

welche mit einer Spannvorrichtung für die Schnur versehen ist, nach *A* zurückzukehren. Man ersieht, daß bei dieser Seilführung die Rolle *E*, welche die Längenverschiebung der Brücke zu bewirken hat, in jeder Stellung des Wagens ihre Bewegung von *A* empfängt. Da ferner die beiden auf dem Windwagen angebrachten Seilrollen *G* und *H* nach Belieben mit den Seilen *BC* und *DE* durch Druckrollen in Berührung gebracht werden können, so folgt hieraus, daß auch in jeder Stellung des Wagens *W* auf der Brücke eine Mittheilung der Bewegung von *A* aus auf *G* und *H* veranlaßt werden kann, daß man also vermittelt der Scheibe *G* die Windvorrichtung zum Heben der Last betreiben und mittels *H* den Windwagen längs der Brücke versetzen kann. Hinsichtlich der durch die Verschiebung der Rollen an den Seilen hervorgebrachten Umdrehung der ersteren gilt hier dasselbe wie bei dem vorigen Beispiele, und es ergibt sich, daß, unter *b* und *h* die Halbmesser der Scheiben *B* und *H* verstanden, durch eine Verschiebung der Brücke um w_1 und durch eine gleichzeitige Verschiebung des Windwagens auf der Brücke um w_2 nach der einen oder anderen Richtung der Scheibe *B* eine zusätzliche Drehung im Betrage $\pm \frac{w_1}{2\pi b}$, und derjenigen *H* eine solche von der Größe $\pm \frac{w_1}{2\pi h} \pm \frac{w_2}{2\pi h}$ mitgetheilt wird.

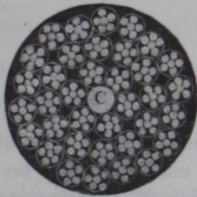
Man läßt das Seil für derartige Laufbahn meist mit der großen Geschwindigkeit von 25 Meter per Secunde laufen, um auch bei geringem übertragenen Drucke eine erhebliche Leistung zu erlangen*).

§. 59. **Drahtseiltrieb**).** Der in neuerer Zeit zur Uebertragung größerer Kräfte auf beträchtliche Entfernungen (bis 1000 Meter) zuerst von den Gebrüdern Hirn im Elsaß (1850) angewandte Drahtseilbetrieb unterscheidet sich von dem Riemenbetrieb nur durch die Anwendung eines Drahtseils anstatt des Riemens. Da der Abstand der Rollen hierbei immer ein bedeutender ist und nicht unter 15 bis 20 Meter anzunehmen sein dürfte, so wird das Drahtseil in einem Bogen von merklicher Pfeilhöhe zwischen den Rollen hängen müssen, um nicht durch sein eigenes Gewicht zu zerreißen. Die durch das eigene Gewicht des Seils in letzterem hervorgerufene Spannung erzeugt die auf den Scheiben zur Uebertragung nöthige Reibung, was streng genommen übrigens auch bei horizontalen Riemen der Fall ist, bei welchen letzteren indessen wegen des geringen Rollenabstandes die Durchhängung nicht so augenfällig ist, wie bei den langen Drahtseilen.

*) S. den Aufsatz von Lenz. Zeitsch. deutsch. Ing. 1868, S. 289.

**) Ueber Drahtseiltrieb siehe Reuleaux, Der Constructeur.

Zur Uebertragung der Kraft verwendet man Drahtseile, welche aus einzelnen sechs- oder mehrdrähtigen Litzen, Fig. 200, um eine Hanfseile ge-



sponnen sind. Die Stärke der einzelnen Drähte variiert etwa zwischen 0,5 und 2 Millimeter, und wird die Stärke und Uebertragungsfähigkeit der Drahtseile wesentlich durch die Anzahl der in ihnen enthaltenen Drähte bestimmt. Wegen der Steifigkeit stärkerer Drähte wird es gerathen sein, bei größeren Kräften die Anzahl ν der Drähte zu vergrößern, deren Stärke δ aber möglichst gering zu halten.

Der Drahtseiltrieb findet nur zwischen parallelen Axen und in der Regel zwischen Scheiben von gleicher Größe statt. Die Drahtseile selbst legen sich auf den Grund der, nach Fig. 201, mit Guttapercha oder mit Kork ausgefüllten Seilrinne und übertragen lediglich durch Reibung die Bewegung in derselben Art wie die Riemen von Scheibe zu Scheibe. Es gelten daher die für den Riemenbetrieb gefundenen Gesetze ohne Weiteres für Drahtseile und man hat speciell wieder (s. §. 53)

$$S_1 = \frac{e^{\varphi\gamma} K}{e^{\varphi\gamma} - 1}; \quad S_2 = \frac{K}{e^{\varphi\gamma} - 1}; \quad S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

Nimmt man den Reibungscoefficienten zwischen Seil und Rolle zu $\varphi = 0,24$ und bei gleich großen Rollen $\gamma = \pi$ an, so erhält man

$$S_1 = \frac{e^{0,763} K}{e^{0,763} - 1} = \frac{2,11 K}{1,11} = 1,90 K,$$

$$S_2 = \frac{K}{e^{0,763} - 1} = \frac{K}{1,11} = 0,90 K,$$

$$S = \frac{0,90 + 1,90}{2} K = 1,40 K.$$

Zur Abrundung sollen die eine etwas größere Sicherheit bietenden Werthe

$$S_1 = 2K, S_2 = K \text{ und } S = 1,5K$$

angenommen werden.

Kennt man nun die am Umfange einer Rolle vom Halbmesser R wirkende Kraft K , welche das Seil zu übertragen hat, so ergibt sich der wirksame Querschnitt des Drahtseils, d. h. bei ν Drähten vom Durchmesser δ die Größe

$$\frac{\pi \delta^2 \nu}{4} = \frac{S_1}{k_1} = \frac{2K}{k_1},$$

unter k_1 die zulässige Spannung der Drähte verstanden. Um diese zulässige Spannung k_1 richtig zu wählen, hat man zu beachten, daß die Drähte hier zwei verschiedenen Anstrengungen ausgesetzt sind, und zwar außer der durch S_1 herbeigeführten Dehnungsspannung k_1 noch einer Biegungsspannung k_2 , welche in Folge der Umbiegung der Drähte um die Rolle vom Halbmesser R entsteht. Diese Biegungsspannung k_2 läßt sich mit Hilfe des Elasticitätsmoduls E und der Ausdehnung λ des Drahtes bei der Biegung leicht ermitteln. Nimmt man an, daß die mittlere Faserschicht eines Drahtes bei der Biegung um die Scheibe vom Halbmesser R ihre Länge unverändert beibehält, die inneren Schichten sich also verkürzen, die äußeren verlängern, so beträgt die Länge einer äußersten Schicht im Abstände $R + \frac{\delta}{2}$ für den halben Rollenumfang $\pi \left(R + \frac{\delta}{2} \right)$, während ihre ursprüngliche Länge gleich der der unveränderten Schicht πR ist. Man hat somit die spezifische Verlängerung zu

$$\frac{\pi \left(R + \frac{\delta}{2} \right) - \pi R}{\pi R} = \frac{\delta}{2R},$$

und es folgt daher die einem solchen Verlängerungsverhältniß entsprechende Spannung k_2 pro Quadratmillimeter (s. Thl. I, §. 210) aus

$$\frac{k_2}{E} = \frac{\delta}{2R} \text{ zu } k_2 = \frac{E\delta}{2R}.$$

Nimmt man daher den Elasticitätsmodul des Eisens zu 20 000 Kilogramm an, so erhält man die Biegungsspannung

$$k_2 = \frac{10\,000 \delta}{R}.$$

Bezeichnet nunmehr k die gesammte, in den Drähten überhaupt zulässige Anspannung pro Quadratmillimeter, welche man bei dem guten Materiale, wie es in dünnen Drähten nur vorhanden sein kann, zu $k = 18$ Kilogramm annehmen darf, so hat man

$$k = k_1 + k_2 = 18,$$

also

$$k_1 = 18 - k_2 = 18 - \frac{10\,000\ \delta}{R}$$

in obiger Formel für den Drahtseilquerschnitt einzuführen.

Nimmt man nach Neuleaux als passendes Verhältniß für $\frac{k_1}{k_2}$ den Werth $\frac{1}{2}$ an, bei welchem unter sonst gleichen Umständen der Rollenhalbmesser R ein Minimum wird, so hat man daher $k_1 = 6$ und

$$\frac{\pi \delta^2 v}{4} = \frac{2K}{6} \quad \text{oder} \quad v \delta^2 = 0,425 K.$$

Ist anstatt der Umfangskraft K die Leistung N in Pferdekraften und die Seilgeschwindigkeit v in Metern gegeben, so hat man auch

$$v \delta^2 = 0,425 K = 0,425 \frac{75 N}{v} = 32 \frac{N}{v}.$$

Diese Formeln, welche sich für $k_1 = \frac{1}{2} k_2 = 6$ Kilogramm ergeben, setzen natürlich eine Biegungsspannung in den Drähten von nicht mehr als $k_2 = 12$ Kilogramm voraus, und es muß, damit diese Biegungsspannung nicht größer werde, nach Vorstehendem der Halbmesser R der Rollen mindestens den Werth

$$R = \frac{10\,000\ \delta}{k_2} = \frac{10\,000\ \delta}{12} = 833\ \delta$$

haben. Wäre der Halbmesser R von anderer Größe, so hätte man

$$k_2 = \frac{10\,000\ \delta}{R}$$

zu bestimmen, und dann für k_1 den Werth $18 - k_2$ in die Rechnung für $v \delta^2$ einzuführen.

Von besonderer Wichtigkeit für den Seilbetrieb ist noch die Kenntniß der Durchsenkungen der Seile, da von denselben bekanntlich die Spannungen abhängig sind, und man daher den Seilen genau die zu den oben berechneten Dehnungsspannungen zugehörigen Senkungen geben muß, um sicher zu sein, daß weder ein Gleiten des Seils wegen zu geringer Spannung noch ein Ueberspannen desselben eintrete. Bezeichnet d den Abstand der beiden in gleicher Höhe gelegenen Axen C und D , Fig. 202 (a. f. S.), und h die Höhe EK eines annähernd als Parabel anzusehenden Seilbogens KB , so hat man für die Neigung $EAT = \alpha$ der Seilenden A und B gegen den Horizont:

$$\sin \alpha = \frac{ET}{AT} = \frac{2h}{\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + (2h)^2}} = \frac{4h}{\sqrt{d^2 + (4h)^2}}$$

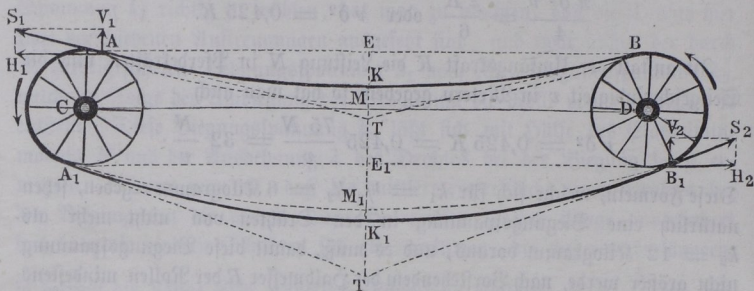
und daher auch, unter V die Verticalcomponente der Seilspannung S verstanden:

$$S = \frac{V}{\sin \alpha} = \frac{V \sqrt{d^2 + (4h)^2}}{4h} = \frac{G}{8h} \sqrt{d^2 + (4h)^2},$$

wenn $G = 2V$ das Gewicht des Seiltrums AKB bedeutet. Annähernd hat man

$$S = \frac{G}{8h} d,$$

Fig. 202.



daher die Durchsenkung des Seils in der Mitte

$$h = \frac{Gd}{8S}.$$

Diese Gleichung ergibt die Durchsenkung des treibenden, des getriebenen oder des ruhenden Seils, je nachdem man für S die Spannungen

$$S_1 = 2K, \quad S_2 = K, \quad S_0 = 1,5K$$

einführt, und man erhält demnach

$$h_1 = \frac{Gd}{16K}; \quad h_2 = \frac{Gd}{8K} \quad \text{und} \quad h_0 = \frac{Gd}{12K}.$$

Das Gewicht des Drahtseils pro laufendem Meter berechnet sich bei einem spezifischen Gewichte des Eisens im Draht von 7,7, und wenn man eine Verkürzung der Drähte beim Zusammendrehen um 10 Proc. annimmt, zu:

$$q = \frac{10}{9} \frac{\pi \delta^2 v \cdot 7,7}{4 \cdot 1000} = 0,00672 v \delta^2,$$

und daher hat man unter der hier gemachten Voraussetzung ($k_1 = 6$ Kilogramm), wonach $v \delta^2 = 0,425 K$ sich ergab, auch

$$G = 2q \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + (2h)^2} = 0,00286 K \sqrt{d^2 + (4h)^2},$$

oder annähernd:

$$G = 0,00286 \text{ K d.}$$

Dies eingesetzt giebt:

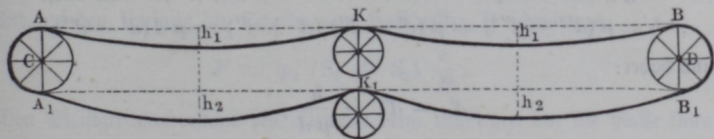
$$h_1 = \frac{0,00286}{16} d^2 = 0,000179 d^2; \quad h_2 = 0,000358 d^2;$$

$$h_0 = 0,000238 d^2.$$

Demnach wären z. B. für einen Axenabstand von 100 Metern die Einseifkungen $h_1 = 1,79$ Meter, $h_2 = 3,58$ Meter und $h_0 = 2,38$ Meter.

Um keine zu großen Durchseifkungen zu erhalten, kann man nach Fig. 203 in Abständen von 60 bis 120 Metern besondere Tragrollen KK_1 anwenden,

Fig. 203.



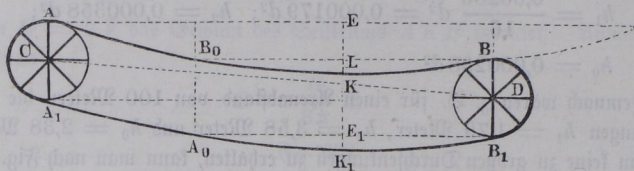
doch empfiehlt es sich mehr, anstatt der beiden Tragrollen eine doppelspurige Rolle aufzustellen, welche durch ein Seil von A aus getrieben wird, und durch ein anderes Seil in ihrer zweiten Spur die Bewegung nach der Rolle B beziehungsweise erst nach einer ferneren Zwischenstation weiter fortpflanzt. Diese Anordnung eines zusammengesetzten Seiltriebs mit Zwischenstationen gewährt den Vortheil, mehrere kürzere Seile anstatt eines langen verwenden und daher ein bequemeres Auflegen sowie eine schnellere Reparatur im Falle eines Seilbruchs bewirken zu können.

In Fällen, wo die disponibele Höhe unter den Seilen sehr beschränkt ist, kann man außerdem die Durchseifkung noch dadurch vermindern, daß man ein Seil mit verschärfter Anspannung anwendet, d. h. daß man das Seil stärker anspannt, als zur Verhütung des Gleitens allein nöthig wäre. Hierdurch wird das Seil natürlich nicht nur stärker, sondern auch die Zapfenreibung fallen größer aus, doch fallen diese Umstände nur wenig in Betracht, da die Seilstärken doch meist nur geringe sind, und da auch die Reibungswiderstände meist nur verhältnißmäßig klein ausfallen. (Ueber die verschärfte Seilspannung s. Keuleaux.)

Wenn die Axen der Scheiben C und D nicht in einer und derselben Horizontalebene liegen, so erhält man den schiefen Seiltrieb, Fig. 204 (a. f. S.). Hierbei besteht der Seilbogen AKB aus zwei ungleichen Theilen AK und KB , deren Pfeilhöhen KE mit h' und KL mit h'' und deren Horizontalprojektionen AE mit d' und BL mit d'' bezeichnet werden mögen. Der gegebene Höhenabstand EL der beiden Seiltrommeln ist $h = h' - h''$ und ihr

Horizontalabstand $d = d' + d''$. Da nun nach dem Obigen $h' = \mu d'^2$ und $h'' = \mu d''^2$ gesetzt werden kann, wobei μ ein von der Seilspannung

Fig. 204.



abhängiger Coefficient ist (z. B. für das führende Seil $\mu = 4 \cdot 0,000179$, für das geführte Seil $\mu = 4 \cdot 0,000358$ u. s. w.), so hat man auch:

$$h = \mu (d'^2 - d''^2) = \mu (d' - d'') (d' + d'') = \mu d (d' - d''),$$

und daher:

$$d' - d'' = \frac{h}{\mu d},$$

wonach die Horizontalabstände

$$d' = \frac{h + \mu d^2}{2\mu d}, \quad d'' = \frac{\mu d^2 - h}{2\mu d},$$

sowie die Bogenhöhen

$$h' = \mu \left(\frac{h + \mu d^2}{2\mu d} \right)^2 \quad \text{und} \quad h'' = \mu \left(\frac{\mu d^2 - h}{2\mu d} \right)^2$$

folgen.

Anmerkung. Ueber den Drahtseiltrieb siehe außer dem Constructeur von Reuleaux nach Le Vignole de Mécaniciens par Armengaud aîné, sowie verschiedene Artikel in technischen Journalen, u. A. Zeitschrift deutsch. Ingenieure 1862, S. 212, 1866, S. 480, 731 und 1870, S. 14; ferner Dingler's Polyt. Journal Bd. 172, Heft 3.

§. 60. **Widerstände beim Riemen- und Seilbetrieb.** In den vorhergehenden Untersuchungen wurde der Einfluß der schädlichen Widerstände vernachlässigt, welche sich bei dem Betrieb durch Riemen oder Seile einstellen. Da diese Widerstände aber in den meisten Fällen nicht unerheblich ausfallen, so ist noch eine Untersuchung derselben hier vorzunehmen, mit Rücksicht auf deren Ergebnisse die vorstehenden Resultate noch entsprechend zu corrigiren sind. Der hauptsächlichste Widerstand jedes Riemenbetriebs besteht in der Reibung an den Zapfen der Scheiben und ebenso macht sich die Steifigkeit der Riemen beim Umbiegen derselben um die Rollen in gewissem, wenn auch meist geringerem Grade geltend. Bei sehr schnell laufenden Riemen und Seilen muß auch der Widerstand der Luft einen gewissen Be-