

schwingernde Bewegung des Kunstkreuzes hervorrufen. Auch für diese Anordnungen spricht die leichtere Ausführbarkeit, namentlich die Möglichkeit, den Seilen bequem durch Leitrollen beliebige Richtungsänderungen ertheilen und die schwerfällige Construction der Bruchschwingen zc. umgehen zu können. Die Verwendung der Seile und Ketten zur Uebertragung rotirender Bewegungen ist bereits im zweiten Capitel bei den Seil- und Kettenrädern erörtert worden.

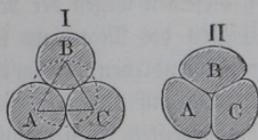
Die bedeutendste Verwendung zu den genannten Zwecken finden die Seile, nur in gewissen Fällen, namentlich für sehr große zu übertragende Kräfte bei schweren Krahnen benutzt man die Ketten. Die Seile werden entweder aus Hanf oder Draht gefertigt und haben namentlich in neuer Zeit die Drahtseile große Verbreitung gefunden.

§. 115. **Hanfseile.** Ehe man Drahtseile anfertigen konnte, bildete der Hanf das ausschließliche Material für Seile, jetzt wendet man Hanfseile fast nur noch für die geringeren Kräfte und da an, wo die Trommeln oder Rollen einen nur geringen Durchmesser haben können, wie bei Flaschenzügen, indem die Drahtseile wegen ihrer größeren Steifigkeit sich nicht ohne beträchtliche Schwächung in scharfen Krümmungen biegen lassen. Das Material zu den Hanfseilen bilden Garnfäden, welche aus dem besten russischen oder elsäffischen Hanf gesponnen sind. Zuweilen verwendet man auch Manillahanf zu Tauwerk, wegen des geringen Gewichtes und der bei abwechselndem Naß- und Trockenwerden desselben größeren Dauerhaftigkeit dieses Materials. Mit Rücksicht auf möglichste Festigkeit sollte man immer nur gut ausgeheckelten Hanf verwenden, aus welchem durch das Hecheln alle kurzen Fasern sowie alle Schäbetheile, die zur Festigkeit des Seiles wenig oder nichts beitragen, auch alle kraftlosen Fasern entfernt sind. Aus den Garnfäden, welche immer nur in geringer Stärke gesponnen werden, erzeugt man durch Zusammendrehen vieler derselben die Seile; doch ist diese Herstellung durch directes Zusammendrehen der Fäden nur für die schwächsten Schnüre, wie Bindfaden zc. möglich, zu deren Darstellung zwei bis drei Garnfäden genügen. Bei allen stärkeren Seilen, die aus vielen Fäden (oft aus mehreren Hundert) hergestellt werden, bildet man immer erst aus einer geringeren Fädenzahl durch Zusammendrehen dünnere Schnüre oder Lizen, von welchen mehrere, meist drei oder vier, durch abermaliges Zusammendrehen erst zu dem Seile vereinigt werden, ja die stärksten Seile, wie z. B. Ankertane, von 0,2 bis 0,5 Meter Umfang*) werden aus drei oder vier solchen Seilen oder Strängen zusammengedreht und führen den Namen abgestücktes Tauwerk.

*) Die Stärke der Seile bestimmt man häufig durch Angabe des Umfanges anstatt des Durchmessers.

Von der Nothwendigkeit dieser stufenweisen Herstellung der Seile überzeugt man sich leicht. Seien A, B, C , Fig. 449 I, die kreisförmigen Querschnitte dreier parallel neben einander liegenden Fäden von gleicher Länge, so wird beim Zusammendrehen derselben jede Fadenaxe sich in Schraubenwindungen anordnen, die man sich auf einem Cylinder liegend denken kann, welcher durch die Schwerpunkte A, B, C der drei Querschnitte geht. Die Steigung einer solchen

Fig. 449.



Schraubenlinie ist durch $\frac{L}{n} = s$ gegeben, unter L die Länge des Stückes nach der Drehung und unter n die Anzahl der dem Stücke mitgetheilten Drehungen verstanden. Die Länge einer solchen Schraubenwindung beträgt nun

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + s^2},$$

wenn d den Durchmesser des Kreises ABC bedeutet. Wenn man nun voraussetzt, daß die beiden Enden des betrachteten Schnurstückes während der Drehung in gleichbleibendem Abstände von einander festgehalten wurden, so daß also die Garnstücke vor der Drehung dieselbe Länge L hatten, welche die Schnur nach der Drehung auch besitzt, so ist es klar, daß während der Drehung den einzelnen Garnfäden eine solche Verlängerung mitgetheilt worden ist, daß jedes ursprünglich gerade Garnstück von der Länge $\frac{L}{n} = s$ durch die Drehung zu einer Länge der Schraubenwindung

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + s^2},$$

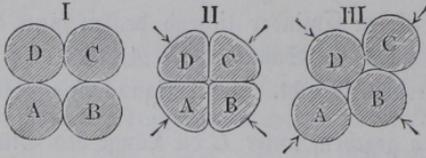
also um

$$l - s = \sqrt{(\pi d)^2 + s^2} - s$$

ausgerekelt worden ist. In Folge dessen muß in jedem Garnstücke eine gewisse Spannung eintreten, woraus wiederum folgt, daß die einzelnen Garne sämmtlich nach innen auf einander pressen. Die Folge davon wird bei den weichen Garnfäden sein, daß die gedrehte Schnur einen durch Fig. 449 II dargestellten Querschnitt annehmen wird. Daß die einzelnen Garnfäden auf einander nach innen pressen, erklärt sich in derselben Weise, wie das Bestreben einer gespannten und aus ihrer geraden Richtung herausgebrachten Saite, sich wieder ihrer Gleichgewichtslage zu nähern. Wenn nun auch bei dem Zusammendrehen der Fäden zu einer Schnur die beiden Endpunkte nicht, wie hier vorausgesetzt wurde, ihren Abstand von einander unverwandelbar behalten, sondern wenn man dieselben in gewissem Grade sich nähern läßt, wodurch also eine Verkürzung des Seiles eintritt, so wird doch immer eine Spannung in den Fadenstücken verbleiben, welche die angegebene Pressung

der Fäden gegen einander erzeugt. Hierauf beruht die verdichtende Wirkung der Zusammendrehung bei allen Spinnprocessen sowohl, wie auch beim Auswringen von Wäsche &c. Denkt man nun statt dreier Fäden vier solche neben einander gelegt, wie Fig. 450 I zeigt, so werden dieselben wegen der Nach-

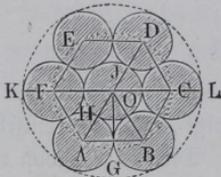
Fig. 450.



giebigkeit des Materials beim Zusammendrehen vermöge ihrer Pressung auf einander die in II angedeutete Querschnittsgestalt annehmen können. Hierzu ist aber erforderlich, daß diese Pressung für alle Fäden gleich stark sei, denn stellt man sich z. B. vor, die Fäden A und C wären weniger stark gespannt als diejenigen B und D, so wird der Querschnitt etwa eine Gestalt, wie III zeigt, annehmen, indem die schwächer gespannten Fäden durch die anderen nach außen gedrückt werden. Eine solche Ungleichheit der Spannung tritt aber ein, sobald die Längen der einzelnen Fäden nicht genau übereinstimmen, und selbst bei gleichen Längen kann die verschiedene Beschaffenheit der Fäden diesen Fehler veranlassen. Abgesehen von der unrunden Form der Schnur würde in solchem Falle auch das Material sehr ungleichmäßig, daher sehr unvortheilhaft zur Wirkung kommen.

Es ist nun leicht ersichtlich, daß bei einer größeren Anzahl von Fäden dieser gedachte Fehler noch viel leichter sich einstellen muß, denn wenn man sich beispielsweise sechs Fäden *ABCDEF*, Fig. 451, vorstellt, so würden die-

Fig. 451.



selben im idealen Zustande, d. h. bei genauer Gleichheit der Länge und sonstigen Beschaffenheit die durch das reguläre Sechseck *ABCDEF* angedeutete Stellung zu einander wohl einnehmen können, doch würde bei der geringsten Verschiedenheit der mehr gespannte Fäden in den inneren Raum hineinschlüpfen und von den anderen unspinnen werden.

Aus diesem Grunde pflegt man daher bei Hanfseilen meistens nur drei und höchstens vier Lizen mit einander zu einem Seile zusammenzudrehen, und bei ganz dicken Tauen daher die oben erwähnte Methode des Abstützens, d. h. des Zusammendrehens von drei oder vier Seilen anzuwenden. Was dagegen die Herstellung der Lizen anbetrifft, so bildet man dieselben meist aus einer größeren Anzahl von Fäden (bis 100 Fäden und mehr) und vermeidet den oben erwähnten Uebelstand dadurch, daß man den mittleren Theil der Lize durch einen besonderen Faden resp. durch eine besondere Schnur oder Lize ausfüllt. Diesen mittleren Theil nennt man Seele. Bei den Hanfseilen wendet man derartige Seelen nur

für die Litzen an, indem man, wie bemerkt, nur drei oder vier Litzen zum Seile vereinigt, bei welcher Zahl die Seele unnöthig ist. Bei Drahtseilen hingegen, bei welchen meist sechs Litzen zusammengedreht werden, bringt man außer in den Litzen auch noch zwischen denselben für das Seil eine Hauptseele an, die oft aus einer besonderen Litze besteht.

Die Stärke der Seele richtet sich nach der Anzahl n und der Dicke d der Fäden, sie darf nicht zu dick sein, um die Fäden nicht von einander getrennt zu halten und auch nicht zu dünn, weil sonst der angegebene Nachtheil der Ungleichmäßigkeit der Litze immer noch, wenn auch in geringerem Grade, eintreten würde. Bezeichnet d_0 den Durchmesser HJ des die sämmtlichen Fädenquerschnitte innerlich berührenden Kreises und $\alpha = AOB = \frac{360^\circ}{n}$ den Mittelpunktswinkel jeden Fadens, so hat man

$$d_0 = 2 OH = 2 (OA - AH) = \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) d.$$

Der Durchmesser $AD = d_1$ des Kreises, in welchem die Schwerpunkte der Fadenquerschnitte liegen, bestimmt sich zu

$$d_1 = d + d_0 = \frac{d}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

und der Durchmesser $KL = d_2$ des äußeren Berührungskreises zu

$$d = d + d_1 = \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) d.$$

Hieraus folgen für verschiedene Größen von n die Werthe:

| | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $n =$ | 4 | 5 | 6 | 8 | 12 |
| $\alpha =$ | 90° | 72° | 60° | 45° | 30° |
| $d_0 =$ | $0,414 d$ | $0,702 d$ | d | $1,613 d$ | $2,863 d$ |

Die Nothwendigkeit der Drehung bei Hanfseilen ist leicht erklärt. Dächte man sich einen Faden durch einfaches Nebeneinanderlegen von parallelen Hanffasern gebildet, so würde derselbe gar keine Festigkeit haben, da bei der geringen Länge (höchstens von 1 Meter) der Fasern dieselben bei einem Zuge, welchem ein längeres Fadenstück ausgesetzt ist, sich lediglich an einander fortschieben würden, ohne daß ihre Zerreißungsfestigkeit in Anspruch genommen würde. Durch die Drehung, welche diesem Fadenstücke indeß beim Spinnen mitgetheilt wird, ordnen sich die Fasern in Schraubenwindungen an, und

üben, wie oben gezeigt, gewisse Pressungen auf einander aus. In Folge dieser Pressungen treten dann Reibungswiderstände zwischen den Fasern auf, welche einem Gleiten der letzteren an einander sich widersetzen. In dem Falle nun, daß die Summe dieser Reibungswiderstände zwischen den Fasern größer ist als deren absolute Festigkeit, findet eher ein Zerreißen der Fasern als ein Fortgleiten derselben an einander statt. Daher ist es für jedes Spinnen die erste Hauptregel, die Fasern so stark zu drehen, daß die gedachte Reibung den Betrag der Festigkeit übersteigt. Es ist natürlich, daß die Größe dieser Drehung, d. h. der Neigungswinkel der besagten Schraubenlinien gegen die Ase des Fadens um so kleiner sein darf, je länger die einzelnen Fasern sind und je größer die Rauigkeit des Materials an sich ist. Die Anzahl n der Drehungen, welche auf ein gewisses Fadenstück von der Länge L kommen, hängt bei einem gewissen Neigungswinkel δ der äußersten schraubenförmigen Faserlagen gegen die Fadenaxe offenbar von dem Durchmesser d des Fadens ab, indem man, unter $s = \frac{L}{n}$ die Steigung dieser Schraube verstanden, die Gleichung

$$\text{tang } \delta = \frac{\pi d}{s}$$

hat. Die für Seile gebräuchlichen Fäden sind meist so stark, daß auf ein Kilogramm eine Länge von 200 bis 250 Meter geht, was einem Durchmesser von etwa 2,2 Millimeter entspricht. Nimmt man nach Kar mar sch für derartige Garne etwa 12 Drehungen pro einen hannoverschen Fuß oder 40 Drehungen pro einen Meter an, also eine Steigung $s = 0,025$ Meter, so ergibt sich für die äußerste Faserschicht eine Neigung der Schraubenlinien gegen die Ase aus $\text{tang } \delta = \frac{3,14 \cdot 2,2}{25} = 0,276$ zu ungefähr 15° .

Dieselben Betrachtungen, welche hier für das Zusammendrehen von Fasern zu einem Faden beim Spinnen angestellt sind, gelten auch hinsichtlich der Vereinigung der Fäden zu Lizen und der Lizen zu Seilen, da diese Operationen im Wesentlichen übereinstimmen. Dabei ist die richtige Größe der Drehung, welche man den Fäden und Lizen ertheilt, von großer Wichtigkeit für die Festigkeit und Dauer der Seile. Bei zu geringer Drehung hat das Seil nicht die genügende Dichtigkeit, Rundung und Glätte, und es würde namentlich die Feuchtigkeit zu leicht in ein zu lose gedrehtes Seil eindringen, und die Dauer desselben dadurch wesentlich beeinträchtigt werden. Mit Rücksicht auf letzteren Punkt pflegt man daher die Seile mit einer klebenden im Wasser unlöslichen Substanz, gewöhnlich Holztheer, zu imprägniren. Neben muß diese Substanz sein, um die Reibung zwischen den Fasern nicht zu verringern und dadurch dieselben zum Gleiten geneigt zu machen. Dabei wird das Seil entweder im fertigen Zustande oder besser schon in den Fäden und

Litzen getheert, und nennt man das Seil warm oder kalt registrirt, je nachdem man die Fäden im warmen Zustande unmittelbar nach dem Durchziehen durch den heißen Theer oder nachdem sie kalt geworden sind, zusammendrehet. In ersterem Falle werden die Seile dichter und steifer als beim Zusammendrehen im kalten Zustande. Durch das Theeren werden die Seile zwar im Allgemeinen in ihrer Festigkeit geschwächt, doch pflegt man nicht nur der Dauerhaftigkeit wegen das Theeren allgemein anzuwenden, sondern auch weil ungetheerte Seile durch Einwirkung der Nässe ebenfalls in hohem Grade an Festigkeit verlieren. So trägt nach Muschenbroek's Versuchen ein ungetheertes Seil, wenn es ganz durchnäßt ist, nur sieben Zehntel der Last, welche es im trocknen Zustande aushält. Durch das Theeren wird das Gewicht der Seile um 10 bis 20 Procent, je nach der Art des Theerens, vergrößert.

Andererseits darf die Drehung der Litzen und des Seiles auch nicht zu groß angenommen werden, weil letzteres sonst zu steif wird und an Biegsamkeit verliert, und weil die Drehung selbst immer mit einer Verminderung der Festigkeit verbunden ist. Erfahrungsmäßig trägt eine Litze oder ein Seil niemals eine so große Last, wie seine einzelnen Fäden zusammen tragen könnten, wenn sie ungedreht parallel neben einander liegen würden. Die Ursachen dieser Erscheinung sind in Folgendem zu suchen. Ist eine Litze aus einer gewissen Anzahl Fäden so zusammendreht, daß auf eine Länge der Litze gleich s eine volle Umdrehung kommt, so liegen sämtliche Fäden in Schraubenlinien von der Steigung s . Der Neigungswinkel δ dieser Schraubenlinien gegen die gerade Ase ist von dem Abstände derselben von der Ase abhängig, und bestimmt sich, wie schon oben bemerkt, durch $\tan \delta = \frac{\pi d}{s}$, wenn d den Durchmesser der Cylinderschicht bedeutet, in welcher der Faden gelegen ist. Die Länge l einer solchen Fadenwindung berechnet sich dabei offenbar durch

$$s = l \cos \delta.$$

Wenn bei dem Zusammendrehen der Fäden die letzteren einer Spannung und in Folge dessen einer Ausdehnung nicht unterworfen sein würden, so müßte durch die Drehung in der Litze eine Verkürzung von l auf s , also um $l - s = l(1 - \cos \delta)$ hervorgebracht werden. Da nun aber die einzelnen Fäden während des Zusammendrehens vermöge ihrer gegenseitigen Pressung einer gewissen Anspannung und Dehnung ausgesetzt sind, so beträgt die Verkürzung in Wirklichkeit weniger als der obige Ausdruck ergibt. So z. B. ergaben die 142 Klaster langen Litzen*) eines Seiles bei einem Zusammendrehen bis zum Winkel $\delta = 40^\circ$ eine nachherige Seillänge von

*) S. Prechtl, Technolog. Encyclopädie. Bd. 14, S. 480.

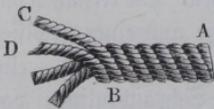
118 Klafter, oder eine Verkürzung um $\frac{24}{142} = 16,9$ Procent, während der Ausdruck

$$l (1 - \cos 40^\circ) = 0,234 l$$

über 23 Procent ergibt. Diese geringere Verkürzung ist der Ausdehnung zuzuschreiben, welche die Fasern beim Zusammendrehen annehmen. In Folge davon muß natürlich die Festigkeit des Seiles verringert werden, da die Fasern schon von vornherein ohne Belastung einer bestimmten Anspannung ausgesetzt sind, welche um so größer sein muß, je größer der Drehungswinkel δ ist. Aus obigen Gründen pflegt man den Drehungswinkel der Litzen und Seile in der Praxis meist zwischen 30 und 40° anzunehmen.

Hieraus erklärt sich auch die bei der Herstellung der Seile allgemein beobachtete Regel, bei den auf einander erfolgenden Zusammendrehungen der Fasern zu Fäden, der Fäden zu Litzen und der Litzen zu Seilen stets jede folgende Drehung in der der vorhergehenden Drehung entgegengesetzten Richtung vorzunehmen. So giebt man fast allgemein den Fasern in den Fäden rechtsgängige, den Fäden in den Litzen *BC*, Fig. 452, linksgängige und den

Fig. 452.



Litzen in den Seilen *AB* wieder rechtsgängige Schraubenwindungen. Wollte man z. B. die Litzen eben so wie die Fäden rechts drehen, so würden sich die Wirkungen beider Operationen in den Fäden summieren, wodurch die letzteren nicht nur sehr drall und steif, daher die Litzen sehr wenig biegsam ausfallen

müßten, sondern wobei auch das Material wesentlich an Festigkeit verlieren würde. In Folge dieser entgegengesetzten Drehungsrichtungen wird allerdings bei jeder Operation die Wirkung der vorherigen zum Theil wieder aufgehoben. Denkt man z. B. einem gewissen Fadenstücke n_1 Drehungen nach rechts beim Spinnen ertheilt, und erhält dasselbe nachher bei der Litzenbildung n_2 linke Drehungen, so verbleiben in ihm nur noch $n_2 - n_1$ rechte Windungen. Vielfach begnügt man sich hiermit, da die Anzahl von Drehungen, die auf eine gewisse Länge entfallen, bei jeder folgenden Operation doch immer kleiner ist, als bei der vorhergehenden, also $n_2 < n_1$ ist. Zuweilen aber, wenn die mit der erwähnten Zurückdrehung der Fäden unvermeidliche Auslockerung derselben mit der beabsichtigten Dichtigkeit des Tauwerkes unträglich ist, bedient man sich des Mittels, während der Zusammendrehung der Fäden zu Litzen nach links gleichzeitig den Fäden eine nachträgliche rechte Drehung, Draht, zu ertheilen, um jene aufdrehende Wirkung bei Bildung der Litzen ganz oder theilweise aufzuheben. Ein ähnlicher Vorgang findet, wie unten gezeigt werden wird, bei der Herstellung der Drahtseile, wenn auch aus anderen Gründen, immer statt. Die Nothwendigkeit, jede folgende Zusammendrehung in der der vorhergehenden entgegengesetzten Richtung vorzu-

nehmen, ergibt sich auch schon aus der Rücksicht auf eine haltbare Vereinigung der einzelnen Bestandtheile, welche letzteren bei stets nach derselben Richtung erfolgendem Zusammendrehen ein starkes Bestreben zeigen müßten, sich wieder aufzuwinden.

Es ist noch ein anderer Umstand hier anzuführen, welcher eine wesentliche Verschwächung der Seile in Folge des Zusammendrehens derselben veranlaßt. Die oben erwähnte Spannung findet natürlich nicht bei allen Fäden in gleicher Art statt, da sie mit dem Neigungswinkel der schraubenförmigen Windungen der Fäden im Zusammenhange steht. Während die im Umfange einer Ritz liegenden Fäden bei der Drehung Schraubenlinien von großem Neigungswinkel bilden, also dadurch einer wesentlichen Anspannung unterworfen sind, wird der Neigungswinkel der Fadenwindungen nach dem Innern der Ritz kleiner und kleiner werden, wie aus dem Werthe für $\delta \text{ tang } \delta = \frac{\pi d}{s}$ hervorgeht. In Folge dessen werden die Fäden um so weniger ange-
spannt werden, je mehr sie nach dem Innern der Ritz hin gelegen sind; die mittleren Fäden werden sogar in gewissem Grade schlaff liegen, wie daraus hervorgeht, daß die Fäden sämmtlich vor dem Zusammendrehen für jede Windung die gleiche Länge l hatten, welche sich auf die Länge der Ritz s zusammenzieht. Denkt man nun das Seil einer gewissen Belastung ausgesetzt, so tragen die mittleren schlaff liegenden Fäden zuvörderst nicht mit und die Belastung vertheilt sich daher nur auf die schon gespannten Fäden, wobei es denn eintreten kann, daß die äußersten Fäden schon zum Bruche kommen, während die inneren nur wenig oder gar nicht angestrengt sind. An diesem Fehler leiden alle nach der älteren Art durch Handarbeit hergestellten Seile, bei welchen alle einzelnen Fäden von derselben Länge genommen werden. Wollte man diesem Uebelstande dadurch abhelfen, daß man die inneren Fäden von vornherein um so viel kürzer machen wollte, daß alle einzelnen Fäden gleichmäßig straff gespannt sind, also auch alle Fäden von vornherein am Tragen der Last sich theilhaben müßten, so würde man in den entgegengesetzten Fehler verfallen, daß nämlich die inneren Fasern zuerst brechen müßten, ohne daß die äußeren zu entsprechender Wirksamkeit gelangten. Es ist nämlich ebenso ersichtlich, daß bei einer durch die angehängte Last hervorgerufenen Ausdehnung des Seiles die inneren, ganz oder fast ganz gerade liegenden Fäden nur vermöge einer elastischen Ausdehnung folgen können. Dagegen können die äußeren in Schraubenlinien gelegenen Fäden vermöge dieser Gestalt sich verlängern, ohne daß sie in sich gereckt werden, denn wenn in Folge des Zuges das Seil sich ein wenig verdünnt, werden die Schraubenlinien schlanker, und erfordert eine Umwindung nicht mehr dieselbe Länge wie vorher. Die Folge einer solcher Anordnung würde daher sein, daß die inneren Fäden zuerst zum Bruche gelangen müßten; ein Uebelstand, welcher darum noch bedenklicher

wäre, als der erstgedachte, weil sich das Reißen der inneren Fasern der Beobachtung gänzlich entzieht.

Seitdem man zur Herstellung des Tauwerkes sich der Maschinen bedient, hat man diesen hier erörterten Umständen sorgfältig Rechnung getragen und dem entsprechend die nachstehenden Grundsätze befolgt*). Die Fäden einer Lige werden in concentrischen Schichten angeordnet, und zwar wird für jede derselben genau diejenige Fadenzahl angewendet, welche ihrem Umfange entspricht. Die Längen der den einzelnen Schichten entsprechenden Fäden sind verschieden, und zwar von außen nach innen allmählig abnehmend. Die Längen der Fäden in den einzelnen Schichten sind aber nicht so bestimmt, daß alle Fäden von vornherein gleiche Spannung haben, sondern so, daß die den Fäden eigene Spannung von außen nach innen abnimmt. Wenn daher in Folge einer Belastung eine Verlängerung des Seiles eintritt, so wird die Spannung in den nach innen gelegenen Fäden in dem Maße mehr zunehmen, als ihrer schlankeren Schraubengestalt die Fügigkeit abgeht, durch Verkleinerung des Neigungswinkels die Verlängerung zu ermöglichen. Auf solche Art ist es erreichbar, daß bei der größten noch zulässigen Belastung des Seils sämtliche Fasern nahezu gleichmäßig angestrengt werden. Erreicht wird dieser Zweck dadurch, daß man die Fadenzahlen aller einzelnen Schichten entsprechend einem gewissen Drehungswinkel δ_1 der äußersten Schicht berechnet, welcher kleiner ist als der Drehungswinkel δ der äußersten Schicht in dem fertigen Seile. Wird nun das Zusammendrehen bis zu diesem Winkel δ_1 , für welchen man etwa 27° annehmen kann, vorgenommen, so haben sämtliche Fäden die gleiche Spannung, da jeder in der seiner speciellen Schraubenslinie zukommenden Länge verbraucht worden ist. Wenn man alsdann dem Seile noch eine Nachdrehung ertheilt, so daß die äußersten Fäden den schließlichen Neigungswinkel δ von etwa 36° mit der Ase bilden, so werden hierdurch die Fäden sämtlich eine Spannungszunahme erhalten, die um so größer ist, je weiter dieselben nach außen gelegen sind. Die Versuche, welche man mit diesen sogenannten patentgeschlagenen Tauen gemacht hat, haben eine beträchtlich größere Festigkeit ergeben, als die durch Handarbeit nach der früheren Manier hergestellten sie zeigten.

§. 116. **Tragkraft der Hanfseile.** Die Tragkraft eines Hanfseiles hängt nicht allein von der materiellen Beschaffenheit und dem Querschnitte desselben, sondern nach dem Vorhergehenden von der Art der Herstellung und von der Stärke der Drehung ab. Wie sehr ein Seil durch eine starke Drehung an Festigkeit verliert, zeigt folgender Versuch von Muschenbroek: Ein Seil,

*) S. Prechtl, Technolog. Encyclopädie. Bd. 14, S. 582.