Auch hat man, unter

$$d_1 = a + b + 2\,e_1$$

und

$$d_2 = c + b + 2\,e_2$$

die Schenkellängen verstanden, wie vorher

$$d_1 \cos\alpha\,\partial\alpha = d_2 \cos\gamma\,\partial\gamma,$$

und daher

$$\frac{\partial\alpha}{\partial\gamma} = \frac{c + b + 2\,e_2}{a + b + 2\,e_1}\,\frac{\cos\gamma}{\cos\alpha}.$$

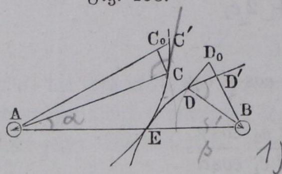
Diese beiden Werthe für $\frac{\partial\alpha}{\partial\gamma}$ können nur dann gleich sein, wenn $a = c$ und $e_1 = e_2$ ist, dann ist auch $d_1 = d_2$ und die beiden Winkel α und γ sind ebenfalls von gleicher Größe.

Unrunde Räder. Bei den vorhergehenden Untersuchungen ist immer stillschweigend die Voraussetzung gemacht worden, daß das Umsetzungsverhältniß zwischen den Axen constant sein solle, so daß bei einer gleichmäßigen Bewegung der einen Welle auch die andere eine solche Bewegung annimmt. Dieser Fall ist auch der gewöhnliche bei allen Räderübertragungen und insbesondere bei schweren Transmissionen für große Kräfte der allein vorkommende. Nur bei manchen Arbeitsmaschinen macht die eigenthümliche Natur des Arbeitsganges eine zusammengesetztere Bewegung des arbeitenden Organs nöthig, von der Art nämlich, daß das Umsetzungsverhältniß gewissen periodischen Veränderungen unterworfen ist, so daß bei einer gleichmäßigen Bewegung der treibenden Welle die getriebene Axe abwechselnd mit größerer und kleinerer Geschwindigkeit umgedreht wird. Außer manchen anderen Mitteln, welche man, wie in der Folge sich zeigen wird, zu diesem Zwecke anwenden kann, sind auch gewisse Räder hierzu verwendbar. Offenbar werden diese Räder nicht mehr eine kreisförmige Grundform erhalten können, da dieselbe an die Bedingung eines unveränderlichen Umsetzungsverhältnisses gebunden ist, und deshalb ist die Bezeichnung unrunde Räder für die hier in Betracht kommende Gattung gebräuchlich. Dieselben kommen in der Praxis vergleichsweise nur sehr selten und stets nur bei parallelen Axen vor, da die ohnehin schon großen Schwierigkeiten der Ausführung fast unübersteigliche werden würden, wenn man für schneidende oder gekreuzte Axen derartige Räder anordnen wollte. §. 49.

Für das richtige Zusammenwirken solcher unrunden Räder lassen sich folgende allgemein gültige Regeln aufstellen, aus denen in jedem einzelnen Falle die Grundform der Räder sich ableiten läßt.

Sind die beiden Axen A und B und deren Abstand d, Fig. 158 (a. f. S.), gegeben, und ist ebenso das Gesetz festgestellt, nach welchem das Umsetzungsverhältniß der beiden Axendrehungen veränderlich sein soll, so müssen die Räderumfänge von solcher Beschaffenheit sein, daß je zwei miteinander in der Centrallinie AB in Berührung kommende Punkte wie C und D von ihren Axen Abstände a und b haben, deren Summe gleich dem gegebenen Axenabstande d ist. Man hat daher als erste Bedingung für je zwei entsprechende

Fig. 158.



1) Punkte in den Radumfängen: $a + b = d$.

2) Damit aber die beiden Radumfänge bei dem Zusammentreffen der Punkte C und D sich berühren, ist es erforderlich, daß die Winkel, welche die Tangenten $C'C$ und $D'D$ der Umfänge mit den Radien AC und BD bilden, Supplementswinkel sind. Bezeichnet a allgemein die Länge eines Radius AC des Rades A, welcher von der Centrale um den Winkel $EAC = \alpha$ absteht, und sei mit b der Radius BD und mit β der Winkel EBD für den correspondirenden Punkt D des anderen Rades bezeichnet, so ist, wenn $CAC' = \partial\alpha$ und $DBD' = \partial\beta$ angenommen wird, jene Bedingung für die Berührung der Räder offenbar ausgedrückt durch

$$ACC' + BDD' = \pi,$$

d. h. wenn $CC_0 \perp AC$ und $DD_0 \perp BD$ ist, durch

$$C'CC_0 = -D'DD_0,$$

oder $\varphi = -\psi$, wenn man diese Winkel der Tangenten an die Curven mit den durch die Punkte gelegten Kreisbögen mit φ und ψ bezeichnet. Hieraus folgt auch

$$tang\ \varphi = -tang\ \psi,$$

d. h.

$$\frac{\partial a}{a\,\partial\alpha} = -\frac{\partial b}{b\,\partial\beta}.$$

Da nun aus $a + b = d$ sich $\partial a = -\partial b$ ergiebt, so geht diese zweite Bedingung für die Berührnng über in $a\,\partial\alpha = b\,\partial\beta$.

Das von Punkt zu Punkt wechselnde Umsetzungsverhältniß ist hier durch

$$n = \frac{\partial\beta}{\partial\alpha} = \frac{a}{b}$$

ausgedrückt.

Ist dieses Umsetzungsverhältniß n für irgend einen Punkt gegeben, so findet man wie bei den Kreisrädern aus

$$a + b = d \text{ und } \frac{a}{b} = n \text{ für diesen Punkt:}$$

$$a = \frac{d}{1 + \frac{1}{n}} = \frac{d}{1 + \frac{\partial \alpha}{\partial \beta}}$$

$$b = \frac{d}{1 + n} = \frac{d}{1 + \frac{\partial \beta}{\partial \alpha}}$$

Meistens ist nicht das Umsetzungsverhältniß n für jeden Punkt gegeben, sondern es ist durch ein Gesetz der Umdrehungswinkel β bestimmt, um welchen das eine Rad B sich drehen soll, wenn das andere um einen Winkel α gedreht wird, so daß etwa $\beta = f(\alpha)$ gegeben ist. Dann kann man für jeden Augenblick $n = \frac{\partial \beta}{\partial \alpha}$ bestimmen, und wenn man diesen Werth in obige Ausdrücke von a und b einsetzt, so erhält man zwei Gleichungen, in welchen a und b als Functionen von α und β ausgedrückt sind, welche Gleichungen also offenbar diejenigen der beiden Radumfänge für zwei Polarcoordinatensysteme sind, deren Anfänge mit den Axen zusammenfallen. Einige Beispiele mögen dies erläutern.

Nimmt man zunächst an, es sei $\alpha = c\beta$ vorausgesetzt, worin c eine constante Größe ist, so wird $\partial \alpha = c \partial \beta$, und man erhält durch Einsetzung dieses Werthes in $a \partial \alpha = b \partial \beta$ hier $c = \frac{b}{a}$, d. h. den Fall kreisförmiger Räder.

Nimmt man dagegen als Gesetz der Bewegungsübertragung etwa die Gleichung

$$\alpha = c_1 \beta + c_2 \beta^2$$

an, worin c_1 und c_2 constant sein sollen, so findet man

$$\partial \alpha = c_1 \partial \beta + 2 c_2 \beta \partial \beta,$$

daher

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = c_1 + 2 c_2 \beta.$$

Dieser Werth, in die Formel

$$a = \frac{d}{1 + \frac{d \alpha}{\partial \beta}}$$

eingesetzt, liefert:

$$a = \frac{d}{1 + c_1 + 2 c_2 \beta}$$

und ebenso wird

$$b = \frac{d (c_1 + 2 c_2 \beta)}{1 + c_1 + 2 c_2 \beta}.$$

Wenn nun c_1 und c_2 direct gegeben sind, so kann man für jeden beliebigen Winkel α offenbar β und das zugehörige a sowohl wie b berechnen, und die Radformen zeichnen. Meist sind jene Constanten aber nicht direct, sondern dadurch gegeben, daß für die beabsichtigte Bewegung gewisse Bedingungen vorgeschrieben sind. Es möge hier beispielsweise angenommen werden, daß bei einer Umdrehung des Rades A das Rad B ebenfalls eine volle Umdrehung gemacht haben möge, daß aber während einer Drehung des Rades A dasjenige B abwechselnd zweimal einer Beschleunigung und zweimal einer Verzögerung ausgesetzt sein soll, derart, daß jede dieser Verzögerungen und Beschleunigungen während einer Drehung der Welle A von je 90^0 geschehe, und daß die größte Geschwindigkeit des Rades B viermal so groß sein soll, wie ihre kleinste. Aus diesen Bedingungen lassen sich die Constanten wie folgt bestimmen.

Im Anfange der Bewegung für $\alpha = 0$ ist auch $\beta = 0$; dagegen für $\alpha = \frac{\pi}{2}$ auch $\beta = \frac{\pi}{2}$, folglich hat man:

$$\frac{\pi}{2} = c_1 \frac{\pi}{2} + c_2 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2$$

oder

$$1 = c_1 + \frac{\pi}{2} c_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Ferner ist im Anfange für $\alpha = \beta = 0$ das Umsetzungsverhältniß

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = c_1;$$

dagegen für $\alpha = \beta = \frac{\pi}{2}$ ist

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = c_1 + 2 c_2 \frac{\pi}{2} = c_1 + c_2 \pi.$$

Das Verhältniß beider Größen ist gleich 4 zu setzen, daher

$$\frac{c_1 + c_2 \pi}{c_1} = 4. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Diese beiden Gleichungen (1) und (2) liefern nun

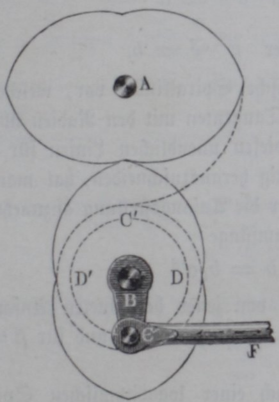
$$c_1 = 0{,}4 \quad \text{und} \quad c_2 = \frac{6}{5\pi} = 0{,}382.$$

Man hat daher für die Bewegungsübertragung jetzt die Gleichung

$$\alpha = 0{,}4\,\beta \pm 0{,}382\,\beta^2,$$

worin das positive Zeichen für die beiden beschleunigenden und das negative Zeichen für die verzögernden Vierteldrehungen gilt. Ein dem hier berechneten analoges Räderpaar ist durch Fig. 159 dargestellt. Man wendet solche Räder beispielsweise bei Seidenspulmaschinen an, indem man von der gleichmäßig sich bewegenden Betriebswelle A durch diese Räder die Axe B bald mit größerer, bald mit geringerer Geschwindigkeit dreht, um dadurch die von der Kurbel BC zu erzeugende hin- und hergehende Bewegung des Fadenleiters und damit die Bewickelung der Spulen mit Seide möglichst gleichmäßig zu machen, indem man die Kurbel BC nämlich in der Nähe ihrer Todtpunkte D, D', wo die Schiebung der Stange F mit geringer Geschwindigkeit vor sich geht, schneller umdreht als in den dazu winkelrechten Lagen CC'.

Fig. 159.



Der Gang der Entwickelung bleibt ungeändert, welcher Art die Gleichung auch sein möge, welche zwischen α und β gegeben ist. Hätten die Räder etwa der Bedingung zu genügen, welche durch $\alpha = c_1 \beta + c_2 \sin\beta$ ausgedrückt ist, so würde man aus

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \beta} = c_1 + c_2 \cos\beta$$

$$a = \frac{d}{1 + \frac{\partial \alpha}{\partial \beta}} = \frac{d}{1 + c_1 + c_2 \cos\beta}$$

und

$$b = \frac{d}{1 + \frac{\partial \beta}{\partial \alpha}} = \frac{c_1 + c_2 \cos\beta}{1 + c_1 + c_2 \cos\beta}\, d$$

erhalten u. s. w.*).

Man kann auch zuweilen die Bedingungen, denen die Räder genügen §. 50.
sollen, in anderer Art als durch das Verhältniß der Umdrehungsgeschwindigkeiten feststellen, z. B. kann man die Annahme unterstellen, daß

$$tang\,\varphi = -\,tang\,\varphi = c$$

sei, d. h. daß die Tangenten der Curven in allen Punkten einen und denselben Winkel, dessen trigonometrische Tangente gleich c ist, mit den Kreisumfängen einschließen sollen. Man hat dann

---

*) S. u. a. Redtenbacher's Bewegungsmechanismen.

$$c = \frac{\partial a}{a \partial \alpha} = - \frac{\partial b}{b \partial \beta}$$

und erhält daraus durch Integration

$$c\alpha = log\, nat\, a \quad \text{oder} \quad e^{c\alpha} = a$$

und

$$- c\beta = log\, nat\, b \quad \text{oder} \quad e^{-c\beta} = b.$$

Diese Gleichungen stellen zwei logarithmische Spirallinien vor, welche bekanntlich die Eigenschaft haben, daß ihre Tangenten mit den Radien überall denselben Winkel einschließen. Um aus diesen unendlichen Linien für zwei Axen, deren Distanz d ist, die Stücke richtig herauszuschneiden, hat man die zwei zugehörigen Halbmesser a_1 und b_1 für die Anfangsstellung anzunehmen, daher sind die Gleichungen für die Räderumfänge

für Konturen

$$a = a_1 e^{c\alpha} \quad \text{und} \quad b = b_1 e^{c\beta}$$

zu schreiben, worin die Winkel α und β von jener betrachteten Anfangsstellung aus zu zählen sind, denn für $\alpha = 0$ muß $a = a_1$ und für $\beta = 0$ muß $b = b_1$ werden.

Die Construction der Radumfänge nach einer logarithmischen Spirale wendet man wohl auch bei dreieckigen, viereckigen und anderen polygonalen Rädern an. In Fig. 160 ist ein quadratisches Räderpaar vor Augen geführt.

Fig. 160.

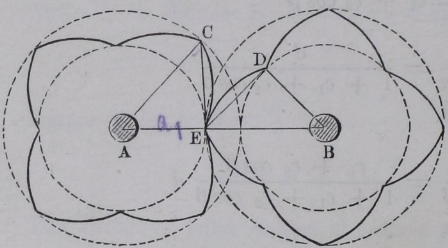
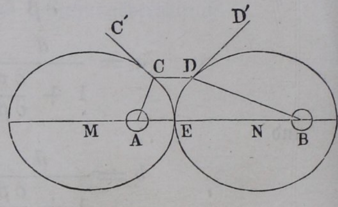


Fig. 161.



Ist hier der kleinste Halbmesser AE des Rades A gleich a_1, so hat man den größten Halbmesser

$$AC = a_1 \sqrt{2} = 1{,}4142\, a_1$$

für den Umdrehungswinkel

$$\alpha = \frac{\pi}{4} = 45^0.$$

Setzt man in der Gleichung

$$a = a_1 e^{c\alpha} \quad \text{oder} \quad c\alpha = log\, nat\, \frac{a}{a_1}$$

für α den Werth $\frac{\pi}{4}$ und $\frac{a}{a_1} = \sqrt{2}$ ein, so findet sich

$$c = tang\,\varphi = \frac{4}{\pi}\,log\,nat\,\sqrt{2} = 0{,}44128,$$

und daher $\varphi = 23^0\,49'$. Die Gleichung der Radcurven schreibt sich also nun: $a = a_1\,e^{0,44128\,\alpha}$, woraus man durch Einsetzung verschiedener Werthe für α zwischen o und $\frac{\pi}{4}$ die zugehörigen Werthe von a und also auch von $b = d - a$ findet. Das Umsetzungsverhältniß bei der Berührung in E ist

$$n_1 = \frac{a_1}{b_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

und bei der Berührung zwischen C und D_1

$$n_2 = \frac{b_1}{a_1} = \sqrt{2},$$

also das Verhältniß der größten zur kleinsten Geschwindigkeit

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1/2}} = 2.$$

Polygonale Räder sind u. A. von Bacon und Donkin bei ihren Buchdruckerpressen angewendet worden, bei welchen die Druckerformen auf den Seiten eines rotirenden Prismas angebracht waren und durch diese Räder die Bewegung zwischen dem Prisma und der Druckwalze vermittelt wurde. S. Nicholson's The operative mechanic, 1834, p. 302.

In ähnlicher Weise lassen sich polygonale Räder von beliebiger Seitenzahl construiren, und ist es keineswegs Bedingung, daß die Anzahl der Polygonseiten bei beiden Rädern dieselbe sei. Hat das eine Rad m_1 und das andere m_2 Seiten, und sind die Umdrehungszahlen für eine bestimmte Zeit z_1 und z_2, so hat man immer $m_1\,z_1 = m_2\,z_2$.

Einen besonderen hierher gehörigen Fall bilden die elliptischen Räder, Fig. 161. Zwei gleiche Ellipsen, die um ihre entsprechenden Brennpunkte A und B sich drehen, genügen offenbar den allgemeinen Bedingungen des Zusammenwirkens, denn irgend ein Punkt C der einen Ellipse findet in der anderen Ellipse einen Gegenpunkt D von solcher Beschaffenheit, daß die beiden Radien $AC + BD$ gleich der großen Ellipsenaxe, also auch gleich dem Axenabstande sind, und schließen die beiden Radien irgend eines Punktes bekanntlich bei der Ellipse, also auch bei congruenten Ellipsen denselben Winkel mit der Tangente dieses Punktes ein. Die große Axe der Ellipsen ist gleich dem Axenabstande d. Setzt man die große Halbaxe $\frac{d}{2} = a$ und die kleine Halbaxe b, so ist die Excentricität

$$MA = NB = e = \sqrt{a^2 - b^2},$$

und man hat daher das größte Umsetzungsverhältniß

$$n_1 = \frac{a + e}{a - e}$$

und das kleinste

$$n_2 = \frac{a - e}{a + e},$$

folglich bei gleichmäßiger Bewegung des treibenden Rades A das Verhältniß zwischen der größten und kleinsten Winkelgeschwindigkeit des getriebenen Rades

$$\nu = \frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{a + e}{a - e}\right)^2.$$

Ist dieses Verhältniß ν vorgeschrieben, so folgt bei gegebenem Axenabstande $d = 2\,a$ aus dieser Gleichung

$$a + e = (a - e)\sqrt{\nu}$$

und daher

$$e = a\,\frac{\sqrt{\nu} - 1}{\sqrt{\nu} + 1},$$

also die kleine Halbaxe

$$b = \sqrt{a^2 - e^2} = \frac{2\,a\,\sqrt[4]{\nu}}{\sqrt{\nu} + 1}.$$

Die elliptischen Räder wendet man mehrfach bei Hobelmaschinen an, um dem Schlitten, welcher von der Welle B durch eine Kurbel hin- und herbewegt wird, einen langsamen Vorgang beim Arbeitsprocesse des Meißels und einen schnellen Rücklauf zu geben. Sollte die größte Geschwindigkeit der Welle B mit der Kurbel 4 mal so groß sein, als die kleinste, so hätte man den Ellipsen die Excentricität

$$e = a\,\frac{\sqrt{4} - 1}{\sqrt{4} + 1} = \frac{a}{3}$$

zu geben und die kleine Halbaxe

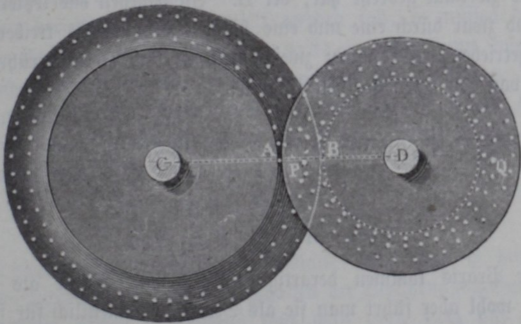
$$b = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{9}} = a\sqrt{\frac{8}{9}} = 0{,}943\,a$$

zu machen.

Man kann auch Räder so anordnen, daß der Berührungspunkt auf jedem derselben einer Schraubenlinie entlang wandert. Die Oberflächen der Räder werden hierbei conische werden, sobald das Umsetzungsverhältniß ein veränderliches ist. Derartige conische Räder sind zuerst von dem Astronomen Römer angegeben worden und giebt Fig. 162 einen Begriff von einem solchen Räderpaare. Dasselbe ist der Bedingung gemäß construirt, daß das getriebene Rad $B\,C$ zwei Umgänge gemacht haben soll, sobald das treibende

Rad AD sich dreimal herumbewegt hat, und daß das Umsetzungsverhältniß dabei schließlich auf die Hälfte seines anfänglichen Werthes vermindert werden

Fig. 162.



soll, d. h. daß also $\frac{BD}{BC} = \frac{1}{2}\,\frac{AD}{AC}$ sei. Legt man hier wieder das Gesetz für die Aenderung der Bewegung zu Grunde, welches durch $\alpha = c_1 \beta + c_2 \beta^2$ ausgedrückt ist, so findet man die Constanten c_1 und c_2 mit Rücksicht auf die gestellten Bedingungen wie früher aus:

$$3 \,.\, 2\pi = c_1 \; 2 \,.\, 2\pi + c_2 \, (2 \,.\, 2\pi)^2$$

und

$$\frac{c_1}{c_1 + 2 c_2 \,.\, 2 \,.\, 2\pi} = \frac{1}{2}$$

zu

$$c_1 = 1 \quad \text{und} \quad c_2 = \frac{1}{8\pi}.$$

Daher ergeben sich bei dem Axenabstande $DC = d$ die Halbmesser der Räder für den Anfang der Bewegung

$$AD = a_1 = \frac{d}{1 + c_1} = \frac{d}{2}$$

und also auch

$$AC = b_1 = \frac{d}{2},$$

und für das Ende der Bewegung

$$BD = a_2 = \frac{d}{1 + c_1 + 2 c_2 \,.\, 2 \,.\, 2\pi} = \frac{d}{3},$$

also

$$BC = b_2 = \frac{2}{3}\, d.$$

Die Zähne sind in der Figur durch Punkte angedeutet, welche bei dem Rade AD in drei, bei dem Rade BC in zwei Windungen angeordnet sind. Anfangs ist der Eingriff bei A und nachdem das treibende Rad sich dreimal, das andere zweimal gedreht hat, bei B. Ist dagegen das letztere Rad nur einmal und zwar durch eine und eine halbe Drehung des treibenden Rades AD umgetrieben, so kommen zwei Punkte P und Q in Berührung, deren Abstände von den Axen gegeben sind zu:

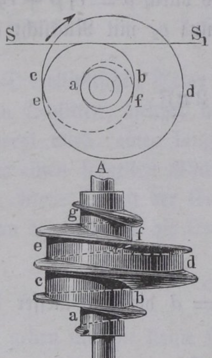
$$QD = \frac{d}{1 + c_1 + 2c_2\beta} = \frac{d}{1 + 1 + 2\,\frac{1}{8\pi}\,2\pi} = {}^2/_5\, d$$

und

$$PC = d - {}^2/_5\, d = {}^3/_5\, d.$$

In der Praxis kommen derartige spiralförmige Räder als Zahnräder kaum vor, wohl aber führt man sie als Seilräder namentlich für selbstthätige Spinnstühle als sogenannte Einzugsschnecken und Auszugsschnecken vielfach aus, wovon Fig. 163 eine Anschauung giebt. Der Zweck ist dabei, von einer mit gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufenden Welle A den die Spindeln tragenden Wagen durch den Zug eines Seiles S mit geringer Geschwindigkeit anzuziehen, die sich allmälig steigert, um im Zustande des höchsten Betrages ebenso allmälig wieder auf die geringe anfängliche Größe herabzusinken, so daß etwaige durch die beträchtliche Masse des Wagens veranlaßte Stoßwirkungen möglichst verringert werden. Das Seil wickelt sich zu diesem Zwecke nach und nach an den Stellen a, b, c, d, e, f und g auf und auch ab, indem zwei Seilstücke S und S_1 angeordnet sind, von denen S bei a und S_1 bei g befestigt ist, und welche die Schnecke in entgegengesetzten Richtungen umschlingen. Da beide Seile stets an demselben Punkte die Schnecke verlassen (zu welchem Zwecke die Schneckengänge breit genug für zwei Seilstärken gehalten sind), so folgt, daß bei der Drehung der Schnecke etwa im Sinne des Pfeils von dem Seile S sich genau so viel aufwickelt, wie sich von dem Seile S_1 abwindet. Die Seile S und S_1 kann man sich auf jeder Seite um feste Leitrollen geschlagen, und mit ihren anderen Enden an dem hier nicht gezeichneten Spindelwagen befestigt denken*).

Fig. 163.



---

*) S. Prechtl's Technolog. Encyclopädie den Artikel „Baumwolle“ von Hülsse; ferner Stamm, Der Selfactor u. a. a. O.

Zu den Spiralrädern muß auch die in den Spindeluhren gebräuchliche conische Schnecke gerechnet werden (s. w. u.).

Reibungsräder. Wenn die Mittheilung der Bewegung durch bloße Berührung der Radumfänge bewirkt werden soll, so müssen die Räder, welche dann Frictions- oder Reibungsräder heißen, mit solcher Kraft gegen einander gepreßt werden, daß die zwischen den Umfängen entstehende Reibung mindestens den Betrag der zu übertragenden Kraft K erreicht. Bezeichnet φ den Reibungscoefficienten, so ist der nöthige Druck der Räder gegen einander §. 51.

$$R = \frac{K}{\varphi},$$

und damit dieser nicht unnöthig groß ausfalle, muß man φ durch richtige Auswahl der Materien und durch Rauhhalten der Berührungsflächen möglichst groß zu machen suchen. Deshalb läßt man gern Holz auf Holz, oder mindestens Holz auf Gußeisen laufen, oder belegt wohl gar den einen Radumfang mit Leder, und zwar vorzüglich mit Büffelleder. Man fertigt kleinere Frictionsräder auch wohl ganz aus concentrischen Scheiben von Leder und in neuerer Zeit wohl auch aus vielen solchen Scheiben aus festem Hanfpapier, welche durch den Druck starker hydraulischer Pressen in derselben Art mit einander vereinigt werden, wie dies bei der Herstellung der Papierwalzen für die Kalander geschieht. Nimmt man im Mittel für diese Materialien $\varphi = 0{,}4$ an, so folgt der zwischen den Rädern erforderliche Druck mindestens zu

$$R = \frac{K}{\varphi} = 2{,}5\,K,$$

welcher Druck nur an den Zapfen beider Axen Reibung erzeugt. Ueberdies bieten aber die Reibungsräder noch den Uebelstand dar, daß wenigstens das eine von ihnen keine feste Lagerung erhalten darf, da nur durch die Axenlager der Druck R auf das Rad übertragen werden kann. Es werden deshalb die Reibungsräder auch nur selten, und in der Regel nur da angewendet, wo man es, wie z. B. bei Mühlen- oder Gichtaufzügen, mit einer unveränderlichen Last zu thun hat, und wo ein sich oft wiederholendes In- und Außergangsetzen der Maschine nöthig ist.

Die Einrichtung eines solchen Räderwerks zur Bewegung einer Winde zeigt Fig. 164 (a. f. S.). Hier ist AB das auf der festgelagerten Welle befindliche Treibrad, von welchem das auf der Trommelwelle D angebrachte Rad EO seine Bewegung empfängt. Zu dem Ende sitzen die Zapfenlager des letzteren in einem gegabelten Hebel KDH, der um H drehbar ist, und durch eine bei K angreifende Kraft G auf- oder niedergedrückt wird, je nachdem die Trommel außer oder in Gang gesetzt werden soll. Beim Niederziehen des