

## §. 268.

## Steifigkeit der Seile.

Der Widerstand der Seilsteifigkeit kommt beim Leiten wie beim Wickeln und Treiben zur Geltung. Als Maass desselben wird üblicherweise die Kraft genommen, welche ein über eine leicht drehbare Rolle halb herumgehendes, an beiden Trümmern mit  $Q$  belastetes Seil beansprucht, um einerseits auf-, andererseits abgewickelt zu werden. Man nimmt an, dass das Seil sich an der Aufwicklungsstelle nicht völlig an die Rolle anlege, also nicht vollständig nach dem Rollenhalbmesser krümme, an der Abwicklungsstelle nicht völlig gerade strecke, wodurch Hebelarmunterschiede für die beiden Seiltrümer entständen. Nach Eytelwein ist bei Hanfseilen vom Durchmesser  $d$  die Steifigkeit  $S$ :

$$S = \sigma \frac{d^2}{R} Q \dots \dots \dots (252)$$

wobei, wenn  $R$  und  $d$  in Millimeter gemessen sind,  $\sigma = 0,0186$  ist: Coulomb hat statt dessen den sehr unbequemen Ausdruck  $S = C_1 d^{1,7} : R + C_2 Q$  gegeben. Weisbach fand für Drahtseile bei allerdings sehr beschränktem Versuchsmaterial:

$$S = 0,49 + 2,38 \frac{Q}{R} \dots \dots \dots (253)$$

1. *Beispiel.* Für ein Hanfseil von 25 mm Dicke und 400 kg Belastung auf einer Rolle von 100 mm Halbmesser ist nach Eytelwein  $S = 0,0186 \cdot 625 \cdot 400 : 100 = 46,5$  kg, was sehr hoch scheint. (Die Coulomb'sche Formel würde nur 30,2 kg ergeben.)

2. *Beispiel.* 36er Drahtseil von 1 mm Drahtdicke und 250 kg Belastung auf 1120 mm hoher Rolle. Nach Weisbach käme:  $S = 0,49 + 2,38 \cdot 250 : 560 = 1,55$  kg.

Die Brauchbarkeit beider Formeln geht nicht weit. Neue Versuche sind sehr zu wünschen\*). Immerhin zeigt namentlich

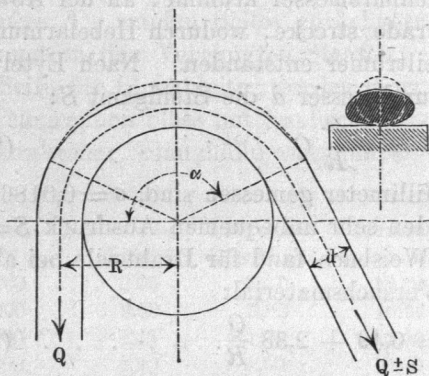
\*) Die obige Anschauung über die Ursache der Steifigkeit ist heute nicht mehr befriedigend, indem sie nicht näher erkennen lässt, welche Art von mechanischer Arbeit die Steifigkeit auf das Seil ausübt; auch ist der Umfassungswinkel bei den älteren Versuchen, mit welchen sich ja auch Amontons, Navier, Poncelet und Morin beschäftigt haben, konstant eingeführt worden, während derselbe in der Seilpraxis stark wechselt und höchst wahrscheinlich von beträchtlichem Einfluss ist. Der eigentliche Vorgang ist meiner Ansicht nach wesentlich wie folgt anzunehmen,

Wird das umseitig schematisch dargestellte Seil, Fig. 823, um die Rolle  $R$  gelegt, so darf die Sache nicht so angesehen werden, als erführen die Seilfasern oder -Drahte auf der konkaven Seite der Seilkrümmung

Formel (253), dass man unter Umständen wohl thut, für Drahtseile  $R$  noch grösser zu wählen, als es die blosse Berücksichtigung

Zusammenpressung, auf der konvexen Ausdehnung, sondern es findet durch die Belastung  $Q$  durchweg Ausdehnung der Litzen statt, weil diese den auf sie ausgeübten Zug bei der schraubenförmigen Umlaufung der Seilseele durch ihre ganze Erstreckung fortpflanzen. Deshalb kann das gebogene Seilstück den ursprünglichen Kreisquerschnitt vom Durchmesser  $d$  nicht beibehalten, sondern muss Querschnittsänderungen erleiden, vermöge deren der Masseninhalt des gebogenen Seilstückes demjenigen des geradegestreckten gleichbleibt. Die Querschnittsänderungen können zweierlei

Fig. 823.



Art sein: 1) Zusammenpressungen, 2) wo diese bis zu ihren Grenzen getrieben ist, Abplattung der Querschnitte.

Beide Formänderungen sind in der Praxis der Seilbetriebe zu beobachten. Seile, welche biegsam sein sollen, werden lose geschlagen, damit sie bei Ueberschreitung der Rollen auch zusammenpressbar sind. Zusammendrückung in Folge der Belastung findet sogar schon beim gestreckten Seile statt, indem die

den Schraubenwindungen nachgehenden Zugkräfte die Litzen nach der Seilachse hin pressen, weshalb ein stark belastetes gerades Seil „hart ist“. Das Zusammenpressen wird namentlich auf den Rollen sehr stark und führt meist nicht bloss elastische, sondern auch bleibende Formänderungen herbei, erkennbar in dem Dünnerwerden der Seile im Gebrauch. (Beim Drahtseiltrieb von Oberursel waren z. B. nach Leloutre's und Zuber's Beobachtungen die Seildicken mehrfach von 15 auf 14 mm herabgegangen, von welcher Verdünnung der Haupttheil auf bleibende Zusammendrückung der Hanfseelen zu schreiben ist. 14 mm war übrigens genau =  $8\delta$ , siehe Formel (244), indem  $\delta = 1,75 \text{ mm}^*$ ) war.) Das Verdünnen hat nothwendigerweise auch eine Streckung des Seiles zur Folge, die bekanntlich überall beobachtet wird. Um diese für Triebseile einzuschränken, hat Ingenieur Ziegler die künstliche Zusammenpressung der Triebseile vor Auflegung derselben eingeführt. Sie streckt das Seil um 0,71 bis 2,6 Proc. (siehe seine „Erfahrungsergebnisse über Betrieb und Instandhaltung der Drahtseiltriebe“ Winterthur 1871); ihre Zweckmässigkeit ist nach dem Vorstehenden fraglich.

Ferner haben sich nach den bisherigen Beobachtungen die drahtenen oder Metallseelen für laufende Drahtseile nicht bewährt; solche Seile er-

\*) Nicht 1,5 mm, wie Leloutre in seinen „Transmissions und courroies, cordes und cables etc.“ (Paris, Tignol, 1884), voraussetzt.

der Biegungsspannung  $s$  aus der Formel (246) verlangt; vergleiche auch Kapitel XXI.

wiesen sich stets als „zu steif“, mit anderen Worten: sie vertrugen keine Zusammenpressung, ausser etwa derjenigen, welche dem lockeren Schlag zu verdanken war (Drahtseile mit Metallseelen erfuhr auf der Ziegler'schen Seilpresse nur Streckungen von 0,22 bis 1,2 Proz.). Es ist ersichtlich, dass die Hanfseelen oder andere weiche Fütterungen für die Biegsamkeit der Drahtseile so zu sagen unentbehrlich sind, auch dass sie aus möglichst gutem, elastisch nachgiebigem und dauerhaftem Material bestehen müssen, wie auch die Erfahrung bewiesen hat. Letztere hat sodann auch gezeigt, dass an Flaschenzug-, Förder- und Triebseilen, hänfenen, baumwollenen wie drahtenen, sich Abnutzung an den innen gelegenen Theilen der Fasern oder Drähte zeigt, obwohl dieselben mit der Rolle nicht in Berührung kommen. Diese Abnutzung erklärt sich durch die erwähnte Abplattung der Querschnitte, indem bei dieser die inneren Fasern oder Drähte quer übereinander hingleiten müssen. Bestätigt wird dies durch die überall erkannte Zweckmässigkeit oder gar Nothwendigkeit, die Drahtseile zu schmieren, einzufetten, was offenbar dazu dient, die Reibung der innenliegenden Drähte bei der Quergleitung zu vermindern\*).

Bei Drahtseiltrieben hat Ziegler (siehe die angeführte Quelle) häufig und genau beobachtet, dass die eiserne Drahtseele gelegentlich seitlich aus dem Seile herausgedrängt wird, eine deutliche Folge der Zusammenpressung, insbesondere der Abplattung des Seiles bei der Ueberschreitung der Rollen. Rieter und Cie. haben an Baumwollseilen für Spinnereibetrieb mit Anderen die Beobachtung gemacht, „dass sich die Seile immer inwendig durch die Reibung der Litzen aufeinander abnutzen, und dass ein hart gedrehtes Seil in einer kürzeren Zeit untauglich wird, als ein aus gleichviel Fäden weich gedrehtes Seil, obgleich die Festigkeit des letzteren kleiner ist“ (briefliche Mittheilung).

In Anbetracht aller dieser Umstände erscheinen die bis jetzt vorliegenden Versuche über die Steifigkeit als völlig unzureichend. Dass der Umfassungswinkel einen starken Einfluss haben muss, ist einleuchtend, wird auch von der Praxis offenbar durchgeföhlt; denn bei Rampenbahnen steht man nicht an, für kleinwinklige Ablenkungen sehr kleine Leitrollen anzuwenden, während man bei grosswinkligen sich sorgfältig davor hütet. Bei geringem Umfassungswinkel kann nämlich die Zusammenpressbarkeit des Seiles ausreichend sein, um die erforderliche Formänderung an dem gebogenen Seilstück zuzulassen. Bei einer gewissen — noch zu ermittelnden — Grösse von  $\alpha$  mag die Abplattung beginnen, und bei einer anderen wohl ein Maximum erreichen, von wo ab die Steifigkeit unabhängig von  $\alpha$  werden möchte. Weitaus am wichtigsten sind die Versuche an Drahtseilen. Es ist zu erwarten, dass der Ausdruck für  $S$  zweierlei Funktionen von  $\alpha$  enthalten wird, eine für die Zusammenpressung, eine zweite für die Abplattung. Erstere mag bei gepressten und alten Seilen unbedeutend sein, auch allmählich verschwinden, letztere wird u. a. auch dem Einfettungszustande, also dem Reibungskoeffizienten Rechnung tragen müssen.

\*) Die Fabrikanten Felten und Guilleaume liefern eine kreosot- und säurefreie Drahtseilsmiere; für Hanfseile hat sich Vaseline sehr gut bewährt.