenbahnbauten erfordern, werden theils durch Zugthiere, vorzugsweise aber durch Menschenthätigkeit vollbracht, weil man noch kein Mittel besitzt, und vielleicht auch in der Folge nicht besitzen wird, wodurch diese Arbeiten durch die verstandeslosen Motoren der unorganischen Natur verrichtet werden könnten. In der Gewerbe- und Fabrikthätigkeit wird der Mensch als reiner Motor gar nicht mehr gebraucht, sonden er verrichtet hier nur solche Arbeiten, die mit Maschinen gar nicht gemacht werden können, oder er unterstützt, leitet und dirigirt eine Maschine, die durch Wasser oder Dampf getrieben wird. Der Mensch ist ein schwacher und kostspieliger, aber er ist zugleich ein mit (wenn auch zuweilen schwacher) Intelligenz ausgerüsteter Motor. Er ist vermöge seines Körperbaues und vermöge seines Geistes eine Universalmaschine, die einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Bewegungsfunktionen fähig ist. Er ist ein sich selbst transportirender Motor, kann sich selbst an den Ort der Arbeit begeben, kann nach seinem Willen die Arbeit beginnen, unterbrechen oder beschliessen, kann nach Erforderniss von einer Thätigkeit in eine andere übergehen, kann den mancherlei der Thätigkeit zufällig entgegentretenden Störungen und Hindernissen begegnen, und so gibt es denn eine grosse Mannigfaltigkeit von Arbeiten, die durch andere Kraft nicht ersetzt werden können. Unvortheilhaft ist und bleibt aber die Menschenarbeit in den Fällen, 1) wenn es sich um eine grosse Kraftentwicklung handelt, 2) wenn es sich um eine Arbeit handelt, die einen hohen Grad von Gleichmässigkeit erfordert. Das Spinnen, Weben, Drehen, Hobeln, Feilen u. s. w. sind Thätigkeiten, die ein um so vollkommeneres Resultat liefern, je gleichförmiger sie erfolgen, daher ist in diesem Falle die Maschinenarbeit der Handarbeit vorzuziehen, denn die grösste Virtuosität eines Handarbeiters kann es nie dahin bringen, eine Gleichförmigkeit zu erzielen, wie sie bei derlei Arbeiten von einer gut eingerichteten Maschine leicht erreicht wird.

Maschinen, die vorzugsweise durch Menschenkraft bewegt werden.

Maschinen, vermittelst welchen die Menschenkraft vortheilhaft verwendet werden kann, gibt es selbstverständlich sehr viele. Es sollen in Folgendem vorzugsweise diejenigen dieser Maschinen betrachtet werden, vermittelst welchen durch Menschenkraft entweder grosse Widerstände, wenn auch mit kleinen Geschwindigkeiten überwunden, oder mit grossen Lasten irgend welche Ortsveränderungen hervorgebracht werden sollen. Zu diesen Maschinen gehören folgende:

A. Horizontal-Bewegungen.

Walzen, Schleifen, Wagen, Schiebebühnen, Drehscheiben.

B. Vertikal-Bewegungen.

Winden, Flaschenzüge, Krahnen, Hebzeuge aller Art.

C. Pressen.

Schraubenpressen, Keilpressen, Kniepressen, hydraulische Pressen.

Bei diesen Maschinen ist sowohl der Receptor als auch das Werkzeug höchst einfach. Der Receptor ist entweder eine Kurbel, ein Hebelgriff, oder eine Zugstange, oder ein Fusstritt. Das Werkzeug besteht meistens nur aus einem oder mehreren Bestandtheilen zum Anfassen des Körpers, auf welchen eingewirkt werden soll.

Da bei diesen Maschinen in der Regel gefordert wird, einen grossen Widerstand, wenn auch nur langsam, also mit kleiner Geschwindigkeit zu überwinden, so besteht der ganze Bewegungsmechanismus aus einem System von Bestandtheilen, welche bewirken, 1) dass die Bewegungsweise des Receptors in jene des Werkzeuges umgewandelt wird; 2) dass die Geschwindigkeit des Werkzeuges vielmal kleiner ausfällt, als jene des Receptors. Gehen wir nun zur Beschreibung und Construktion dieser Arbeitsmaschinen über.

Winden von Holz.

Der Kreuzhaspel.

Fig. 2 und 3, Tafel XXVI. Das Gerüst dieses Haspels besteht aus einem Grundrahmen a und zwei verstrebten Säulen b. In diese ist eine mit Zapfen versehene hölzerne Welle c eingelegt, durch welche vier hölzerne unter gleichen Winkeln gegen einander gestellte Arme d gesteckt sind. Am Umfang der Welle ist in einen Ring ein Seil eingehängt oder eingeknüpft, das sich beim Drehen der Welle um dieselbe aufwickelt, wodurch die direkt oder indirekt an dem Seil hängende Last gehoben wird. Wird der Haspel gebraucht, um eine Last aus einem Schacht oder Brunnen aufzuziehen, so überbaut man denselben mit einer Brücke, stellt den Haspel darauf, hängt die Last an das Seil und lässt die Welle durch Arbeiter, welche die Hebel anfassen, ruckweise drehen. Mehr als vier Arbeiter können nicht wohl angestellt werden. Die Last, welche gehoben werden kann, ist daher nicht gross. Nennt man:

Q die Last. N die Anzahl der Arbeiter. p die Kraft, mit welcher im Mittel ein Arbeiter gegen einen Hebel drückt. w den Halbmesser der Welle. l die Länge eines Hebelarms, so ist, ohne Rücksicht auf Nebenhindernisse (Steifheit des Seiles, Axenreibung):

$$Q = N p \frac{l}{w}$$

für $p = 16$ Kilg. $N = 4$, $l = 1^m$, $w = 0{\cdot}125$, wird $Q = 512$ Kilg.

Sollen vermittelst eines solchen Haspels Gegenstände auf ein Baugerüst geschafft werden, so stellt man den Haspel unten auf den Boden, belastet ihn mit Steinen, bringt aber auf dem Gerüste eine Rolle an, leitet das Seil von der Haspelwelle weg nach der Rolle, schlingt es um dieselbe herum und bringt an das frei herabhängende Seilende einen Haken an, an welchen die Last gehängt wird.

Der Kurbelhaspel.

Fig. 4, Tafel XXVI. Das Gerüst ist wie bei dem vorhergehenden Haspel. Statt der Arme sind aber die Zapfen der Welle länger und ist die Verlängerung kurbelförmig umgebogen. Die Kurbelrichtungen müssen einen rechten Winkel bilden, weil jeder

Arbeiter nur nach horizontaler Richtung, nicht aber nach vertikaler Richtung gegen eine Kurbel drücken kann. An jede Kurbel können höchstens zwei Arbeiter gestellt werden, und gleichzeitig sind also auch nur zwei Arbeiter thätig. Es ist hier

$$Q = \frac{1}{2} N p \frac{l}{w}$$

wenn durch l der Kurbelhalbmesser und durch N die Gesammtzahl der an den Haspel gestsellten Arbeiter bezeichnet wird.

Für $N = 4$, $p = 16$, $l = 36^{cm}$, $w = 12^{cm}$ wird

$$Q = 96 \text{ Kilg.}$$

Hier ist zu bemerken, dass der Kurbelhalbmesser bei Winden 36 bis höchstens 40 Centimeter betragen soll, damit die Hin- und Herschwingungen des Körpers den Arbeitern nicht zu belästigend werden.

Das Spillenrad.

Fig. 5, Tafel XXVI. Hier ist die Seilwelle mit einem oder mit mehreren Rädern versehen, an deren Seiten oder Umfangsflächen Griffe (Spillen) angebracht sind, die von den Arbeitern angefasst werden. Bringt man in verschiedenen Höhen Stehbretter an, so können an einem solchen Spillenrad gleichzeitig viele Arbeiter wirken, und da der Halbmesser des Rades sehr gross genommen werden kann, so können dann mit einer solchen Winde sehr grosse Lasten gehoben werden. Diese Winde wird sehr häufig bei Bohrarbeiten, wie sie beim Bergbau vorkommen, gebraucht, und wird dann „Förder“- oder „Aufsäuberungsrad“ genannt.

Das Laufrad.

Fig. 6, Tafel XXVI. Diese Winde unterscheidet sich von der vorhergehenden durch die Einrichtung des Rades. Dieses hat hier zwei ringförmige Kränze (ähnlich wie ein oberschlächtiges Wasserrad) und zwischen denselben sind im Zickzack Bretter befestigt, die bei a und b eine horizontale Lage haben. Die Arbeiter stellen sich entweder innerhalb des Rades auf bei a, oder ausserhalb bei b und treiben dasselbe durch ihr Gewicht. Allein da hierbei leicht Beschädigungen oder selbst Verunglückungen eintreten können, so ist diese Maschine mit Recht ausser Gebrauch gekommen.

Der Tummelbaum.

Fig. 7, Tafel XXVI. Das Gerüst besteht aus zwei durch vier verstrebte Säulen c verbundenen Balkenkreuzen a und b. In der Mitte steht eine Welle, die oben und unten mit Zapfen versehen ist, in einer Höhe von 1·3 Meter über dem Boden 4, 6 bis 8 Arme d und oben einen sogenannten Seilkorb e trägt. Das Seil wird durch eine Rolle f fortgeleitet. Das untere Kreuz wird mit Brettern belegt, auf welchen die Arbeiter um die Welle herum schreiten, während sie gleichzeitig gegen die Arme d drücken. Wird diese Maschine in ziemlich grossen Dimensionen ausgeführt und mit vielen Armen d versehen, so können an derselben allerdings gleichzeitig ziemlich viele (12 bis 16) Arbeiter thätig sein, allein das Missliche ist nun, dass die Thätigkeit des Einzelnen nicht controlirt werden kann, weil jeder eine Stellung annehmen kann, wie wenn er stark drückte, ohne es wirklich zu thun.

Die Erdwinde.

Fig. 8, Tafel XXVI. Diese ist eine Art Tummelbaum. Die Axe geht über das Gerüst hinaus und ist daselbst mit vier langen Druckhebeln versehen, an welchen die Arbeiter drücken, während sie im Kreise um die Welle herumgehen. Diese Winde wird vorzugsweise bei Flussbauten benützt, um Gegenstände aus dem Fluss ans Ufer zu ziehen. Die Winde muss in diesem Falle durch Belastung mit Steinen gegen das Umstürzen, und durch Pflöcke, welche vor die Winde in den Boden getrieben werden, gegen Verschiebung geschützt werden.

Alle diese Winden lassen sich überall leicht herstellen, kosten wenig, sind aber voluminiös, schwerfällig, nicht leicht transportabel und geben in der Regel keine grosse Zugkraft. Als Hilfsmaschinen bei kleinen Bauten aller Art werden sie verwendet und leisten da gute Dienste. Für grössere Bauten, oder wenn überhaupt grössere bedeutendere Zwecke verfolgt werden sollen, werden eiserne Winden angewendet, deren Einrichtung und Construktion in Folgendem erklärt wird.

Flaschenzüge.

Die Einrichtung der Flaschenzüge ist bekannt. Gewöhnlich befinden sich die Rollen einer und derselben Flasche neben einander und drehen sich frei auf einer und derselben Axe. Bei dem zum

Behufe der Theorie dargestellten Flaschenzug, Fig. 9 und 10, Tafel XXVI., sind dagegen die Rollen einer und derselben Flasche über einander gestellt, und jede ist mit einer besonderen Drehungsaxe versehen. Wenn das Seil nicht steif, sondern vollkommen biegsam wäre, und wenn keine Zapfenreibungen statt fänden, müssten in allen Theilen des Seiles gleich starke Spannungen herrschen, wäre demnach die Spannung P am freien Seilende gleich $\frac{Q}{2\,n}$, wobei n die Anzahl der Rollen einer Flasche bezeichnet. Wegen dieser Seilsteifheit und Zapfenreibungen muss dagegen die Seilspannung im Beharrungszustand der Bewegung von Innen nach Aussen wachsen, denn durch die Differenz der Spannungen zweier unmittelbar auf einander folgenden Seilstücke muss die Steifheit des Seiles und die Axenreibung an der Rolle, welche die Seilstücke berühren, überwunden werden.

Nennt man:

δ den Durchmesser des Seiles,
d den Durchmesser des Zapfens oder der Axe, an welcher die Reibung statt findet,
D den Durchmesser der Rolle,
} in Centimetern,
f den Reibungscoeffizienten für die Axen- oder Zapfenreibung,
n die Anzahl aller Rollen einer Flasche,
Q die zu hebende Last,
P die Kraft am freien Ende des Seiles,
T die Spannung am innersten an die unbewegliche Flasche befestigten Seilstücke,
T_1 T_2 . . . . die Spannungen in den folgenden Seilstücken,
k das Verhältniss der Spannungen zweier unmittelbar aufeinander folgenden Seilstücke,

so findet man leicht, dass annähernd

$$k = 1 + 0{\cdot}26\,\frac{\delta^2}{D} + 2\,f\,\frac{d}{D} \quad \dots\dots\dots \quad (1)$$

demnach für je zwei Seilstücke constant ist, vorausgesetzt, dass wir uns einen Flaschenzug mit gleich grossen Rollen denken, und dass die Axen oder Zapfen, an welchen Reibungen statt finden, von gleicher Grösse sind. Dann ist aber:

$$\left.\begin{array}{llll} & T_1 & = k\,T & \\ & T_2 & = k\,T_1 & = k^2\,T \\ & T_3 & = k\,T_2 & = k^3\,T \\ & T_4 & = k\,T_3 & = k^4\,T \\ & \dots & \dots & \dots \\ & T_{2n-1} & = k\,T_{2n-2} & = k^{2n-1}\,T \\ P = & T_{2n} & = k\,T_{2n-1} & = k^{2n}\,T \end{array}\right\} \quad \dots\dots \quad (2)$$

Nun ist aber offenbar

$$Q = T + T_1 + T_2 + \dots\dots + T_{2n-1} \quad \dots \quad (3)$$

demnach findet man wegen (2):

$$Q = T\left(1 + k + k^2 + \dots\dots + k^{2n-1}\right) = T\,\frac{k^{2n} - 1}{k - 1} \quad \dots \quad (4)$$

Die letzte der Gleichungen (2) gibt:

$$T = \frac{P}{k^{2n}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots \quad (5)$$

Führt man diesen Werth in (4) ein, so folgt:

$$Q = P\,\frac{k^{2n} - 1}{k^{2n}\,(k - 1)} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (6)$$

$$\frac{Q}{2\,n\,P} = \frac{k^{2n} - 1}{2\,n\,k^{2n}\,(k - 1)} \quad \dots\dots\dots \quad (7)$$

Dieser Ausdruck (7) bestimmt das Güteverhältniss eines Flaschenzuges.

Gewöhnlich ist k nur wenig von der Einheit verschieden. Setzt man in diesem Falle

$$\left.\begin{array}{l} \zeta = 0{\cdot}26\,\frac{\delta^2}{D} + 2\,f\,\frac{d}{D} \\ k = 1 + \zeta \end{array}\right\} \quad \dots\dots\dots \quad (8)$$

so wird:

$$\frac{Q}{2\,n\,P} = \frac{(1+\zeta)^{2n} - 1}{2\,n\,(1+\zeta)^{2n}\,\zeta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Entwickelt man die Potenzen nach der Binomialformel und vernachlässiget die Glieder, welche zweite und höhere Potenzen von ζ enthalten, so findet man:

$$\frac{Q}{2\,n\,P} = \frac{1}{1 + 2\,n\,\zeta} = (1 - 2\,n\,\zeta) \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Dieser Annäherungsausdruck für das Güteverhältniss eines Flaschenzuges zeigt deutlicher als der genaue, dass das Güteverhältniss mit der Anzahl der Rollen abnimmt, dass es also für die Verwendung einer Kraft nicht vortheilhaft ist, die Rollenzahl zu gross zu nehmen. Diese wird auch selten grösser als $n = 3$ genommen, und man zieht es vor, zur Hebung von sehr grossen Lasten lieber mehrere Flaschenzüge, von denen jeder mit einer geringeren Anzahl Rollen versehen ist, anzuwenden, statt eines einzigen mit sehr vielen Rollen.

Die folgende Tabelle ist vermittelst der genaueren Formel (7) berechnet und zeigt, wie das Güteverhältniss mit k und n abnimmt.

Resultate 4te Auflge pag. 105.

n	Güteverhältniss für		
	$k = 1{\cdot}05$	$k = 1{\cdot}10$	$k = 1{\cdot}15$
2	0·88	0·79	0·75
3	0·85	0·73	0·63
4	0·81	0·66	0·56

Die aufgestellten Gleichungen können auch gebraucht werden, um die Dimensionen eines Flaschenzuges so zu bestimmen, dass derselbe bei einer gewissen gegebenen Rollenzahl ein gewisses Güteverhältniss gibt. Ist nämlich n und $\frac{Q}{2\,n\,P}$ gegeben, so kann vermittelst obiger Tabelle oder aus (7) durch Annäherung k bestimmt werden, und dann bestimmt sich der Werth von D vermittelst

$$D = \frac{0{\cdot}26\,\delta^2 + 2\,f\,d}{k - 1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Es sei z. B. ein Flaschenzug mit $n = 3$ Rollen in einer Flasche anzuordnen, der ein Güteverhältniss $0{\cdot}85$ gibt und eine Last von 5000 Kilogrammen heben soll, dann ist:

$$P = \frac{5000}{0{\cdot}85 \times 2 \times 3} = 980 \text{ Kilgr.}$$

Für diese Zugkraft wird (nach Resultate Seite 38) der Durchmesser des Seiles $\delta = 3{\cdot}5$ Centimeter. Ferner wird

$$d = 0{\cdot}12 \sqrt{\frac{5000}{2}} = 6 \text{ Centimeter}, \; f = 0{\cdot}1, \quad k = 1{\cdot}05$$

Die Formel (11) gibt demnach:

$$D = \frac{0{\cdot}26 \times 3{\cdot}5^2 + 2 \times 0{\cdot}1 \times 6}{0{\cdot}05} = 87 \text{ Centimeter}$$

Der Rollendurchmesser fällt daher sehr gross aus. Derselbe würde nur 30 Centimeter, wenn man sich mit einem Güteverhältniss von 0·63 begnügte.

Wenn die Flaschenzüge der Einwirkung der Witterung ausgesetzt sind, und die zu hebenden Lasten gross sind, nimmt man Ketten statt Seile. Dann müssen aber die Rollen zur Aufnahme der Kettenglieder eine Furche erhalten.

Eiserne Winden.

Eiserne Winde mit einfacher Uebersetzung.

Fig. 11 und 12, Tafel XXVI. Das Gestell besteht aus zwei dreieckigen Schilden a, die durch drei schmiedeeiserne Traversen b verbunden sind. Zwischen den Schilden befinden sich 1) eine Axe c, an welcher ein Zahnrad d, eine Seilwelle e und eine Bremsrolle f befestigt sind; 2) eine Axe g mit einem Getriebe h und zwei Kurbeln k. Für die Bremsrolle ist ein Bremsband und ein Bremshebel angebracht. Die Axe g ist verschiebbar, so dass h in d eingreift oder nicht eingreift.

Nennt man:

Q die Last am Seil. P die Summe der Kräfte, welche gleichzeitig auf die Kurbeln einwirken und die Axe g drehen. r den Halbmesser von h. R den Halbmesser von d. w den Halbmesser der Seilwelle. k den Halbmesser einer Kurbel, so hat man, wenn alle Nebenhindernisse vernachlässigt werden:

$$Q = P \frac{R}{r} \frac{k}{w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Nehmen wir an, dass im Ganzen vier Arbeiter wirken, dass aber, wegen der rechtwinkligen Stellung der Kurbeln gleichzeitig doch nur zwei Arbeiter drücken, so können wir setzen:

$$P = 2 \times 16 = 32, \quad \frac{R}{r} = 5, \quad \frac{k}{w} = \frac{36}{9} = 4$$

und dann wird:

$$Q = 32 \times 5 \times 4 = 640 \text{ Kilg.}$$

Berechnen wir vermittelst der in den Resultaten zusammengestellten Regeln die wesentlichsten Dimensionen einer solchen Winde für eine Last von 640 Kilogrammen.

Wir erhalten:

Durchmesser des Seiles für 640 Kilogramme Last (Resultate Seite 38)	2·9 Centm.
Torsionsmoment der Kurbelaxe 36×32 . . .	$=$ 1152 Kilgcentm.
Torsionsmoment der Axe der Seilwelle 5×1152	$=$ 5760 „
Durchmesser der Kurbelaxe (Result. Seite 50)	3 Centm.
Durchmesser der Axe der Seilwelle	5·2 „
Relative Grösse des Zahnrades	6
Halbmesser dieses Rades $6 \times 5{\cdot}2$	31·2 „
Halbmesser des Getriebes $\frac{31{\cdot}2}{5}$	6 24 „
Zahnbreite für d und h $\left(\frac{\beta}{\alpha} = 5\text{, Eisen auf Eisen}\right)$	$= 1{\cdot}212 \times 5{\cdot}2 = 6{\cdot}3$
Anzahl der Zähne . von d	$=$ 70
Anzahl der Zähne . von h	$=$ 14

Der Druck, welchen ein Zapfen der Seilwellenaxe auszuhalten hat, fällt am grössten aus, wenn das Seil entweder ganz aufgewickelt, oder wenn es ganz abgewickelt ist, und beträgt in diesen beiden Fällen (abgesehen vom Gewicht der Theile d e *f*) annähernd 640 Kilogramme. Der Durchmesser eines Zapfens ist demnach (Seite 48 der Resultate) . . . . . . 3 Centm.

Nun ist noch die Bremse zu bestimmen. Wegen der zum Bremsen erforderlichen Kraft ist es nicht gleichgültig, nach welcher Richtung die Seilaufwicklung statt findet. Es ist die Disposition Fig. 13, Tafel XXVI. der Disposition Fig. 14 vorzuziehen, weil bei ersterer die durch den Bremshebel hervorzubringende Spannung kleiner ausfällt, als bei letzterer. Nennen wir für die Disposition Fig. 13 T und t die Spannungen, welche in den Enden des Bremsbandes vorhanden sein müssen, wenn die Last durch das Bremsen frei hängend erhalten werden soll. ϱ den Halbmesser der Bremsrolle. w den Halbmesser der Seilwelle. L und l die Schenkellängen des Bremshebels. p den Druck gegen das Ende des Schenkels L. σ die Bogenlänge, längs welcher das Band die Rolle berührt. f den Reibungscoefficienten zur Berechnung der Reibung zwischen Rolle und Band, so hat man zur Bestimmung der kleinsten Werthe von T und t:

$$\left.\begin{array}{l} T\varrho = t\varrho + Q w \\ T = t\, e^{f\frac{\sigma}{\varrho}} \\ t = p\,\frac{L}{l} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hieraus folgt:

$$\left.\begin{array}{l} t = Q\,\frac{w}{\varrho}\,\frac{1}{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}-1} \\ T = Q\,\frac{w}{\varrho}\,\frac{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}}{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}-1} \\ p\,\frac{L}{l} = Q\,\frac{w}{\varrho}\,\frac{1}{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}-1} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Für die zu berechnende Winde ist:

$$Q = 640, \quad w = 9$$

und dürfen wir ferner annehmen:

$$f = 0{\cdot}2, \quad \frac{\sigma}{\varrho} = \frac{\frac{2}{3}\,2\,\varrho\,\pi}{\varrho} = 4{\cdot}188, \quad f\,\frac{\sigma}{\varrho} = 0{\cdot}8376$$

$$e^{f\frac{\sigma}{\varrho}} = 2{\cdot}718^{0{\cdot}8376} = 2{\cdot}307, \quad \varrho = 24, \quad \frac{L}{l} = 5$$

dann findet man:

$$t = 640 \frac{9}{24} \frac{1}{2 \cdot 307 - 1} = 183, \quad T = 183 \times 2 \cdot 307 = 422,$$

$$p = \frac{1}{5} 183 = 36 \text{ Kilg.}$$

Dabei ist allerdings der Reibungscoeffizient ziemlich gross angenommen worden, was aber auch zulässig und sachgemäss ist, denn derlei Winden können nie sorgfältig rein gehalten werden, sind dem Staub ausgesetzt und überdies ist es für eine Bremsrolle nicht angemessen, wenn ihr Umfang zu glatt gemacht wird.

Nachdem nun t, T und p bestimmt sind, ergeben sich nach unseren construktiven Regeln:

Durchmesser des Zapfens, welcher die Spannung T auszuhalten hat (Seite 48 der Resultate)	2·5 Centm.
Durchmesser des Zapfens für die Spannung t	1·7 „
Querschnitt des Bremsbandes $\frac{422}{\frac{1}{20} 4350}$ . . .	2 Quadratcentm.
Dicke des Bandes	0·3 Centm.
Breite desselben	7 „

Zur Bestimmung des Bremshebels hat man nach der Regel Seite 76 der Resultate:

Durchmesser eines Zapfens für den Druck $p = 36$ Kilg.	0·72 Centm.
Durchmesser des Drehungszapfens $2 \cdot 3 \times 0 \cdot 72$ . .	$= 1 \cdot 66$ „

Querschnitt eines Armes am Drehungspunkt:

$$\left(\frac{p}{\delta_p}\right) = 90, \quad \left(\frac{h}{b}\right) = 2, \ldots \quad \begin{array}{ll} h = 5 \cdot 2 \times 0 \cdot 72 & = 3 \cdot 7 \text{ „} \\ b = \frac{1}{2} h \ \ldots & = 1 \cdot 9 \text{ „} \end{array}$$

Es muss noch bemerkt werden, dass die Länge der Seilwelle durch die Länge des aufzuwickelnden Seiles bestimmt wird. Die für die Thätigkeit der Arbeiter vortheilhafteste Höhe der Kurbelaxe über dem Boden wäre circa die Achselhöhe der Arbeiter, allein diese Höhe macht die Winde zu hoch.

Die verschiedenen Detailabmessungen und namentlich jene für die Schilde findet das Gefühl leicht heraus, wenn einmal die berechneten Abmessungen aufgetragen und das darauf Bezügliche dargestellt ist.

Eiserne Winde mit Doppel-Uebersetzung.

Fig. 15 u. 16, Tafel XXVI. Diese Winde ist mit drei Axen versehen. An a befindet sich die Seilwelle, ein grosses Zahnrad b und eine

Bremsrolle c. An a_1 ist ein in b eingreifendes Getriebe d und ein Zahnrad e angebracht. a_2 ist mit zwei Kurbeln und mit einem in e eingreifenden Getriebe *f* versehen.

Nennt man Q die zu hebende Last. P die senkrecht gegen die Kurbeln wirkende Kraft. k den Halbmesser einer Kurbel. w den Halbmesser der Seilwelle. R, r, R_1, r_1 die Halbmesser von b, d, e, *f*, so hat man, wenn man auch hier die Nebenhindernisse vernachlässigt,

$$Q = P \frac{R}{r} \frac{R_1}{r_1} \frac{k}{w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Nehmen wir wiederum

$$P = 2 \times 16 = 32 \text{ Kilg. } \frac{R}{r} = 6, \ \frac{R_1}{r_1} = 5, \ \frac{k}{w} = \frac{39}{12}$$

so wird:

$$Q = 32 \times 6 \times 5 \times \frac{39}{12} = 3120 \text{ Kilgr.}$$

Nun ist:

Torsionsmoment der Axe a_2	39×32	$= 1248$	Kilgcm.
„ „ „ a_1	1248×5	$= 6240$	„
„ „ „ a	6240×6	$= 37440$	„
Durchmesser der Axen (Res. S. 50)	a_2	$= 3$	Centm.
	a_1	$= 5{\cdot}4$	„
	a	$= 9{\cdot}7$	„
Relative Grösse des Rades b		$= 6$	
Halbmesser dieses Rades $6 \times 9{\cdot}7$	. . . . . .	$= 58{\cdot}2$	„
Zahnbreite $\left(\frac{\beta}{\alpha} = 5\right)$ $1{\cdot}212 \times 9{\cdot}7$	. . . . . .	$= 11{\cdot}7$	„
Anzahl der Zähne von b		$= 72$	
Halbmesser des Getriebes d, $\frac{58{\cdot}2}{6}$	. . . . . .	$= 9{\cdot}7$	„
Anzahl der Zähne desselben $\frac{72}{6}$		$= 12$	
Relative Grösse des Rades e		$= 5$	
Halbmesser von e, $5 \times 5{\cdot}4$		$= 27{\cdot}0$	„
Anzahl der Zähne		$= 55$	
Zahnbreite $1{\cdot}328 \times 5{\cdot}4$		$= 7{\cdot}2$	„
Halbmesser des Getriebes *f*, $\frac{27}{5}$		$= 5{\cdot}4$	„
Anzahl der Zähne $\frac{55}{5}$		$= 11$	

Zur Bestimmung der Abmessungen der Bremse dienen auch hier die Gleichungen Seite 447:

$$\left.\begin{aligned} t &= Q\,\frac{w}{\varrho}\,\frac{1}{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}-1} \\ T &= Q\,\frac{w}{\varrho}\,\frac{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}}{e^{f\frac{\sigma}{\varrho}}-1} \\ p &= \frac{1}{L}\,t \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Allein es wird in dem vorliegenden Falle schwer halten, durch praktisch annehmbare Dimensionen es dahin zu bringen, dass die Last von 3120 Kilogrammen schwebend erhalten werden kann. Machen wir einen Versuch und nehmen wir:

$$Q = 3120,\ \frac{w}{\varrho} = \frac{12}{48} = \frac{1}{4},\ f = 0{\cdot}2,\ \frac{\sigma}{\varrho} = \frac{\frac{3}{4}\,2\,\varrho\,\pi}{\varrho} = 4{\cdot}7$$

$$f\,\frac{\sigma}{\varrho} = 0{\cdot}2 \times 4{\cdot}7 = 0{\cdot}94 \text{ oder nahe } f\,\frac{\sigma}{\varrho} = 1,\ \frac{1}{L} = \frac{1}{10}$$

dann wird:

$$t = 3120\,\frac{1}{4}\,\frac{1}{2{\cdot}718 - 1} = 454,\quad T = 454 \times 2{\cdot}718 = 1234 \text{ Kilg.}$$

$$p = \frac{454}{10} = 45 \text{ Kilg.}$$

Die Bremsung ist also bei den angenommenen Verhältnissen doch noch möglich.

Nun erhalten wir ferner:

Durchmesser des Zapfens für den Druck T	4·2	Centm.
„ „ „ „ „ „ t	2·6	„
„ „ „ „ „ „ p	0·8	„
Durchmesser des Drehungszapfens für den Winkelhebel $3{\cdot}2 \times 0{\cdot}8$	2·56	„
Querschnitt des Hebels am Drehungszapfen gemessen ($\text{Res. S.78}, \frac{p}{\delta_p} = \frac{100}{0{\cdot}8} = 125,\ \frac{h}{b} = 2$) Höhe $5{\cdot}5 \times 0{\cdot}8$	$= 4{\cdot}4$	„
Dicke . . .	$= 2{\cdot}2$	„
Querschnitt des Bremsbandes $\frac{1234}{\frac{1}{20}\,4350}$ . . .	$= 5{\cdot}6$	Quadrcm.
Dicke des Bandes	$= 0{\cdot}5$	Centm.
Breite	$= 11{\cdot}2$	„

Damit eine solche Winde sowohl für leichtere als für schwerere Lasten gut gebraucht werden kann, ist es gut, sie so einzurichten, dass sie mit einer oder mit zwei Räderübersetzungen arbeiten kann. Zu diesem Behufe versieht man die Axe a_2 noch mit einem zweiten (in der Figur nicht verzeichneten) Getriebe g von der Grösse des Getriebes d und befestigt dasselbe an eine Stelle der Axe a_2 so, dass g in b nicht eingreift, wenn f in e eingreift. Macht man nun die Axe a_2 verschiebbar, so kann man machen 1) dass g in b, dagegen f in e nicht eingreift, und dann wirkt die Winde mit einer Uebersetzung, 2) dass f in e, dagegen g in b nicht eingreift, und dann hat man eine Winde für grosse Lasten mit zwei Uebersetzungen. Schliesslich muss noch bemerkt werden, dass für eine Last von 3120 Kilogrammen kein Seil genommen werden kann, sondern eine Kette genommen werden muss. Der Durchmesser des Ketteneisens ist (nach Resultate, Seite 40) 1·6 Centimeter. Damit die Kettenglieder, wenn sie sich auf die Welle legen, nicht verdrückt werden, muss die Welle zur Aufnahme der stehenden Kettenglieder mit einer schraubenförmigen Furche versehen werden.

Derlei Winden mit zwei Räderübersetzungen werden selten gebraucht. Sie fallen zu schwerfällig aus, und die Lasten, welche mit denselben gehoben werden können, sind doch nicht bedeutend. Winden mit drei Uebersetzungen werden gar nicht gebraucht. Sind die zu hebenden Lasten so gross, dass sie mit einer Winde mit einer oder mit zwei Uebersetzungen nicht gehoben werden können, so wendet man mehrere solche Winden an, oder man benutzt Flaschenzüge und Winden.

Friktions-Winden.

Wenn die aufzuwickelnden Ketten oder Seile sehr lang sind (was insbesondere der Fall ist, wenn Flaschenzüge angewendet werden), fallen die Ketten- oder Seilwellen ebenfalls sehr lang aus. Man kann in solchen Fällen statt der im Vorhergehenden behandelten Winden sogenannte Friktionswinden gebrauchen.

Fig. 17 und 18, Tafel XXVI. stellt eine solche Winde vor. Die Winde hat drei Axen a_1 a_2 a_3. Mit a_1 ist eine Seiltrommel b_1 und ein Zahnrad c_1 verbunden. Mit a_3 eine Seiltrommel b_3 und ein Zahnrad c_3. a_2 ist mit zwei Kurbeln und mit einem in c_1 und c_3 gleichzeitig eingreifenden Getriebe c_2 versehen.

Um mit dieser Winde einen Widerstand nach der Richtung T durch einen langen Weg zu überwinden, wickelt man das Seil mehrmals um die beiden Seiltrommeln, lässt das Ende t durch einen Arbeiter A anspannen und lässt die Kurbeln durch andere Arbeiter B nach einer Richtung drehen, bei welcher sich das Seilende T stets auf-, das Seilende t dagegen stets abwickelt. Dabei bleiben die Stellen, wo die Auf- und Abwicklungen der Seile T und t stattfinden, immer die gleichen, und wenn der Arbeiter A das Seil stets stark genug spannt, während er fort und fort die Stücke, welche sich abwickeln, auf den Boden fallen lässt, so entsteht durch die im Seil herrschende Spannung am Umfang der Seiltrommeln eine Reibung, welche bewirkt, dass das Seil durch die Trommeln stets mitgenommen wird. Eine solche Friktionswinde ist gleichsam ein umgekehrter Flaschenzug.

Nennt man: T und t die beiden Seilspannungen. w den Halbmesser einer Seiltrommel. k den Halbmesser einer Kurbel, an welcher die Arbeiter B wirken. P die Kraft, mit welcher die Arbeiter gegen die Kurbeln drücken. R die Halbmesser der Räder c_1 c_3. r den Halbmesser des Getriebes c_2, so hat man, vorausgesetzt, dass man einstweilen die Nebenhindernisse (Steifheit des Seiles und Axenreibung) vernachlässiget,

$$T = t + P \frac{R}{r} \frac{k}{w} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Damit aber das Seil auf den Trommeln nicht gleitet, muss zwischen T und t nachstehende Bedingung erfüllt sein:

$$T = t\, e^{f \frac{\sigma}{w}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wobei f den Reibungscoeffizienten für die Reibung zwischen Seil und Trommel und σ die Summe der Bogenlängen bedeutet, längs welchen das Seil die *beiden* Trommeln berührt.

Aus diesen Gleichungen findet man:

$$\left.\begin{aligned} P &= T \frac{r}{R} \frac{w}{k} \frac{e^{f \frac{\sigma}{w}} - 1}{e^{f \frac{\sigma}{w}}} \\ t &= T \frac{1}{e^{f \frac{\sigma}{w}}} \\ T &= P \frac{R}{r} \frac{k}{w} \frac{e^{f \frac{\sigma}{w}}}{e^{f \frac{\sigma}{w}} - 1} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Es sei z. B.:

$$P = 2 \times 16,\ \frac{R}{r} = 5,\ \frac{k}{w} = \frac{39}{13} = 3,\ f = 0{\cdot}28,$$

$$\frac{\sigma}{w} = \frac{3 \times 2\, w\, \pi}{w} = 18{\cdot}8 \text{ (drei volle Umwindungen),}$$

dann wird:

$$e^{f \frac{\sigma}{w}} = 2{\cdot}718^{5{\cdot}264} = 193$$

$$T = 32 \times 5 \times 3\ \frac{193}{193 - 1} = 480$$

$$t = \frac{480}{193} = 2{\cdot}5 \text{ Kilgr.}$$

Das ablaufende Seil braucht also nur sehr wenig gespannt zu werden.

Diese Berechnung einer Friktionswinde mit Vernachlässigung aller Nebenhindernisse ist wohl für kleine Winden genügend, allein wenn derartige Winden in grossem Maassstabe anzuordnen sind, lohnt es sich wohl der Mühe, die Rechnung möglichst genau durchzuführen, daher wollen wir die Berechnung mit Berücksichtigung der Nebenhindernisse folgen lassen.

Nehmen wir an, die verschiedenen Seilspannungen seien gerade so gross, dass ein Glitschen des Seiles auf den Rollen nicht eintritt. Es seien:

$t\ t_1\ t_2 \ldots\ldots t_{2n} = T$ diese Spannungen in den einzelnen Seilstücken.

n die Zahl, welche angibt, wie oftmal das Seil um jede der beiden Seilwellen geschlungen ist.

$\lambda = e^{f\pi}$ wobei $e = 2{\cdot}718$ die Basis der natürlichen Logarithmen,

π die Ludolph'che Zahl,

f der Reibungscoeffizient für die Reibung des Seiles auf den Rollen,

f_1 der Reibungscoeffizient zur Berechnung der Zapfenreibungen,

δ der Durchmesser des Seiles in Centimetern,

d der Durchmesser der Zapfen an der Seilwelle,

$D = 2\,w$ der Durchmesser der Seilwelle.

Wenn alle Spannungen die kleinsten Werthe haben, bei welchen ein Gleiten derselben auf den Trommeln nicht eintritt, so ist:

$$t_1 = \lambda t,\ t_2 = \lambda t_1 = \lambda^2 t,\ t_3 = \lambda t_2 = \lambda^3 t \ldots\ldots t_{2n} = T = \lambda^{2n} t \;. \quad (1)$$

Die an den Kurbeln wirkende Kraft P hat nicht nur die Spannungsdifferenz $t_{2n} - t = T - t$, sondern auch die Zapfenreibungen und Steifheitswiderstände zu überwinden. Daher hat man:

$$P \frac{R}{r} \frac{k}{w} = t_{2n} - t + f_1 \frac{d}{D} \left[\left(t + t_1\right) + \left(t_1 + t_2\right) + \left(t_2 + t_3\right) \ldots + \left(t_{2n-1} + t_{2n}\right) \right]$$
$$+ 0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} \left(t + t_1 + \ldots . + t_{2n-1} \right)$$

oder

$$P \frac{R}{r} \frac{k}{w} = t_{2n} - t + 2 \left(t + t_1 \ldots + t_{2n-1} \right) f_1 \frac{d}{D} + \left(t_{2n} - t \right) f_1 \frac{d}{D}$$
$$+ 0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} \left(t + t_1 \ldots + t_{2n-1} \right)$$

$$P \frac{R}{r} \frac{k}{w} = \left(t_{2n} - t \right) \left(1 + f_1 \frac{d}{D} \right) + \left(0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} + 2 f_1 \frac{d}{D} \right) \left(t + t_1 + \ldots t_{2n-1} \right)$$

Allein es ist vermöge (1):

$$t + t_1 + \ldots . + t_{2n-1} = t \left(1 + \lambda + \lambda^2 + \lambda^3 + \ldots \lambda^{2n-1} \right) = \frac{\lambda^{2n} - 1}{\lambda - 1} t$$

demnach erhält man:

$$P \frac{R}{r} \frac{k}{w} = \left(t_{2n} - t \right) \left(1 + f_1 \frac{d}{D} \right) + \left(0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} + 2 f_1 \frac{d}{D} \right) \frac{\lambda^{2n} - 1}{\lambda - 1} t$$

oder weil $t_{2n} = T = t \lambda^{2n}$ ist:

$$P \frac{R}{r} \frac{k}{w} = T \frac{\lambda^{2n} - 1}{\lambda^{2n}} \left[1 + f_1 \frac{d}{D} + \left(0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} + 2 f_1 \frac{d}{D} \right) \frac{1}{\lambda - 1} \right]. \quad (2)$$

Dieser Ausdruck stimmt mit dem früher aufgestellten überein, wenn man in demselben diejenigen Glieder verschwinden lässt, welche die Axenreibung und Seilsteifheit ausdrücken. Der Einfluss von n auf den Werth von P liegt in dem Quotienten $\frac{\lambda^{2n} - 1}{\lambda^{2n}}$. Dieser Werth ist kleiner als die Einheit, nähert sich aber sehr bald dieser Grenze, so wie n gleich 2, 3, 4 … gesetzt wird. Hieraus sieht man, dass die zur Ueberwältigung eines gewissen Widerstandes T an den

Kurbeln erforderliche Kraft bei einer grösseren Anzahl von Umwindungen etwas grösser ist als bei einer kleineren Anzahl. Eine grössere Anzahl von Umwindungen vermehrt also die zur Ueberwindung des Widerstandes T erforderliche Kraft nur wenig, vermindert dagegen die Seilspannung t, was die Thätigkeit des Arbeiters, welcher diese Spannung hervorzubringen hat, erleichtert.

Es sei:

$$T = 1248 \text{ Kilgr}, \quad d = 6, \quad \delta = 4, \quad D = 36$$

$$f_1 = 0{\cdot}1, \quad f = 0{\cdot}28, \quad \frac{R}{r} = 5, \quad \frac{k}{w} = \frac{36}{18} = 2, \quad n = 3$$

so wird $\lambda = 2{\cdot}718^{0{\cdot}28 \times 3{\cdot}14} = 2{\cdot}408$ und:

$$1 + f_1 \frac{d}{D} + \left(0{\cdot}26 \frac{\delta^2}{D} + 2 f_1 \frac{d}{D}\right) \frac{1}{\lambda - 1} = 1{\cdot}122$$

$$P = \frac{1}{5} \times \frac{1}{2} \times 1248 \times \frac{2{\cdot}408^6 - 1}{2{\cdot}408^6} 1{\cdot}122 = 140 \text{ Kilg.}$$

Die zum Treiben erforderliche Kraft ist in dem vorliegenden Falle im Verhältniss 1·122 : 1 grösser, als wenn keine Nebenhindernisse zu bewältigen wären.

Krahne.

Ein Krahn ist ein mit einer oder mehreren Winden versehenes, um eine vertikale Axe drehbares Gerüst, vermittels welchem Lasten von einem Ort nach einem anderen gebracht werden, vorausgesetzt, dass die beiden Orte innerhalb der Peripherie eines gewissen Kreises liegen. Nach der Aufstellungsweise können die Krahne in drei Klassen eingetheilt werden. 1) Krahne für geschlossene Lokalitäten, Magazin-Krahne. 2) Freistehende Krahne, Quai-Krahne zur Bedienung der Schiffe. 3) Transportable Krahne, Eisenbahnkrahne. Wir werden mehrere derselben beschreiben und dann ihre Construktion erklären.

Einfacher Magazinkrahn.

Fig. 1, Tafel XXVII. Das Drehgerüste besteht aus drei Balken a, b, c. a bildet eine Säule, sie ist oben und unten mit Zapfen versehen. Der obere g wird durch ein Lager gehalten, das an der Decke des Magazins befestigt wird. Der untere Zapfen h dreht sich in einer am Boden befindlichen Pfanne. d, e sind Leitrollen. *f* eine Winde mit Rädern und Kurbeln. Das Seil, an welches die Last gehängt wird, geht über d und e und wird auf die Seilwelle der Winde *f* aufgewickelt. Hängt man die Last an das Seil, windet sie hierauf in die Höhe, dreht sodann das Gerüste um einen gewissen Winkel und lässt sodann die Last nieder, so wird mit der Last eine Ortsveränderung vorgenommen, die sich jedoch auf die Peripherie desjenigen Kreises beschränkt, welcher beim Drehen des Krahnes durch den Schwerpunkt der Last beschrieben wird.

Magazinkrahn.

Fig. 2, Tafel XXVII. Dieser unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, dass sich die Rolle d am Ende der Strebe b befindet, und dass diese durch eine Stange c in ihrer Lage gegen die Säule erhalten wird. Das Seil oder die Kette geht von d weg parallel mit b nach der Windenwelle herab. Die Winde kann hier wie im vorhergehenden Falle mit einer oder mit zwei Räderübersetzungen versehen werden. Die Winde wird jederzeit mit einer Bremse versehen, theils um die Last schwebend erhalten zu können, theils um das Niederlassen der Last sanft machen zu können.

Krahn ohne Strebe.

Fig. 3, Tafel XXVII. Bei dieser Anordnung wird die Strebe durch mehrere Stangen ersetzt, was zur Folge hat, dass der Raum zwischen Säule und Last frei wird.

Krahn ohne Säule.

Fig. 4, Tafel XXVII. Die Strebe dreht sich unten vermittelst eines vertikalen Zapfens in einer Pfanne und ist oben an einen Zapfen gehängt, der an der Decke des Magazins angebracht ist. Die Winde befindet sich an der Strebe und dreht sich mit dieser herum. Die Säule ist hier nicht vorhanden.

Gießereikrahn.

Fig. 5, Tafel XXVII. Der über die Säule herausragende Theil des Gerüstes ist doppelt vorhanden, so dass die oberen horizontalen Balken eine Wagenbahn bilden und zwischen den zwei Strebewerken, welche die Bahnbalken stützen, ein Zwischenraum besteht, dessen Breite genau oder nahe gleich ist der Säulendicke. Am äussersten Ende sind die Bahnbalken durch ein Zwischenstück aus-einander gehalten und durch Schrauben verbunden.

Die Winde ist mit zwei Räderübersetzungen versehen, weil die zu hebenden Lasten oftmals sehr gross sind. Doch aber hat dieselbe die Einrichtung, dass man auch eine Uebersetzung in Anwendung bringen kann. Auch ist die Winde mit einer Bremsvorrichtung versehen. Bei einem Giessereikrahn ist ferner erforderlich, dass mit demselben die ganze Fläche des Kreises, dessen Halbmesser gleich ist der Länge der Bahnbalken, beherrscht werden kann, und zwar in so vollkommener Weise, dass die Formrahmen mit ganz sanfter Bewegung und genau in vertikaler Richtung von irgend einem Punkte der Kreisfläche in die Höhe gehoben und in irgend einem anderen Punkte der gleichen Kreisfläche abermals ganz sanft und nach vertikaler Richtung abgesetzt werden können. Dies erfordert, dass die Last im schwebenden Zustand von der Axe an bis gegen das Ende der Bahnbalken hin aus- und einbewegt werden kann, und hierzu dient ein (in der Regel) vierrädriger, auf den Bahnbalken laufender Wagen, der durch eine besondere Winde oder durch irgend eine andere Einrichtung zum Hin- und Herrollen gebracht werden kann. Die Last wird in der Regel nicht unmittelbar, sondern mittelbar durch Anwendung eines Flaschenzuges an den Wagen gehängt, und die Einrichtung muss so getroffen werden, dass der Wagen von selbst stehen bleibt, wenn die Last vermittelst der Krahnwinde gehoben oder niedergelassen wird, dass dagegen in der Last weder eine Senkung noch eine Hebung eintritt, wenn der Wagen auf der Bahn hinaus oder hereingerollt wird.

Fig. 6, Tafel XXVII. zeigt einen solchen Wagen mit Flaschenzug. Der Wagen a hat eine ähnliche Einrichtung wie ein Eisenbahnwagen. An demselben sind zwei dreieckige Schilde b angehängt, welche drei Axen tragen. Um die mittlere Axe drehen sich zwei Rollen c c, welche zusammen eine Flasche bilden; jede der beiden andern Axen ist in der Mitte mit einer Leitrolle d, e versehen, *f* ist eine Flasche mit drei Rollen. Das Seil ist aussen an die Bahnbalken befestigt, wird sodann über die Rolle d nach der Flasche *f* herabgeleitet, hierauf um sämmtliche Rollen c und *f* gewickelt, hierauf von *f* weg über e nach der Krahnsäule geleitet und von da an abermals über eine Rolle nach der Welle der Winde. Die Leitrollen d und e sind nothwendig, damit die Richtungen der Seilstücke g und h in eine und dieselbe gerade Linie fallen, so dass keinerlei Kräfte vorhanden sind, die eine Drehung des Wagens um eine Vertikalaxe hervorzubringen streben. Bei i und k sind an den Wagen die Enden eines Seiles befestigt, das vermittelst mehrerer Leitrollen nach der zur Wagenbewegung dienenden Winde geführt wird.

Der Gerüstbau ist nach der Totallast, die gehoben werden soll, zu construiren, die Winde nach der Kraft, welche am Seil h ziehen muss, um die Hebung der Last zu bewirken, die Wagenwinde nach den Widerständen, welche der Wagenbewegung entgegenwirken.

Freistehender Krahn. Quaikrahn.

Fig. 7, Tafel XXVII. Dieser Krahn unterscheidet sich von den früher beschriebenen durch die Einrichtung, vermittelst welcher die Drehungsaxe in vertikaler Richtung erhalten wird. Die untere Hälfte der Axe ist nämlich hier in einen vertikalen, in einem Quadermauerwerk angebrachten Schacht eingesenkt, dreht sich unten in einer am Boden des Schachtes befindlichen Pfanne, und lehnt sich oben an der Mündung des Schachtes an Rollen, deren Axen in einem Gehäuse gelagert sind. Die oberen Schichten des Quaderbaues müssen mit den unteren gegen Horizontalverschiebung verbunden sein.

Freistehender Krahn mit unbeweglicher Axe.

Fig. 8, Tafel XXVII. Das ganze Krahngerüst dreht sich hier um eine unbewegliche vertikale Säule a, welche oben mit einem vertikalen Zapfen endigt und unten in eine gusseiserne, an ein Quaderwerk geschraubte Platte b eingesetzt ist. Das Drehgerüst besteht aus zwei Schilden c, die oben und unten durch Traversen verbunden sind. Die obere Traverse enthält eine vertikale Pfanne mit abwärts gekehrter Mündung, die untere Traverse bildet ein mit Rollen versehenes Gehäuse. Das ganze Gerüst ist mit seiner Pfanne auf den Zapfen der Säule gesteckt und stemmt sich vermittelst der Rollen am unteren Gehäuse gegen die daselbst rund gedrehte Säule. Vom unteren Gehäuse geht eine Strebe d aus, die am Ende eine Rolle trägt und durch eine eiserne Stange e an das Gerüst gehängt ist.

Blechkrahn, freistehend.

Fig. 9, Tafel XXVII. Dieser Krahn unterscheidet sich von dem vorhergehenden im Wesentlichen dadurch, dass hier das ganze um die feststehende Säule drehbare Gerüst aus Blech gefertigt ist.

Es bildet einen krummen Kanal mit viereckigem Querschnitt, ist bei a mit einer zur Aufnahme einer Pfanne dienenden Traverse und unten mit einem Rollengehäuse b versehen.

Krahn ohne Drehungsaxe.

Fig. 10, Tafel XXVII. Das Gerüst ist hier ein um einen vertikalen Zapfen drehbarer, mit zwei konischen Rädern b versehener Wagen. Die Schilde c des Wagens sind durch mehrere Traversen verbunden. Die Traverse d dient nur zur Verbindung. Die Traverse e verbindet die Schilde und ist in der Mitte mit einer Zapfenhülse versehen. Die Traversen $f f_1$ enthalten die Lager für die Axen der konischen Laufräder. Die Axen derselben sind horizontal und sind nach dem Drehungszapfen a hin gerichtet. Der Krahn rollt auf einer eisernen Grundplatte, die in der Mitte mit einer Hülse a_1 und aussen mit einer konischen Bahn versehen ist. Die Strebe g des Krahnes wird durch zwei Stangen h gehalten. Diese Einrichtung ist nicht praktisch, weil sie zu viel benutzbare Bodenfläche wegnimmt.

Transportabler Eisenbahnkrahn.

Fig. 1, Tafel XXVIII. Dieser Krahn unterscheidet sich von dem in Fig. 8, Tafel XXVII. dargestellten darin, dass die Grundplatte nicht auf ein Mauerwerk geschraubt ist, sondern das Gestell eines vierrädrigen Wagens bildet, der auf einer Eisenbahn läuft. a ist ein Gegengewicht, um das Umfallen des Krahnes zu verhüten, wenn derselbe stark belastet ist.

Theorie der Krahne.

Fig. 2, Tafel XXVIII. Die Berechnung der Winden und Flaschenzüge ist bereits früher behandelt worden; bedarf also bei den Krahnen keiner besondern Erklärung. Der Gerüstbau erfordert dagegen die Kenntniss der Kräfte, welche auf alle Theile desselben einwirken, und mit diesem Gegenstand müssen wir uns nun beschäftigen. Wir legen der Betrachtung eine Anordnung, ähnlich der früher beschriebenen zu Grunde. Nehmen wir oben bei A das Lager, unten bei D die Pfanne weg und bringen nach den in der Zeichnung durch Pfeile angedeuteten Richtungen die Kräfte P_1 P_2 P_3 an, von denen die erste gleich ist dem Druck zwischen Zapfen und Lager, die zweite gleich ist dem Druck des Pfannenumfanges gegen den unteren Zapfen der Säule, die dritte endlich gleich ist dem Druck des Zapfens gegen den Boden der Pfanne, so wird der ganze Krahn in ein freischwebendes Körpersystem verwandelt, an welchem ein Gleichgewicht der Kräfte stattfindet.

Es sei F der Schwerpunkt des Krahnes sammt Winde. P_4 das Gewicht des Krahnes. G der Schwerpunkt der Strebe CE. P_5 das Gewicht derselben. P_6 der in der Zugstange BE herrschende Zug. P_7 die in der Strebe CE herrschende Pressung. Da die sämmtlichen Kräfte im Gleichgewicht sind, so bringen sie weder eine allgemeine noch irgend eine spezielle Bewegung hervor.

Damit keine Drehung um eine durch D gehende auf der Ebene der Zeichnung senkrechten Axe entsteht, muss sein:

$$P_1 h = P_4 a_1 + Q a$$

woraus folgt:

$$P_1 = Q \frac{a}{h} + P_4 \frac{a_1}{h} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

Damit keine Drehung um eine durch A gehende Axe entsteht, muss sein

$$P_2 h = Q a + P_4 a_1$$

demnach

$$P_2 = P_1 = Q \frac{a}{h} + P_4 \frac{a_1}{h} \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

Die Pressungen, welchen die beiden Zapfen der Säule ausgesetzt sind, sind demnach gleich gross, die Zapfendurchmesser erhalten demnach ebenfalls gleiche Grösse. Diese Pressungen fallen gross aus, wenn die Ausladung a gross und die Säulenhöhe klein ist. Eine im Verhältniss zur Ausladung grosse Säulenhöhe ist daher für die Construktion günstig, nicht nur weil hierdurch die Zapfen klein ausfallen, sondern auch weil dann die Befestigung des obern Lagers und der untern Pfanne keinerlei Schwierigkeit verursacht. Gewöhnlich ist

$$\frac{a}{h} = 1, \quad P_4 = Q, \quad \frac{a_1}{h} = \frac{1}{4}$$

und dann wird

$$P_2 = P_1 = \frac{5}{4} Q \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

Die Momente der Kräfte, welche die Säule bei B und C abzubrechen streben, sind $P_1 h_1$ und $P_2 h_2$. Damit also der Säulenquerschnitt nicht zu gross gemacht zu werden braucht, ist es gut, wenn die Punkte B und C möglichst nahe an A und D zu liegen kommen.

Jene Momente werden gleich Null, wenn $h_1 = h_2 = 0$, in welchem Falle die Säule gar nicht auf Biegung in Anspruch genommen wird, daher auch gar nicht zu existiren braucht. (Krahn ohne Säule, Fig. 4, Tafel XXVII.) Für die Stärke der Säule ist es (wenn h_1 und h_2 endliche Werthe haben) vortheilhaft, wenn die Höhe h des Krahnes im Verhältniss zur Ausladung gross ist, weil dann die Pressungen P_1 und P_2 und mithin die Momente $P_1 h_1$ und $P_2 h_2$ klein ausfallen.

Schneidet man BE und das Seil EC entzwei und bringt die Züge P_6 und Q an, so ist die Strebe EC ein Hebel, der bei C seinen Drehungspunkt hat und an welchem sich die Kräfte $Q\ P_6\ P_5$ das Gleichgewicht halten, und man erhält:

$$P_5\, a_3 + Q\, a = P_6\, (h - h_1 - h_2) + Q\, a_3$$

wobei a_3 den Abstand des längs der Strebe herablaufenden Seiles von der Axe der Strebe bezeichnet. Hieraus folgt:

$$P_6 = Q\,\frac{a - a_3}{h - h_1 - h_2} + P_5\,\frac{a_3}{h - h_1 - h_2} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

Dieser Stangenzug fällt also klein aus, wenn die Säulenhöhe h im Verhältniss zur Ausladung a gross ist.

Nennt man α und β die Winkel, welche die Richtungen von Q und P_6 mit der Strebenrichtung EC bilden, so erhält man:

$$P_7 = Q + P_6 \cos\beta + Q \cos\alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Nach diesem Werth von P_7 ist der Querschnitt der Strebe zu bestimmen.

Ganz ähnliche Resultate erhält man für alle andern Arten von Krahne. Für den Schachtkrahn, Fig. 7, Tafel XXVII., findet man, dass eine grosse Schachttiefe vortheilhaft ist, weil dann die Pressung der Säule gegen die Rollen klein ausfällt, also nicht nur die Rollenzapfen schwach gehalten werden können, sondern auch die Befestigung des Rollengehäuses gegen die oberen Steinschichten und die Befestigung dieser Schichten gegen die untere Quadermasse weniger Schwierigkeiten verursacht. Für einen Säulenkrahn mit unbeweglicher Säule, Fig. 8 und 9, Tafel XXVII., ist eine im Verhältniss zur Ausladung grosse Säulenhöhe vortheilhaft, weil dann der obere Zapfen schwach sein kann. Der untere Querschnitt der Säule ist jedoch von der Säulenhöhe nicht abhängig.

Das Construktionsmaterial für Krahne.

Dass die Winden, Flaschenzüge u. s. w. theils von Schmiedeeisen, theils von Gusseisen herzustellen sind, ist selbstverständlich. Was aber den Gerüstbau betrifft, so kann dieser von Holz, von Gusseisen oder von Schmiedeeisen gemacht werden. Für Magazinkrahne, die unter Dach aufgestellt, daher der Einwirkung der Sonne, des Regens und der Atmosphäre nicht ausgesetzt sind, ist es in der Regel am zweckmässigsten, das Gerüst aus Holz herzustellen, weil es in diesem Falle hinreichende Dauer gewährt, nicht viel kostet und es auf Schönheit nicht eben ankommt.

Freistehende Krahne sollen jedoch jederzeit ein Gerüst aus Schmiede- oder Gusseisen erhalten, weil hölzerne Gerüste zu schnell zu Grunde gehen, wenn sie allen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Die Blechkrahne sind wohl jetzt ziemlich in der Mode, allein die Krahne mit gerader Strebe und Zugstange verdienen den Vorzug, weil sie nicht auf Biegung in Anspruch genommen sind. Nur ist es wahr, dass die Blechkrahne um die Säule herum sehr viel freien, zu verschiedenen Dingen benutzbaren Raum darbieten.

Für freistehende Krahne, die nicht nur dem Wind und Wetter, sondern auch dem Muthwillen und bösen Willen der Menschen preisgegeben sind, ist es angemessen, in der Construktion alles zu vermeiden, was zu Verletzungen, Beschädigungen oder Entwendungen einladen könnte. Es ist z. B. zweckmässig, die Axen nicht in Lager mit angeschraubten Deckeln zu legen, sondern die Axenenden in Durchbohrungen laufen zu lassen, die an den Schilden anzubringen sind.

Sowohl für die Construktion der Krahnengerüste als auch anderer Gerüste gelten folgende Grundsätze: 1) Diejenigen Construktionen verdienen den Vorzug, bei welchen die grösseren, ausgedehnteren und wichtigeren Bestandtheile entweder einer Ausdehnung oder einer Zusammendrückung, nicht aber einer Biegung ausgesetzt sind. Die Constructionen Fig. 2, 8 und 10, Tafel XXVII. entsprechen am besten diesem Grundsatz und sind den Krahnen mit steifem, gusseisernem oder schmiedeeisernem Schnabel vorzuziehen. 2) Alle Theile eines solchen Gerüstes sollen mit einander in der Weise verbunden werden, dass das Ganze eine Gliederung bildet, in der die einzelnen Theile auch dann nicht gewaltsam gebogen werden, wenn in Folge einer starken Belastung des Baues Formänderungen in den Theilen eintreten. Dieser Grundsatz ist am consequentesten bei dem Krahn Fig. 1, Tafel XXVIII. berücksichtigt, indem alle einzelnen Theile durch Gewerbe verbunden sind.

Vollständige Berechnung eines Krahnes.

Es sei ein Giessereikrahn mit hölzernem Gerüste, ähnlich dem in Fig. 5, Tafel XXVII. dargestellten zu berechnen und zu construiren. Wir nehmen an:

1) Die auf die Kurbeln in jedem Augenblick wirkende Kraft gleich der von zwei Arbeitern, also $P = 2 \times 16 = 32$ Kilg.

2) Eine Winde mit zwei Uebersetzungen, $\frac{R}{r} = 6, \frac{R_1}{r_1} = 5, \frac{k}{w} = 3$.

3) Einen Flaschenzug mit 5 Rollen; 3 Rollen in der unteren, 2 Rollen in der oberen Flasche.

4) Für den ganzen Mechanismus (Winde, Flaschenzug und Rollen) ein Güteverhältniss gleich 0·6.

Unter dieser Voraussetzung ist die Last, welche bei Anwendung einer Kraft von $P = 32$ Kilgr. gehoben werden kann:

$$Q = 32 \times 6 \times 5 \times 3 \times 5 \times 0{\cdot}6 \quad = \quad 8640 \text{ Kilg.}$$

Spannung im Seil oder in der Kette, welche sich auf die Welle aufwickelt, annähernd $32 \times 6 \times 5 \times 3$	=	2880 „
Diese Spannung ist so gross, dass eine Kette angewendet werden muss, und es ist (Resultate Seite 40) Durchmesser des Ketteneisens . .	=	1·5 Centm.
Torsionsmoment der Kurbelaxe 32×39	=	1248 Kilgrcm.
Torsionsmoment der mittleren Axe 1248×5 . .	=	6240 „
Torsionsmoment der Kettenaxe 6240×6 . . .	=	37440 „
Durchmesser dieser drei Axen (Result. Seite 50)	=	3·1 Centm.
	=	5·4 „
	=	9·7 „
Halbmesser des grossen Rades $6 \times 9{\cdot}7$	=	58·2 „
Halbmesser des Getriebes hierzu	=	9·7 „
Halbmesser des kleinen Rades $6 \times 5{\cdot}4$	=	32·4 „
Halbmesser des Getriebes $\frac{1}{5}$ 32·4	=	6·5 „
Zahnbreite des grossen Rades $1{\cdot}212 \times 9{\cdot}7$ . . .	=	11·75 „
Zahnbreite des kleinen Rades $1{\cdot}212 \times 5{\cdot}4$ . . .	=	6·55 „
Anzahl der Zähne eines jeden dieser Räder . .	=	72
Durchmesser des Zapfens der Axe der Kettenwelle $= 0{\cdot}12\sqrt{2880}$	=	6·4 Centm.
Druck auf jeden Zapfen der drei Leitrollen (annähernd) $\frac{1}{2}\sqrt{\overline{2880}^2 + \overline{2880}^2}$	=	2030 Kilg.
Durchmesser eines solchen Zapfens $0{\cdot}12\sqrt{2030}$.	=	5·4 Centm.

Durchmesser einer Leitrolle $5 \times 5 \cdot 4$ . . . . . . = 27·0 Centm.

Druck, welchen ein Zapfen der untern Flasche auszuhalten hat $\frac{1}{2}$ 8640 . . . . = 4320 Kilg.

Durchmesser eines solchen Zapfens $0 \cdot 12 \sqrt{4320}$. = 7·8 Centm.

Durchmesser einer Rolle des Flaschenzuges . . = 39 „

Druck auf einen Zapfen des Wagens $\frac{8640}{4}$ . . = 2160 Kilg.

Durchmesser eines Wagenzapfens . . . . . . = 5·5 Centm.

Durchmesser eines Wagenrades . . . . = 27·5 „

Für die Construktion des Krahnengerüstes sei:

Höhe des Krahnes von Zapfen bis Zapfen . . = 500 Centm.

Ausladung . . . . = 500 „

Gewicht des Krahnes (dieses ist der Erfahrung gemäss annähernd gleich der Last, welche der Krahn zu heben hat) . . . . = 8640 Kilg.

Entfernung des Schwerpunktes des Krahnbaues von der Säulenaxe . . . . = 120 Centm

Senkrechte Entfernung des Punktes, in welchem der Bahnbalken der Säule begegnet von der Richtung der Hauptstrebe . . . . = 200 „

Länge der Hauptstrebe . . . . = 500 „

Mit diesen Daten findet man:

Druck, welchen ein Zapfen der Säule auszuhalten hat, wenn die Last am Ende des Bahnbalkens hängt $8640 + 8640 \frac{120}{500}$ . . . . = 10800 Kilg.

Durchmesser eines Zapfens $0 \cdot 12 \sqrt{10800}$ . . . . = 12 Centm.

Damit der Zapfen mit der Säule gut befestigt werden kann, ist es angemessen, die Dicke derselben 5 mal so gross zu machen, als den Zapfendurchmesser, demnach ist diese Dicke . . . = 60 „

Die Querschnitte des Bahnbalkens brauchen nicht berechnet zu werden, weil diese Balken durch die Streben mehrmals unterstützt werden. Man darf nehmen:

Höhe eines Bahnbalkens . . . . = 40 „

Dicke eines Balkens $\frac{1}{2}$ 40 . . . . = 20 „

Pressung, welcher die Hauptstreben ausgesetzt sind, wenn die Last am Ende des Bahnbalkens hängt, gleich $8640 \frac{500}{200}$ . . . . = 21600 Kilg.

Hierbei ist jedoch der Einfluss der Hilfsstreben nicht berücksichtigt.

Pressung, welcher eine der beiden Hauptstreben ausgesetzt ist, gleich $\frac{1}{2}$ 21600 . . . . = 10800 Kilg.

Bestimmen wir nun den Querschnitt einer solchen Strebe, indem wir festsetzen, dass in derselben ein schwankender Zustand erst dann eintrete, wenn die Pressung zehnmal so gross würde, als sie wirklich ist, und vernachlässigen auch hier den Einfluss der Hilfsstreben, so haben wir zur Bestimmung des Querschnitts in der Formel (Resultate, Seite 21):

$$P = \frac{\varepsilon}{12} \; \pi^2 \; \frac{b \, h^3}{l^2}$$

zu setzen.

$P = 10 \times 10800 = 108000$

$\pi = 3{\cdot}142$

$\varepsilon = 120000$ (Modulus der Elastizität für Eichenholz)

$l = 500$

$b = 2\,h$ (die grössere Dimension des Querschnitts zweimal so gross als die kleinere), und dann findet man:

$$h = \sqrt[4]{\frac{12 \; P \; l^2}{2 \; \varepsilon \; \pi^2}} = \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = 19 \text{ Centm.}$$

$$b = 2\,h \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = 38 \;\; „$$

Hebe-Gerüste.

Wenn eine Last in einer vertikalen Richtung gehoben werden soll, werden sogenannte Hebegerüste angewendet. Die gebräuchlichsten sind folgende:

Der Dreifuß.

Fig. 3, Tafel XXVIII. Dieser wird vorzugsweise bei Brunnengrabungen angewendet, und in der Regel sehr provisorisch zusammengesetzt. Er besteht aus drei unten mit eisernen Spitzen versehenen Balken, die in Form einer dreiseitigen Pyramide zusammengestellt und oben durch einen eisernen Querbolzen verbunden sind. An der

Spitze dieser Pyramide hängt eine Rolle und das Gerüst wird mit einem Kreuz- oder Kurbelhaspel versehen. Das Seil, an welchem die Last hängt, geht oben über die Rolle und ist an der Welle des Haspels befestigt.

Der Vierfuß.

Fig. 4, Tafel XXVIII. Dieser besteht aus vier pyramidal zusammengestellten unten mit eisernen Spitzen versehenen Balken, die oben durch eine gusseiserne Fassung in ähnlicher Weise, wie die Füsse eines Messtisches verbunden sind. An diese Fassung ist ein Flaschenzug gehängt und das Seil desselben wird auf die Welle einer Räderwinde aufgewunden, die zwischen zwei von den vier pyramidalen Balken angebracht ist.

Dieser Vierfuss wird in Montirungswerkstätten und zum Belasten von Frachtwagen angewendet. Um eine Last auf einen Frachtwagen zu bringen, wird sie zuerst in die Mitte unter die Pyramide gebracht, dann vermittelst des Flaschenzuges und der Winde so hoch gehoben, dass der Wagen unter dieselbe gebracht werden kann, worauf dann die Last durch eine Rückbewegung der Winde nach dem Wagen herabgelassen wird.

Der Zweifuß oder die Mastenmaschine,

Fig. 5 und 6, Tafel XXVIII., wird vorzugsweise zur Ausrüstung der Segelschiffe, zur Aufstellung der Masten und zur Montirung der Dampfschiffe gebraucht. Die Dimensionen dieser Hebwerke sind in diesem Falle sehr beträchtlich, und die Anordnung und Ausführung geschieht mit vieler Sorgfalt.

a sind zwei oben durch eine Traverse verbundene, durch eingeankerte Ketten b in geneigter Lage gehaltene hohe Stangen oder Masten. Dieselben werden gewöhnlich aus Blechröhren hergestellt. Die unteren halbkugelförmigen Enden sitzen in gusseisernen in die Quaimauern eingelassenen Pfannen. c sind Hilfsstreben aus Holz. In der obern Traverse sind zwei mächtige Flaschenzüge eingehängt. Die freien Seil- oder Kettenenden derselben gehen von den obern Flaschen nach den Leitrollen d d herab, und von da noch in horizontaler Richtung nach zwei Friktionserdwinden e, die in einiger Entfernung vom Quairande so aufgestellt sind, dass zwischen denselben eine freie Gasse entsteht, durch welche die Lasten bis an den Punkt h des Quairandes in die Mitte zwischen die Masten gebracht werden. In der Mitte dieser Gasse hinter den Erdwinden wird noch eine dritte, in der Zeichnung nicht dargestellte Winde g aufgestellt, deren Bestimmung sogleich erhellen wird, wenn wir den Gebrauch der ganzen Einrichtung erklären. Wenn eine Last, z. B. ein Dampfkessel, in ein Schiff gebracht werden soll, wird derselbe zuerst an den Rand h der Quaimauer gebracht. Hierauf werden die untern Flaschen ganz herabgelassen, nach den Gerüststangen a hereingezogen und wird der Kessel durch Ketten an die Flaschen gehängt. Endlich wird der Kessel durch ein horizontales Seil mit der in der Gasse aufgestellten Winde g verbunden. Nach dieser Vorbereitung werden die Erdwinden e so in Bewegung gesetzt, dass sich die unteren Flaschen der Flaschenzüge den obern Flaschen nähern, wird aber gleichzeitig die mittlere Winde g so bewegt, dass sich das Seil von der Welle abwickelt, aber stets in einem stark gespannten Zustand verbleibt. Nach einiger Zeit kommt der Kessel ins Schweben und dann wird an den Winden e angehalten, wird dagegen an der Winde g nachgelassen, bis der Kessel in vertikaler Richtung unter der obern Traverse schwebt. Endlich wird an der Winde g angehalten, und werden dagegen die Winden e in Gang gebracht, jedoch so, dass sich nun die Last niedersenkt, bis sie die Tiefe erreicht, wo sie im Schiff ihren Platz hat.

Nennen wir l die Länge einer Gerüststange. α und β die Winkel, welche ihre Richtung bildet mit der Kette b und mit der Vertikalen. Q das Gewicht der zu hebenden Last. q das Gewicht der beiden Gerüststangen. S die Summe der Spannungen in den zwei Ketten b. S_1 die Summe der Pressungen in den zwei Gerüsstangen, so hat man, vorausgesetzt, dass der Schwerpunkt der letzteren in ihrer Mitte liegt:

$$S \, l \sin \alpha = Q \, l \sin \beta + q \frac{l}{2} \sin \beta$$

$$S_1 = S \cos \alpha + Q \cos \beta$$

oder

$$\left.\begin{aligned} S &= \left(Q + \frac{1}{2} q\right) \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \\ S_1 &= \left(Q + \frac{1}{2} q\right) \sin \beta \operatorname{cotg} \alpha + Q \cos \beta \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; (1)$$

Diese Kräfte werden klein, wenn β klein, α dagegen gross genommen wird. Es ist also vortheilhaft, die Gerüststangen im Verhältniss zur Ausladung sehr lang zu machen, und die Einankerung der Ketten in grosser Entfernung vom Rande des Quais anzubringen.

30.

Wir wollen die Berechnung eines solchen Hebwerks für folgende Annahmen durchführen:

Durchmesser des Seils . . . . 5 Centm.
Entsprechende Spannung in einem Seil $m\,d$ . . 2000 Kilg.
Anzahl der Rollen einer Flasche 4
Güteverhältniss des Flaschenzuges . . . . . 0·66

Dann ist
die Last Q, welche durch beide Flaschenzüge gehoben wird, wenn die Seilspannung 2000 Kilg. beträgt, $Q = 2 \times 2000 \times 8 \times 0{\cdot}66$ . . . . $=$ 21120 Kilg.
Last für einen Flaschenzug $\frac{1}{2}\,Q$ . . . . $=$ 10560 „
Durchmesser der Rollenaxe eines Flaschenzuges
$0{\cdot}12 \sqrt{\frac{1}{2}\,10560}$ . . . . $=$ 8·6 Centm.

Nun ist (Resultate, Seite 104):

$$\frac{k^{2n} - 1}{2\,n\,k^{2n}\,(k-1)} = 0{\cdot}66$$

Hieraus folgt wegen $n = 4$ . . . . $k =$ 1·1
demnach

$$k = 1{\cdot}1 = 1 + 0{\cdot}26\,\frac{\delta^2}{D} + 2\,f\,\frac{d}{D}$$

und es ist zu setzen $\delta = 5$, $d = 8{\cdot}6$, $f = 0{\cdot}1$

Dann findet man
Durchmesser einer Rolle . . . . $D =$ 82 Centm.

Für die Berechnung des Gerüstes sei:
Die Ausladung desselben . . . . 400 „
Höhe des Gerüstes . . . . 1000 „
Entfernung $\overline{in}$ . . . . $=$ 1000 „
Länge der Gerüststangen . . . . 1070 „
Winkel . . . . $\begin{cases}\beta = 22^\circ \\ \alpha = 33^\circ\end{cases}$
Ungefähres Gewicht einer Gerüststange, vorausgesetzt, dass dieselben aus Eisenblech gemacht werden . . . . 1010 Kilg.
Durchmesser einer Gerüststange $\frac{1070}{25}$ . . . . 40 Cent.

Nun sind die Spannungen in den beiden Ketten (Gleichung 1)

$$S = (21120 + 1010)\,\frac{0{\cdot}375}{0{\cdot}545} \quad . \ . = 15227 \text{ Kilg.}$$

Spannung in einer Kette $\frac{1}{2}$ S . . . . $=$ 7668 Kilg.

Spannung pr. 1 Quadratcentimeter der Kettenstangen gleich $\frac{1}{10}$ der absoluten Festigkeit $\frac{3300}{10}$ $=$ 330 „

Querschnitt einer Kettenstange $\frac{7668}{330}$ . . . . . . $=$ 23 Quadrcm.

Pressung in einer Gerüststange

$$\frac{S_1}{2} = \frac{1}{2} (15227 \times 0{\cdot}839 + 21120 \times 9{\cdot}927) \quad = 16176 \text{ Kilg.}$$

Zur Berechnung der Blechdicke einer Röhre der Gerüsstange hat man die Formel (Resultate, Seite 21):

$$P = \frac{\varepsilon}{64} \pi^3 \frac{d^4 - d_1{}^4}{l^2}$$

woraus folgt:

$$d_1 = \sqrt[4]{d^4 - \frac{64 \, P \, l^2}{\varepsilon \, \pi^3}}$$

und es ist zu setzen:

$$l = 1070, \quad d = 40, \quad \varepsilon = 2000000, \quad \pi^3 = (3{\cdot}14)^3 = 31$$

$$P = 10 \times 16176$$

Dieser Werth von P sagt aus, dass der schwankende Zustand in einer Gerüststange eintreten soll, wenn die Pressung in derselben zehnmal so gross ist, als sie wirklich ist.

Mit diesen Werthen findet man:

Innerer Durchmesser der Röhren d_1 . . . . . $=$ 39 Centm.

Blechdicke der Röhren $\frac{40 - 39}{2}$ . . . . $=$ 0·5 „

Zur Bestimmung der Dimensionen der obern Traverse, an welcher die Flaschenzüge hängen, sei:

Länge der Traverse . . . . $=$ 150 „

Druck auf einen Zapfen der Traverse $\frac{1}{2}$ 21120 $=$ 10560 Kilgr.

Durchmesser eines Zapfens der Traverse . . . $=$ 12 Centm.

Querschnitt der Traverse (Resultate, Seite 81):

Höhe . . . . $=$ 29·3 „

Breite . . . . $=$ 9·4 „

Aufstellungsgerüste.

Fig. 7, Tafel XXVIII. Um sehr lange Gegenstände, z. B. Blechkamine, Masten, Obelisken aufzustellen, bedient man sich gewöhnlich eines zu diesem Behufe sehr zweckmässig ausgedachten Gerüstes von folgender Einrichtung, das in Paris zur Aufstellung des Obelisken von Luxor gebraucht wurde.

a ist der Sockelbau, auf welchen der Obelisk b gestellt werden soll. c ist ein provisorischer Unterbau, welcher sich an den Sockel anschliesst und auf welchen der Obelisk vor seiner Aufrichtung gelegt wurde, und zwar so, dass seine Basiskante d die Oberfläche des Sockels längs derjenigen Linie berührt, in welcher diese Kante die Basis berühren soll, wenn der Obelisk aufgestellt ist. Die Basis des Obelisken ist mit einer Armirung versehen, an welcher sich zwei Zapfen befinden, die über die Seitenflächen des Obelisken hinausragen, und deren geometrische Axen mit der Richtung der Kante d zusammenfallen. Diese Zapfen sind in Lager gelegt, welche an dem Sockelbau befestigt sind. Auf diese Weise kann der Obelisk keine andere Bewegung machen, als eine Drehung um seine Kante d. e sind zwei oben bei g verbundene, unten bei f ziemlich weit von einander abstehende Gerüststangen, die sich bei f in Unterlagen oder um Axen drehen. g h ist eine Kette, welche bei h an die Spitze des Obelisken, bei g an die Gerüststangen befestigt ist. g i ist eine bei g befestigte Kette, die sich bei i um die Welle einer Winde aufwickelt. Es können auch mehrere solcher Ketten und mehrere Winden angewendet werden. h k ist eine dritte Kette; dieselbe ist an der Spitze des Obelisken befestigt und wickelt sich auf einer Welle der Winde k auf. Diese Kette ist etwas länger als die Entfernung des Ortes k von der Spitze des Obelisken, wenn dieser aufgerichtet steht. Die Aufstellung geschieht nun, indem die Winde i durch Arbeiter so bewegt wird, dass sich die Kette g i auf die Welle dieser Winde aufwickelt, während gleichzeitig die Winde k durch andere Arbeiter so bewegt wird, dass die Kette k h stets in einem gespannten Zustand bleibt. Sind die Winden im Gang, so drehen sich die Gerüststangen um f nach rechts hin und wird der Obelisk durch die Kette g h gehoben, wobei er sich um die bei d befindlichen Zapfen drehen muss. Ist die Aufrichtung so weit fortgeschritten, dass die durch den Schwerpunkt des Obelisken gehende Vertikallinie durch d geht, so muss in diesem Augenblick die Kette k h stark angezogen sein, denn so wie die Bewegung der Winde i noch um sehr wenig fortgesetzt wird, hört die Spannung in der Kette g i auf, wird demnach der Obelisk nur noch durch die im gespannten Zustand befindliche Kette k h gehalten. Wird nun die Winde vorsichtig so bewegt, dass sich diese Kette langsam von der Welle der Winde k abwickelt, so erreicht endlich der Obelisk seine Stellung, und zwar diejenige, welche er im aufgerichteten Zustand haben soll. Aehnlich sind auch die Einrichtungen auf den Dampfschiffen zum Umlegen der Kamine, die, wenn sie umlegbar gemacht werden sollen, unten mit einem Charnier versehen werden.

Schiebebühnen. (Schiebebrücken)

Schiebebühnen sind vier- oder sechsrädrige niedrige Wagen, die mit einer ebenen Bühne und mit Bahnschienen versehen sind, und zum Transport der Eisenbahnfahrzeuge (Güterwagen, Personenwagen, Tender, Lokomotive) innerhalb des Bahnhofraumes dienen.

Kleine Schiebebühne.

Fig. 8, Tafel XXVIII. A ist eine Wagenremise, aus welcher Eisenbahnfahrzeuge vermittelst einer Schiebebühne auf den Geleisen B und C nach dem zu A parallelen Geleise D D_1 gebracht werden sollen. Die zu diesem Behufe dienende Schiebebühne ist in Fig. 9 und 10, Tafel XXVIII. dargestellt.

B und D sind gewöhnliche Schienenbahnen. C ist eine Verbindungsbahn mit drei Langschwellen. Auf jede Langschwelle ist eine schmiedeeiserne Schiene gelegt und angeschraubt. Die Schiebebühne ist ein aus zwei langen Schienen a a, aus sechs kurzen Schienen b b und aus zwei Kreuzen c c zusammengesetzter Rahmenbau. Zwischen je zwei Schienen b b befinden sich vier Laufräder d d_1. Die Axenlager derselben sind an die Blechwände b b geschraubt. Diese Räder laufen auf den Schienen, mit welchen die Langschwellen C C C versehen sind. An die Schienen a a sind zwei unten rechtwinklig umgebogene Schienen e e befestigt, welche eine Bahn bilden, auf welche der zu transportirende Wagen gestellt wird. f f_1 sind vier um ziemlich lange vertikale Axen drehbare zungenförmige Schienen. Wenn ein Wagen aus der Remise A auf die Bahn gebracht werden soll, verfährt man auf folgende Weise. Man rollt die Schiebebühne auf den Schienen C C C fort, bis die Bahnen e e der Schiebebühne die Verlängerung von B B bilden. Hierauf werden die Zungen um ihre Vertikalaxen gedreht, bis sie die Richtung von B B erhalten. In dieser Stellung bilden die Oberflächen der Zungen schiefe Ebenen, die von den Oberflächen der Schienen B B nach den etwas höher gelegenen Schienen $e\ e$ der Schiebebühne führen. Der fortzuschaffende Wagen kann nun von $B\ B$ über die schiefen Ebenen von $f\ f$ auf die Schienen $e\ e$ der Schiebebühne gerollt werden. Nun rollt man die Schiebebühne auf den Schienen $C\ C\ C$ fort, bis die Schienen $e\ e$ in die Richtung der Schienen $D\ D$ fallen, dreht die Zungen $f\ f$ oder $f_1\ f_1$ um ihre Vertikalaxen, so dass sie ebenfalls in die Richtungen $D\ D$ oder $D_1\ D_1$ fallen und rollt endlich den auf der Schiebebühne stehenden Wagen über die schiefen Ebenen der Zungen $f\ f$ oder $f_1\ f_1$ herab, wodurch derselbe nach $D\ D$ oder auch nach $D_1\ D_1$ gelangt.

Schiebebühne mit Grube.

Fig. 1 und 2, Tafel XXIX. A ist eine Wagenremise. $B\ B_1$ eine Eisenbahn. $C\ D\ E\ F$ eine ausgemauerte Grube, auf deren Boden eine Eisenbahn mit zwei oder drei Schienensträngen $G\ G_1$ gelegt ist. $a_1\ a_2 \ldots$ sind Stücke von Eisenbahnen, die durch Thüröffnungen in der Wand der Remise nach dem Rand $D\ F$ der Grube hinausführen. Auf der Bahn der Grube läuft eine Schiebebühne, welche mit einem zu $B\ B_1$ parallelen Eisenbahnstück versesen ist. Die Schienen von $B\ B_1$, $a_1\ a_2 \ldots$ und die Schienen der Schiebebühne liegen gleich hoch. Wird die Schiebebühne nach H gebracht, so bildet ihre Eisenbahn die Fortsetzung von B und B_1, kann also ein Bahnwagen von B_1 oder von B auf die Schiebebühne gebracht werden. Wird dann die Schiebebühne in der Grube bis H_1 fortgerollt, so bildet ihre Eisenbahn die Fortsetzung von a_3, kann also der Wagen auf die Bahn a_3 in der Remise gerollt werden. Die in Fig. 1 und 2 dargestellte Schiebebühne ist zum Transport von unbeladenen Güter- oder Personenwagen geeignet. Sie ist mit keiner Winde versehen, weil in diesem Falle zwei an der Bühne schiebende Arbeiter zu ihrer Fortbewegung genügen.

Grössere Schiebebühnen für Lokomotiv-Remisen.

Fig. 3, Tafel XXIX. $A\ A_1$ zwei Lokomotivremisen. $B\ B_1$ zwei Eisenbahnen, welche an den Rand einer Grube $C\ D\ E\ F$ führen. $J_1\ J_2\ J_3\ J_4$ Schienenstränge einer am Boden der Grube gelegten Eisenbahn. G, H die Schiebebühne mit einer zu $B\ B_1$ parallelen Eisenbahn. $a_1\ a_2 \ldots\ b_1\ b_2 \ldots$. Eisenbahnstücke, die von den Rändern $C\ D$ und $F\ E$ der Grube in die Remisen $A\ A_1$ führen. Wird die Schiebebühne nach G gebracht, so bildet ihre Eisenbahn Fortsetzungen der Bahnen $B\ B_1$, kann also eine Lokomotive von B oder B_1 auf die Schiebebühne gerollt werden.

Wird hierauf die Schiebebühne nach H fortgerollt, so bildet ihre Eisenbahn Fortsetzungen der Bahnen a_2 b_2, kann also die Lokomotive auf der erstern dieser Bahnen nach A, und auf der letztern nach A_1 gebracht werden. Die Einrichtung dieser Schiebebühne zeigt Fig. 4 und 5, Tafel XXIX.

A B C D ist ein aus vertikal gestellten Schienen zusammengesetzter, durch verschiedene Traversen ausgesteifter Rahmenbau. P Q R ist ein Ausbau, welcher durch die Traversen E F, H G, J K, L M getragen wird. Auf diesem Ausbau steht eine Räderwinde. a_1 a_2 a_3 a_4 sind Laufräder, die auf den Strängen J_1 J_4 der Grubenbahn laufen. b_1 b_2 b_3 b_4 sind Triebräder, die auf den Strängen J_2 J_3 laufen. b_1 und b_2, b_3 und b_4 befinden sich an den Axen c c_1, von denen jede in der Mitte mit einem Wurmrad versehen ist, in die Zähne derselben greifen zwei Schrauben ohne Ende e e_1 ein, die sich an einer Axe d befinden, welche von den Kurbeln der Winde aus durch zwei Räderübersetzungen getrieben wird.

Wir wollen die für die Construktion einer solchen Schiebebühne dienenden Rechnungen durchführen.

Es sei für eine Schiebebühne, vermittelst welcher Lokomotive sammt Tender transportirt werden kann:

Länge der Schiebebühne A C	= 10 Meter
Breite A B	= 1·65 „
Höhe der Hauptschilde mit Einschluss der Bahnschienen	= 0·50 „
Gewicht der Lokomotive mit Wasserfüllung .	= 27000 Kilg.
Druck der am stärksten belasteten Axe gegen die Bahn	= 10000 „
Gewicht des Tenders sammt Wasser und Kohlen	= 17000 „

Um die Metallstärke der Schienen mit möglichster Genauigkeit zu berechnen, müsste man die Brücke als einen Stab ansehen, der an vier Punkten aufliegt und an verschiedenen Punkten belastet wäre. Allein diese genaue Berechnung führt zu grossen Weitläufigkeiten, wir wollen uns daher mit einer Annäherung begnügen, die wir erhalten, indem wir 1) die Brücke aus drei an ihren Enden unterstützten Stäben betrachten, von denen jeder $\frac{1}{3}$ 1000 = 333 Centimeter lang ist; 2) ferner annehmen, dass jeder solche Stab am stärksten in Anspruch genommen ist, wenn die stärkst belastete Axe der Lokomotive über der Mitte eines solchen Stabes steht; 3) das Gewicht der Schiebebühne selbst vernachlässigen, dagegen aber 4) die Schienen so betrachten, dass sie bei dieser Belastung auf $\frac{1}{10}$ der Bruchfestigkeit in Anspruch genommen würden, wenn die Schiebebühne selbst kein Gewicht hätte.

Nennen wir:

$2\,l = \frac{1}{3}\,1000 = 333$ den dritten Theil der Länge der Bühne;

$l = \frac{1}{2}\,333 = 166$ Centm.

$2\,P = \frac{1}{2} \times 10000 = 5000$ den Druck auf die Mitte *eines* Schienenstückes von der Länge $2\,l$ durch die stärkst belastete Axe der Lokomotive.

h die Höhe der Schiene $= 50^{cm}$, b die Dicke derselben,

$\mathfrak{S} = \frac{4000}{10} = 400$ die Spannung per 1 Quadratcentimeter, welche durch die Belastung eintreten darf.

Behandelt man den Querschnitt der Schiene als ein Rechteck, so wird:

$$P\,l = \frac{\mathfrak{S}}{6}\,b\,h^2$$

Hieraus folgt:

$$b = \frac{6\,P\,l}{\mathfrak{S}\,h^2} = \frac{6 \times 2500 \times 166}{400 \times 2500} = 2{\cdot}49 \text{ Centm.}$$

Nun ist ferner der grösste Druck auf einen der vier Zapfen der Rollen $a_1\,a_2$, $\frac{1}{4}\,10000 = 2500$ Kilgr. Diesen Druck haben die Zapfen auszuhalten, wenn die stärkst belastete Axe über den Zapfen steht. Demnach:

Durchmesser eines Zapfens $0{\cdot}12\,\sqrt{2500}$ . . . = 6 Centm.
Durchmesser einer Rolle 10×6 . . . . . . = 60 „
Durchmesser eines Zapfens an den Axen der Triebräder $= 0{\cdot}12\,\sqrt{5000}$ . . . . = 8·5 „

Mit diesen angegebenen und berechneten Dimensionen kann nun das Gewicht der Schiebebühne annähernd berechnet werden. Man findet:

Gewicht der Schiebebühne, annähernd . . . . = 4000 Kilg.
Die Reibung an den Zapfen der Räderaxen wird hervorgebracht durch das Gewicht der Lokomotive, des Tenders und der Schiebebühne. Dieses Gesammtgewicht ist $27000 + 17000 + 4000$ = 48000 „
Reibungscoeffizient . . . . = 0·1
Die zum Fortschieben der belasteten Schiebebühne erforderliche Kraft ist demnach $48000 \times 0{\cdot}1 \times \frac{6}{60}$ = 480 Kilg.

So gross ist also auch die Gesammtkraft, mit welcher an den Umfängen der vier Triebrollen $b_1\ b_2\ b_3\ b_4$ gewirkt werden müsste, um die Bühne fortzubewegen. Das Torsionsmoment, welchem jedes Axenstück zwischen einem Wurmrad und einem Triebrad ausgesetzt ist, beträgt demnach $\frac{1}{4}\ 480 \times \frac{60}{2}$ . . . . $= 3600$ Kilgcentm.

Der Durchmesser eines solchen Axenstückes $0{\cdot}29\ \sqrt{3600}$ . . . . $= 4{\cdot}43$ Centm.

Dieser Durchmesser fällt aber kleiner aus als derjenige, den ein solches Axenstück erhalten muss, um hinreichende Festigkeit gegen Biegung zu gewähren. Es ist nämlich das Biegungsmoment für jeden Querschnitt dieses Axenstückes gleich Produkt aus Druck gegen einen Axenzapfen $\left(\frac{1}{2}\ 10000 = 5000\right) \times$ Entfernung des Radmittels vom Zapfenmittel (18^{cm}) $= 18 \times 5000$ . . . . $= 90000$ Kilgcentm.

Durchmesser der Axe (wegen Biegung)

$\sqrt[3]{\frac{32 \times 90000}{3{\cdot}142 \times 400}}$ . . . . $= 13$ Centm.

Diese Axen müssen also, um nicht nur der Torsion, sondern auch der Biegung zu widerstehen 13 Centimeter dick gemacht werden.

Gibt man dem Schraubenrad 30 Zähne, so wird das zur Umdrehung der Wurmaxe erforderliche Torsionsmoment $\frac{2 \times 3600}{30} = 240$ Kilogramm-Centimeter betragen, wenn keine Reibung zwischen den Gewinden wäre. Wegen dieser Reibung fällt aber jenes Moment circa dreimal so gross aus, als ohne Reibung. Es ist demnach:

Das Torsionsmoment für die Schraubenaxe 3×240 $= 720$ Kilgcentm.

Werden die vier Uebersetzungsräder gleich gross, und werden Kurbeln von 39^{cm} Halbmesser genommen, so ist der zur Fortbewegung der Schiebebühne erforderliche Druck gegen die Kurbeln $\frac{720}{39}$ . . . . $= 18$ Kilg.

was durch zwei Arbeiter leicht geleistet werden kann.

Lauf-Krahne.

Ein Laufkrahn ist ein Hebezeug, vermittelst welchem eine Last von einem beliebigen Ort A nach einem beliebigen anderen Ort B gebracht werden kann, vorausgesetzt, dass die beiden Orte innerhalb eines gewissen parallelepipedischen Raumes sich befinden. Ein Laufkrahn ist so zu sagen ein mechanistisch realisirtes rechtwinkliges Coordinatensystem, wodurch Lasten innerhalb eines parallelepipedischen Raumes beherrscht werden können. Es sei O der Eckpunkt eines solchen Raumes. O X die Langseite desselben. O Y die Breitseite. O Z die Höhe. Bringen wir parallel mit O X eine Eisenbahn an, construiren eine Schiebebühne, welche auf derselben laufen kann und versehen dieselbe mit einer zu O Y parallelen Eisenbahn und stellen auf dieselbe einen Rollwagen, der mit einer Winde versehen ist, die zum Heben und Senken von Lasten geeignet eingerichtet ist, so erhalten wir einen sogenannten Laufkrahn.

Laufkrahn für eine Montirungswerkstätte.

Fig. 6, Tafel XXIX. zeigt einen Laufkrahn von Eisen für eine Montirungswerkstätte. a a ist eine Schiebebühne die mit 4 Rädern auf einer Eisenbahn b b läuft, welche in einer angemessenen Höhe über dem Boden auf Absätzen der Seitenmauern des Gebäudes liegt. c ist ein mit einer Winde versehener Rollwagen, der auf der Eisenbahn der Schiebebühne hin und her gerollt werden kann. An den Rollwagen ist vermittelst einer Traverse ein Flaschenzug d gehängt. Die Kette oder das Seil des Flaschenzuges wird vermittelst der Räderwinde auf die Welle dieser Winde aufgewickelt. Die Fortbewegung der Schiebebühne geschieht vermittelst einer Räderwinde, durch welche zwei von den vier Rädern der Schiebebühne getrieben werden. Die Fortbewegung des Windenwagens geschieht ohne mechanische Vorrichtung durch unmittelbares Ziehen oder Schieben der Arbeiter. Diese Laufkrahne gewähren den Vortheil, dass sie keinen zu nützlichen Zwecken verwendbaren Raum des Gebäudes wegnehmen. Ist die Breite des Gebäudes (Distanz b b) gross, so muss allerdings die Schiebebühne starke Dimensionen erhalten, um eine Last von 15000 bis 20000 Kilogrammen tragen zu können, und ihr eigenes Gewicht dazu.

Laufkrahn mit hohem Gerüste für Magazine.

Fig. 7 und 8, Tafel XXIX. Bei diesem Krahn liegt die Haupteisenbahn a a, auf dem Boden des Gebäudes. Das Gerüst besteht aus zwei Schwellen $b\ b_1$ und aus vier verstrebten Säulen $c\ c_1$, welche oben zwei Bahnbalken $d\ d$ tragen. Das Gerüst hat vier Räder, welche auf den Strängen $a\ a_1$ laufen. Zwei dieser Räder werden durch kleine Winden $f\ f_1$ getrieben, wodurch der Krahn auf der Bahn fortgerollt wird. Auf den Bahnbalken $d\ d$ läuft ein zwei- oder vierrädriger Wagen g, der durch Seile hin und hergezogen werden kann. Dieser Wagen trägt einen Flaschenzug h und zwei Leitrollen $i\ i_1$. Die beiden Seilenden des Flaschenzuges werden über diese Rollen und über die Rollen $k\ k_1$ nach den Seilwellen $l\ l_1$ zweier Räderwinden herabgeleitet und sind an den Umfängen der Seilwellen befestigt. Das Fortrollen des Krahnes auf der Bahn geschieht vermittelst der kleinen Winden $f\ f_1$, die Hin- und Herbewegung des Flaschenzugwagens vermittelst der Seile $p\ p_1$, die Hebung oder Senkung der an den Flaschenzug gehängten Last durch gleichzeitige Thätigkeit der Winden $m\ m_1$. Der Gerüstbau eines solchen Krahnes hat wenig Stabilität und die auf dem Boden liegende Eisenbahn ist oftmals hinderlich. Aus diesen beiden Gründen werden derlei Krahne selten angewendet.

Laufkrahn für Brückenbauten.

Für Brückenbauten und insbesondere für Pfeilergründungen und Ueberwölbungen derselben werden Laufkrahne angewendet, wie Fig. 1, Tafel XXX. zeigt.

$a\ a_1$ sind zwei quer über den Fluss geführte Hilfsbahnen, welche auf leichten eingerammten Pfählen ruhen. Auf diesen Bahnen werden die Baumaterialien und Werkstücke vom Ufer aus nach der Baustelle gebracht und zwar auf kleinen Rollwagen. Um die Baustelle ist ein hohes Gerüst errichtet, das aus mehreren eingerammten Pfählen $b\ b\ b$ . . . besteht, die oben zwei Bahnbalken $c\ c$ tragen. Diese Balken sind mit Bahnschienen belegt und auf diesen befindet sich ein vollständiger in der Regel aus Holz hergestellter Laufkrahn mit dreifacher Bewegung, ähnlich dem auf voriger Seite beschriebenen.

Drehscheiben.

Drehscheiben sind drehbare Wagen, vermittelst welcher Eisenbahnfahrzeuge von einer Bahn $A\ A_1$ auf eine Bahn $B\ B_1$ gebracht werden können, welche mit ersterer einen gewissen Winkel bildet. Fig. 2, Tafel XXX. Hat die Drehscheibe eine Stellung, dass ihre

Bahn C mit A, und A übereinstimmt, so kann ein Fahrzeug von A oder A, aus auf C gebracht werden. Dreht man hierauf die Scheibe mit dem darauf stehenden Fahrzeug um einen Winkel von 90°, so verbindet die Bahn C die Bahnen B und B, und das Fahrzeug kann dann nach B oder B, gerollt werden.

Drehscheibe für kleinere vierrädrige Personen- oder Frachtwagen.

Fig. 3, Tafel XXX. Die ganze Drehscheibe befindet sich in einer ummauerten cylindrischen Vertiefung oder Grube. In diese Grube ist ein cylindrischer Trog aus Gusseisen eingesetzt, welcher aus folgenden Theilen besteht: 1) der cylindrischen Umfassungswand a; 2) dem Rand b mit einer kreisförmigen Rollenbahn; 3) einem durch Arme mit b b verbundenen Topf c. Auf dieser Kreisbahn liegt und läuft ein Rollwerk mit 6 oder 8 Rollen. Jede Rolle dreht sich frei auf einer radialen Stange *f*, alle Stangen sind aussen unter einander durch Reifen verbunden und sind innen an einer um den Topf c drehbaren Rosette d befestigt. Die Drehscheibe ist wie der Trog aus einem Stück gegossen. Am Umfang der Drehscheibe ist ein Ring g vorhanden, mit welchem sie auf den sechs oder acht Rollen e e aufliegt. In der Mitte hat die Drehscheibe eine cylindrische Hülse h, durch welche ein Bolzen herabgesteckt ist, der unten in den Topf c eindringt. Hierdurch wird die Drehscheibe in concentrischer Lage erhalten, und da dieser Bolzen auch gespannt werden kann, so dass er gegen den Boden seiner im Topf liegenden Pfanne drückt, so kann man bewirken, dass das Gewicht der Drehscheibe und des auf dieselbe gestellten Wagens grösstentheils durch den Zapfen getragen wird, was die Bewegung der Scheibe sehr erleichtert. Die Arme der Drehscheibe bilden die Unterlage für die Bahnschienen zweier sich unter rechtem Winkel durchkreuzenden Geleise.

Drehscheibe für größere dreiaxige Personen- oder Lastwagen.

Fig. 4, Tafel XXX. Diese unterscheidet sich von der Vorhergehenden theils durch einen grösseren Durchmesser, theils durch das zum Tragen der Scheibe angewendete Rollensystem. Diese Rollen haben eine konische Form und drehen sich um Axen, deren Lager an den cylindrischen Trog der Drehscheibe angegossen sind. Es ist schwierig, die sechs oder acht Rollen so genau zu montiren, dass die Drehscheibe mit ihrem untern konischen Auflagering auf allen Rollen gleichmässig aufliegt.

Große Drehscheibe für Lokomotive und Tender.

Fig. 5, Tafel XXX. Diese Drehscheiben haben eine ähnliche Construktion wie die grossen Schiebebühnen für Lokomotive und Tender. Denkt man sich, dass eine solche Schiebebühne 1) mit einem mittleren Drehungszapfen versehen wird, 2) mit Laufrädern ausgerüstet wird, deren Axen nach dem Mittelpunkt des Drehungszapfens hingerichtet sind, 3) eine Räderwinde erhält, durch die eine drehende Bewegung um den Zapfen hervorgebracht werden kann, so verwandelt sich die Schiebebühne in eine Drehscheibe.