E. Zusammenbinden, Nähen und Falzen.

Prinzip der Befestigung durch Zusammenbinden, Nähen und Falzen.

§ 53. Das Prinzip der Befestigung durch Zusammenbinden, Nähen und Falzen besteht darin, dafs man die Körper, welche aneinander befestigt werden oder welche die Befestigung vermitteln sollen, durch eigenthümliche Verschlingung und Zusammenbiegung ihrer Theile so aneinander fügt, dafs der auf Trennung und Verschiebung wirkende Druck theils durch die Reibung der ineinander geschlungenen Theile, theils durch die Festigkeit der Materialien aufgehoben wird.

Es setzt diese Art der Befestigung also zunächst biegsame Körper voraus, die sich eben verschlingen lassen; sie findet daher vorzugsweise bei Fäden, Drähten, Schnüren, Seilen, Tauen, aber auch bei biegsamen Blechen, Riemen und Zeugen Anwendung. Die Fähigkeit, sich zusammenbiegen und verschlingen zu lassen, ist dieser Art von Körpern eigenthümlich, und wird gewöhnlich nur secundär zur festen Verbindung anderer Körper benutzt, indem man durch Umlegen, oder Anlegen und Zusammenschlingen solcher biegsamen Körper andere starre Körper so mit einander vereinigt, dafs sie keine oder nur eine begränzte relative Bewegung gegen einander annehmen können, ohne die Befestigung jener Körper zu zerstören.

Es würde hierher dem Prinzip nach auch noch das Zusammendrehen, Flechten, Weben etc. gehören, wenn diese Operationen nicht vielmehr eigenthümliche Arten der Verarbeitung biegsamer Körper behufs der Fabrikation von Stoffen darstellten, und aufserdem als besondere Befestigungsmittel im Maschinenbau gar keine, oder nur sehr untergeordnete Anwendung fänden.

Wenn man zwei, an einander zu befestigende Körper mit einem dritten, biegsamen Körper umschliefst und dessen Enden unmittelbar so ineinander schlingt, dafs durch den, auf diese Vereinigung wirkenden Druck eine Reibung der einzelnen Theile gegen einander entsteht, welche gröfser als dieser Druck, oft auch gröfser als die Festigkeit des Körpers selbst ist, so nennt man die Operation Zusammenbinden (fr. *lier* — engl. *bind*).

Wenn man dagegen die beiden, aneinander zu befestigenden Körper durchlocht, und einen dritten, biegsamen Körper durch die Oeffnungen schlingt, so dafs eine Trennung jener Körper nicht möglich ist ohne Zerstörung derselben, oder dieses dritten Körpers, so nennt man die Befestigung Zusammennähen (fr. *coudre* — engl. *sew*).

Das Falzen endlich (fr. *replier, agrafer* — engl. *folding*) ist eine Befestigungsart, welche dem biegsamen Blech eigenthümlich ist, und in dem Umbiegen, ineinander Schieben und Zusammenhämmern der Blechränder besteht.

a) Zusammenbinden.

Verschiedene Arten von Seilen und Tauen.

§ 54. Das Zusammenbinden als Befestigungsmittel kommt meistens nur bei Schnüren, Seilen und Tauen vor. Es wird, bevor wir auf diese Befestigung selbst eingehen, angemessen sein, Einiges über die Beschaffenheit dieser Körper selbst zu sagen.

Die im Maschinenbau vorkommenden Seile sind entweder Hanfseile (fr. *cordes, cordages de chanvre* — engl. *cordes, ropes, cables of hemp*), welche von Hanf entweder aus der Hand, oder mit Maschinen gesponnen und gedreht sind, oder es sind Drahtseile (fr. *cordes en fils de fer* — engl. *cables of iron-wire*). Aehnliche Zwecke wie die Seile erfüllen die eisernen Ketten (fr. *chaînes* — engl. *chains, iron-cables*), welche hier gleichzeitig besprochen werden sollen.

1) Hanfseile.

Konstruktion der Hanfseile.

§ 55. Die Hanfseile bestehen aus einzelnen Litzen oder Schäften (fr. *torons* — engl. *strands*), gewöhnlich drei bis vier (daher dreischäftiges, vierschäftiges Seil). Diese Litzen sind wiederum aus einzelnen Schnüren, Fäden oder Garnen (fr. *fils* — engl. *yarn*) zusammengesetzt; welche ihrerseits aus den gehörig gehechelten und vorbereiteten Hanffasern zusammengedreht sind. Die Zahl der einzelnen Garne, aus denen eine Litze besteht, ist nach der Stärke des Seils verschieden; es sind deren bei den schwächern Seilen acht, bei den stärksten sechzig. Die Fäden werden so stark ausgesponnen, dafs eine Länge von 300 bis 400 Fufs etwa ein Pfund wiegt.

Starke Taue bestehen wieder aus drei bis vier einzelnen Seilen, welche in ähnlicher Weise, wie die Litzen zu einem Seil, durch Zusammendrehen zu einem Tau vereinigt (abgestückt) werden.

Es ist Regel, dafs die Drehungsrichtungen der Seile und ihrer Litzen, und der Litzen und ihrer Fäden entgegengesetzt
Taf. 7. Fig. 6. seien (Taf. 7. Fig. 6). Die Lage der Fasern in den Garnen bil-

det nämlich Schraubengänge, ebenso die Lage der Garne in den Litzen, und der Litzen in den Seilen. Ist nun die Drehung der Seile von links nach rechts, d. h. bilden die Litzen im Seil ein Rechts-Gewinde (§ 33 S. 58), so müssen die Fäden in der Litze als Links-Gewinde, die Fasern in den Fäden wieder als Rechts-Gewinde liegen.

Im Allgemeinen werden alle diese einzelnen Theile mehrfache Schrauben darstellen, aber nur der letzte Bestandtheil, also die Litzen werden, wenn das Seil ausgespannt ist, ein cylindrisches drei bis viergängiges Schraubengewinde bilden.

Die Spirale dieses Schraubengewindes, welche den gröfsten Abstand von der Axe hat, wird auch eine gröfsere Länge haben müssen, als diejenige, welche der Schraubenaxe zunächst liegt (§ 29 und 33); es folgt hieraus, dafs bei dem Zusammendrehen der Litzen zu den Seilen die Theile der Litzen, welche an der äufsern Peripherie des Seils liegen, stärker ausgereckt werden, als diejenigen, welche der Mitte näher sind, und dafs der Unterschied zwischen den Dehnungen der einzelnen Theile der Litze um so beträchtlicher wird, je gröfser der Halbmesser der äufsern Spirale im Verhältnifs zu demjenigen der innern ist. Eine ähnliche Betrachtung gilt für die Herstellung der Litzen und der Garne.

Es ist denkbar, dafs der Unterschied in der Länge der einzelnen Theile einer Litze etc. vermöge jener Dehnung so grofs werden kann, dafs die Spannung, welche erforderlich ist, um die Litze an dem einen Rande bis zu der beabsichtigten Länge auszurecken, gröfser ist, als die Festigkeit; dafs also vermöge des blofsen Zusammendrehens ein Seil dadurch bricht, dafs die äufsersten Fasern zerreifsen. In jedem Falle aber wird durch das Zusammendrehen, und durch das, hierdurch bewirkte Ausrecken der Litzen immer ein bestimmter Theil der Widerstandsfähigkeit der Fasern in Anspruch genommen, und um eben diesen Theil mufs die Belastungsfähigkeit des Seils geringer werden. Dieser Theil ist demnach um so gröfser, die Tragfähigkeit des Seils also verhältnifsmäfsig um so geringer, je mehr die Fasern ausgereckt, d. h. je gröfser der Unterschied ist zwischen den Längen der einzelnen Spiralen, welche in einer Litze gedacht werden können.

Es wird also für die Haltbarkeit der Seile wesentlich darauf ankommen, den Unterschied in den Längen der einzelnen Faserschichten, welcher durch das Zusammendrehen herbeigeführt wird, möglichst klein zu machen. Nennen wir den Durchmesser der innersten Spirale eines Seils, einer Litze oder eines Fadens d', den Durchmesser der äufsersten Spirale d, und die Steigung beider Spiralen für eine Umdrehung h, endlich den Unterschied beider Durchmesser, welcher gewöhnlich von der Dicke der Litze oder des Fadens abhängig ist, $d-d'=2q$, so ergiebt sich leicht der Unterschied in der Länge der äufsersten und der innersten Faserschicht nach dem Zusammendrehen, wenn wir uns nach § 44 S. 85 die Spiralen abgewickelt denken:

$$\sqrt{(\pi^2 d^2 + h^2)} - \sqrt{(\pi^2 d'^2 + h^2)}$$
$$\sqrt{(\pi^2 d^2 + h^2)} - \sqrt{(\pi^2 (d-2q)^2 + h^2)}$$
$$\sqrt{(\pi^2 d^2 + h^2)} - \sqrt{[\pi^2 d^2 + h^2 + 4\pi^2 (q^2 - qd)]}.$$

Dier Unterschied wird hiernach um so kleiner, je gröfser $q^2 - qd$ ist; er wird am gröfsten, wenn $q^2 - qd$ ein Minimum, d. h. $q = \frac{1}{2} d$ ist. In diesem Falle ist $d' = d - 2q = 0$. Um nun den Unterschied in den Längen der Spiralen möglichst klein zu machen, mufs man $q^2 - qd$ möglichst grofs, d. h. q entweder grösser oder kleiner als $\frac{1}{2}d$ machen. Da im erstern Falle d' negativ werden müfste, was nicht möglich ist, so bleibt nichts übrig, als q kleiner als $\frac{1}{2}d$, oder $\frac{q}{d}$ kleiner als $\frac{1}{2}$ und zwar möglichst klein zu machen. Da aber $\frac{q}{d} = \frac{\frac{1}{2}(d-d')}{d} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\frac{d'}{d}$ ist, so wird $\frac{q}{d}$ auch um so kleiner, je gröfser $\frac{d'}{d}$, d. h. je gröfser das Verhältnifs des innern Durchmessers des Seils zum äufsern ist.

Aus dieser Darstellung folgt unmittelbar in Bezug auf die Festigkeit der Seile, dafs man, um eine möglichst geringe Spannungs-Differenz in den einzelnen Seil-Elementen, also auch einen möglichst geringen Verlust an Festigkeit bei dem Zusammendrehen zu erlangen,

1) bei gegebenem äufsern Durchmesser (d), die Stärke (q) der einzelnen Litzen und Fäden möglichst gering, folglich ihre Anzahl möglichst grofs nehmen müsse;
2) bei gegebener Stärke der Litzen und Fäden (q) den innern Durchmesser des Seils (d') möglichst grofs zu nehmen habe.

Früher konstruirte man die Seile ausschliefslich in der Weise, dafs man die einzelnen Elemente unmittelbar so zusammendrehte, dafs sich die innern Spiralen berührten, dafs also der innere Durchmesser des Seils (d') gleich Null wurde, oder dafs der Kern des Schraubengewindes, welches die einzelnen Seil-Elemente darstellten, eine Linie bildete. Dies ist, wie wir oben gesehen, der Fall, wo der Unterschied der Dehnungen der Seil-Elemente den gröfsten Werth ($q^2 - qd$ den kleinsten Werth) hat, also der ungünstigste Fall.

Es war daher ein wesentlicher Fortschritt in der Fabrikation der Seile, als man den innern Durchmesser der Seile vergröfserte, und die einzelnen Litzen um einen materiell dargestellten Kern als Schraubengewinde herumwand. Ein solcher Kern von dem Durchmesser d' heifst eine Seele, und besteht gewöhnlich aus einer Hanflitze oder aus einem Hanfseil, welches, ohne eine Drehung und Ausreckung zu erleiden, in seiner ursprünglichen Länge die innere Höhlung des Seiles ausfüllt. So konstruirte Seile sind bekannt unter dem Namen **Patentseile.**

Endlich hat man noch die Drehung der Litzen ganz aufgegeben, dieselben parallel neben einander gelegt, und durch Bänder oder durch Zusammenflechten aneinander befestigt (Bündelseile). Allein diese Anordnung hat den Nachtheil, dafs entweder die cylindrische Form der Seile verloren geht, oder dafs diese Seile sich nicht gut über Rollen legen lassen, insofern hierbei die äufsersten Litzen eine gröfsere Ausdehnung, als die innern erleiden; ein Uebelstand, welcher sich bei gedrehten Seilen besser ausgleicht.

Da stark gedrehte Seile, nach dem eben Gesagten, eine geringere Tragfähigkeit haben müssen, als solche, bei welchen die Fasern nicht so stark ausgereckt sind, so erklärt es sich auch leicht, weshalb nasse Seile, und getheerte Seile weniger stark sind, als trockne oder ungetheerte (weifse) Seile, wenn man erwägt, dafs die Hanffasern durch das Eindringen der Flüssigkeit anschwellen, dicker, aber kürzer werden. Man rechnet, dafs die Widerstandsfähigkeit nasser und getheerter Seile nur etwa 0,75 derjenigen trockner Seile betrage.

Die Litzen starker Seile sind gewöhnlich von gröfserm Durchmesser, als diejenigen schwacher Seile. Es ergiebt sich daher aus der obigen Darstellung ferner, dafs, wenn bei stärkern Seilen q verhältnifsmäfsig gröfser ist als bei schwächern, auch die Festigkeit stärkerer Seile verhältnifsmäfsig, d. h. pro Quadratzoll Querschnitt, oder nach der Festigkeit der dazu verwendeten Hanffasern berechnet, geringer sein müsse, als diejenige schwächerer Seile. Gleichwohl läfst sich leicht übersehen, dafs, wenn man ein starkes Seil mit verhältnifsmäfsig grofser Seele, und geringer Litzenstärke konstruirt, die Festigkeit desselben verhältnifsmäfsig gröfser sein könne, als diejenige dünnerer Seile.

Berechnung der Hanfseile.

§ 56. Wenn die Konstruktion eines Seils vollständig gegeben ist, so würde man die Zunahme der Spannung von der Seele nach der äufsern Peripherie hin, also die Abnahme der Tragfähigkeit in den einzelnen Elementen des Querschnitts ermitteln, und daraus durch Integration oder durch ein Näherungsverfahren die Tragfähigkeit des ganzen Seils bestimmen können.

Diese Rechnung, obwohl theoretisch die richtigere, ist jedoch für die Praxis zu umständlich; man begnügt sich mit Durchschnittswerthen, die auf praktischen Erfahrungen beruhen, und kann dies um so mehr, als man mit der Belastung, welche man dem Seil zu tragen giebt, immer noch weit innerhalb der Grenze seiner absoluten Festigkeit bleibt, und nur etwa bis zu $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ desjenigen Werthes geht, welcher ein Zerreifsen des Seils bedingen würde.

Ueber die absolute Festigkeit der Seile und Taue von verschiedener Dicke, d. h. über die Belastung, unter welcher ein Zerreifsen derselben eintritt, liegen mehrere Versuche vor*). Dieselbe ist abhängig:

1) von der Güte des Materials,

2) von der Sorgfalt, welche auf das Hecheln verwandt worden ist,

3) von der Feinheit des verwendeten Garns,

4) von der Gröfse des Drehungswinkels. Unter dem Drehungswinkel eines Seils versteht man den Komplementwinkel des Neigungswinkels der Spirale, welche das Seil bildet. Dieser Drehungswinkel beträgt:

in den Garnen	. . .	41 bis 51 Grad,
„ „ Litzen	. . .	52 bis 54 „
„ „ Seilen	. . .	45 bis 52 „
„ „ Tauen	. . . .	52 bis 54 „

5) von der Verfertigungsart, ob es gewöhnliche oder Patent-Taue sind,

6) von der Theerung, ob das ganze Seil nach vollendeter Arbeit getheert ist (kalt registrirt), oder ob die einzel-

*) Prechtl's technologische Encyklopädie Band XIV. S. 527 u. f.

nen Garne getheert, und vor dem Erkalten zusammengedreht sind (warm registrirt),

7) von der Trockenheit der Seile und Taue,

8) von der Dicke derselben.

Die Beurtheilung, welchen allgemeinen Einfluſs diese verschiedenen Bedingungen auf die Festigkeit des Seils haben, ergiebt sich leicht aus dem vorigen Paragraphen.

Es ist üblich, die Seilstärke nicht nach dem Durchmesser, sondern nach dem Umfange anzugeben, wenn es sich um Bestimmung der Festigkeit handelt, allein, da diese Bestimmungsart nichts als das Herkommen für sich hat, im Uebrigen aber unbequem und nicht anschaulich ist, so gehen wir hier davon ab, und nehmen lieber den Durchmesser des Seils als Einheit an.

Die absolute Festigkeit der Seile und Taue, welche nach der gewöhnlichen Art fabrizirt sind, beträgt durchschnittlich:

bei Seilen von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser = 10000 Pfund,
„ Tauen von 3 „ „ = 8000 „
pro □Zoll Querschnitt.

Nimmt man der Einfachheit der Rechnung wegen die Belastung, welche ein Seil mit Sicherheit auf die Dauer tragen kann, bei schwächern Seilen circa $\frac{1}{6}$, bei stärkern $\frac{1}{5}$ derjenigen, welche das Zerreifsen herbeiführen würde (S. 122), so kann man mit hinreichender Sicherheit durchschnittlich:

den Quadratzoll des Querschnitts eines ungetheerten Seils mit 1600 Pfund belasten.

Bezeichnet also:

d den Durchmesser eines Seils in Zollen,
P die Belastung, welche dasselbe mit Sicherheit tragen soll,

so hat man

$$P = \tfrac{1}{4}\pi d^2 \,.\, 1600,$$
$$\boldsymbol{d = 0{,}028\sqrt{P}}.$$

($d = 0{,}107\sqrt{P}$, *wenn d in Centimètres, P in Kilogrammes*) *).

---

*) Redtenbacher giebt in seinen Resultaten für den Maschinenbau (§ 59) ziemlich übereinstimmend:

$$d = 0{,}113\sqrt{P},$$

wenn d in Centimètres, P in Kilogrammes.

Es ist also beiläufig

der Durchmesser eines Seils, welches die Last P mit Sicherheit tragen kann, fast eben so grofs als derjenige eines Bolzens in preufs. Zollen (§ 44 S. 91), durch welchen derselbe Druck P in der Längenrichtung der Spindel ausgeübt werden soll.

Man findet andrerseits die Tragfähigkeit eines Seils von dem Durchmesser d:

$$\boldsymbol{P = 1256\,d^2}$$

$(P = 85{,}78\,d^2$, *wenn P in Kilogrammes, d in Centimètres).*

Für nasse und getheerte Seile hat man die zulässige Belastung pro □Zoll Querschnitt nur $\frac{3}{4} \cdot 1600 = 1200$ Pfund, und daher

$$\boldsymbol{d = 0{,}033\sqrt{P},}$$
$$\boldsymbol{P = 942\,d^2.}$$

$(d = 0{,}126\sqrt{P}$, $P = 64{,}34\,d^2$, *wenn d in Centimètr., P in Kilogr.)*

Diese Bestimmungen gelten für Seile, welche gewöhnlich bewegt werden, also über Rollen laufen; wenn die Last aber nur einfach an dem Seil aufgehängt ist, so kann man für das Seil eine gröfsere Tragfähigkeit als zulässig annehmen. Man pflegt im ersten Falle die Seile „laufende", im letzten „stehende" Seile zu nennen, und rechnet, dafs ein stehendes Seil nur $\frac{3}{4}$ so stark zu sein brauche, als ein laufendes, wenn beide dieselbe Belastung zu tragen haben. Hiernach ist für **stehende Seile:**

trocken	nafs oder getheert
$\boldsymbol{d = 0{,}021\sqrt{P},}$	$\boldsymbol{d = 0{,}024\sqrt{P},}$
$\boldsymbol{P = 2268\,d^2}$	$\boldsymbol{P = 1736\,d^2,}$
$d = 0{,}080\sqrt{P}$	$d = 0{,}092\sqrt{P},$
$P = 154{,}90\,d^2$	$P = 118{,}57\,d^2,$

(wenn d in Centimètres, P in Kilogrammes).

Die Gewichte der Seile für den laufenden Fufs verhalten sich offenbar wie die Querschnitte, oder wie die Quadrate der Durchmesser, wenn man näherungsweise annimmt, dafs die Seile immer von derselben Dichtigkeit sind. Nun wiegt der laufende Fufs eines

weifsen Seils . von 1 Zoll Durchmesser 0,3 Pfund,
getheerten Seils von 1 Zoll „ 0,36 „

man hat daher für eine Seilstärke von d Zoll **das Gewicht eines laufenden Fufses**

weiſser Seile . . . . . . $0{,}3\,d^2$,
getheerter Seile . . . . $0{,}36\,d^2$.
(Das Gewicht eines laufenden Mètres in Kilogrammes
weiſser Seile . . . . . . $= 0{,}065\,d^2$,
getheerter Seile . . . . . $= 0{,}078\,d^2$,
wenn d in Centimètres).

Das Pfund weiſser Seile von 1 bis 2 Zoll Durchmesser kostet in Berlin 5 bis $6\frac{1}{4}$ Silbergroschen.

Hiernach ist folgende Tabelle berechnet worden:

VI. Tabelle
über das Gewicht und die Tragfähigkeit laufender Seile.

Durchmesser des Seils in Linien	Gewicht von 10 Fuſs Länge des Seils in Pfunden: getheert	ungetheert	Belastung, welche das Seil mit Sicherheit tragen kann, in Pfunden: getheert	ungetheert
1	0,025	0,021	7	10
2	0,10	0,083	30	40
3	0,22	0,18	60	80
4	0,40	0,33	100	140
5	0,63	0,53	170	220
6	0,90	0,75	240	320
7	1,22	1,02	320	430
8	1,60	1,33	420	560
9	2,02	1,68	520	700
10	2,52	2,10	680	900
11	3,03	2,53	830	1100
12	3,60	3,00	980	1300
13	4,85	4,05	1120	1500
14	4,93	4,11	1300	1700
15	5,62	4,69	1500	2000
16	6,40	5,33	1700	2250
17	7,20	6,00	1900	2500
18	8,14	6,79	2100	2800
19	9,05	7,55	2350	3150
20	10,00	8,33	2600	3500
21	11,07	9,23	2850	3850
22	12,19	10,16	3150	4200
23	13,33	11,11	3450	4600

Durchmesser des Seils in Linien	Gewicht von 10 Fuſs Länge des Seils in Pfunden:		Belastung, welche das Seil mit Sicherheit tragen kann, in Pfunden:	
	getheert	ungetheert	getheert	ungetheert
24	14,40	12,00	3750	5000
25	15,62	13,02	4050	5400
26	16,90	14,10	4400	5850
27	18,22	15,18	4750	6350
28	19,60	16,34	5150	6850
29	21,02	17,52	5500	7350
30	22,50	18,75	5900	7850
31	24,02	20,02	6300	8400
32	25,60	21,84	6700	8950
33	27,22	22,69	7150	9500
34	28,20	23,50	7500	10000
35	30,62	25,52	7950	10600
36	32,40	27,00	8400	11200

Diese Tabelle giebt in abgerundeten Zahlen die Tragfähigkeit der Seile von 1 bis 36 Linien im Durchmesser. Es folgt aus dem Frühern, daſs für die schwächern Seile bei Aufstellung dieser Tabelle eine gröſsere Sicherheit angenommen worden ist, als für die stärkern. Will man für alle Fälle die Seile in gleicher Weise, etwa mit $\frac{1}{5}$ desjenigen Druckes in Anspruch nehmen, bei welchem sie zerreiſsen, so kann man die in der Tabelle enthaltenen Zahlen, welche die Belastung angeben, noch multipliziren:

für Seile von 1 Linie bis 6 Linien, Durchmesser mit 2,25
" " " 6 " " 12 " " " 2,00
" " " 12 " " 18 " " " 1,75
" " " 18 " " 24 " " " 1,50
" " " 24 " " 30 " " " 1,25
" " " 30 " " 36 " " " 1,00.

2) Drahtseile.

Konstruktion der Drahtseile.

§ 57. Die Drahtseile haben eine ganz ähnliche Konstruktion, wie die Hanfseile, d. h. die einzelnen Drähte werden zu Litzen, und diese zu Seilen zusammengedreht. Jedoch ist die

Drehung hier gewöhnlich geringer, als bei den Hanfseilen; der Drehungswinkel beträgt nämlich:

für die Drähte in den Litzen 8 bis 15°,
„ „ Litzen in den Seilen . 10 bis 25°.

Für die Drahtseile wählt man jetzt fast ausschliefslich die Konstruktion der Patenttaue (§ 55), indem man die Seelen, sowohl in den Litzen als in den Seilen durch Hanfschnüre ausfüllt, um welche sich dann die Drähte und Litzen als Schraubengewinde umlegen.

Die hier erwähnte Konstruktion wird vorzugsweise für Drahtseile gewählt, welche über Rollen gehen müssen (laufende Seile), also z. B. für solche, welche zum Betrieb der geneigten Ebenen auf Eisenbahnen, oder der Förder-Maschinen in Bergwerken dienen. Wenn dagegen die Seile stehend sind, wie man dergleichen z. B. bei Hängebrücken anwendet, so zieht man die Bündelseile vor, welche in einem Bündel neben einander gelegter Drähte bestehen, die von Zeit zu Zeit durch umgewickelte Drähte zusammengebunden sind.

Die Litzen der gedrehten Seile bestehen aus drei, vier, auch wohl aus sechs Drähten, und jedes Seil aus drei, vier, auch wohl aus sechs Litzen, deren Gruppirung die nachstehend bezeichneten Figuren darstellen (Taf. 7. Fig. 7 bis 13), sämmtlich in natürlicher Gröfse. Taf. 7. Fig. 7 bis 13.

Taf. 7. Fig. 7. Ein Bündelseil aus 19 Drähten.

Taf. 7. Fig. 8. Eine vierdrähtige Litze.

Taf. 7. Fig. 9. Eine sechsdrähtige Litze.

Taf. 7. Fig. 10. Ein Drahtseil aus sechs Litzen, jede von drei Drähten, im Ganzen also von 18 Drähten.

Taf. 7. Fig. 11. Ein anderes Drahtseil von 18 Drähten, welche aber in drei Litzen, jede von 6 Drähten gruppirt sind.

Taf. 7. Fig. 12. Ein Drahtseil aus 16 Drähten in vier Litzen, jede mit vier Drähten.

Taf. 7. Fig. 13. Ein Drahtseil aus 36 Drähten in sechs Litzen mit je sechs Drähten.

Was über die Festigkeit der Hanfseile gesagt worden ist, gilt auch hier; die Drähte werden durch die Drehung gespannt, und verlieren an Tragfähigkeit. Während man bei paralleler Lage der Drähte für jeden □Zoll Querschnitt derselben eine Belastung von 14000 Pfund mit Sicherheit annehmen kann, wird man gut thun, bei gedrehten Drähten nur etwa 8000 bis 9000

Pfund als sichere Tragfähigkeit zu rechnen. Nimmt man im Mittel 8500 Pfund, und bezeichnet

P die Belastung, welche ein Drahtseil auf die Dauer tragen soll,

n die Anzahl der Drähte, aus welchen es besteht,

δ den Durchmesser jedes einzelnen Drahtes,

k die Belastungsfähigkeit pro □Zoll des Drahtquerschnitts, so folgt leicht:

$$P = \tfrac{1}{4}\pi\delta^2 \,.\, n \,.\, k,$$

$$\delta = \sqrt{\frac{4P}{\pi \,.\, n \,.\, k}},$$

$$\boldsymbol{\delta = 0{,}01223\sqrt{\frac{P}{n}}},$$

$$\delta = 0{,}0469\sqrt{\frac{P}{n}}, \textit{ (wenn } \delta \textit{ in Centimètres, } P \textit{ in Kilogrammes).}$$

Nimmt man durchschnittlich die Zahl der Drähte zu 16 an, so hat man die Drahtstärke:

$$\boldsymbol{\delta = 0{,}00306\, P},$$

$$\delta = 0{,}0117\sqrt{P} \textit{ (wenn } \delta \textit{ in Centimètres, } P \textit{ in Kilogrammes).}$$

Nennt man den Durchmesser des Seils d, so kann man ohne sonderlichen Fehler näherungsweise setzen:

$$d = \delta\sqrt{n},$$

$$\delta = \frac{d}{\sqrt{n}}.$$

Setzen wir dies in die erste Formel ein, so ergiebt sich:

$$\boldsymbol{d = 0{,}01223\sqrt{P}},$$

$$d = 0{,}0468\sqrt{P} \textit{ (wenn } d \textit{ in Centimètres, } P \textit{ in Kilogrammes).}$$

Diese Formel rechtfertigt hinreichend die gewöhnliche Annahme,

> dafs ein Drahtseil nur etwa 0,4 von dem Durchmesser eines Hanfseils zu haben brauche, um dieselbe Tragfähigkeit zu besitzen.

Nach dieser letzten Regel würde man haben:

$$d = 0{,}0112\sqrt{P};$$

und die andere Formel würde für den Durchmesser eines Drahtseils 0,44 desjenigen eines Hanfseils von gleicher Tragfähigkeit geben.

Man findet hieraus die Belastung, welche ein Drahtseil von dem Durchmesser d mit Sicherheit auf die Dauer tragen kann:

nach der ersten Formel . . . . $P = 6670 d^2$,
„ „ zweiten „ . . . . $P = 7970 d^2$,
im Mittel also . . . . $\boldsymbol{P = 7320 d^2}$.
($P = 500 d^2$, wenn P in Kilogrammes, d in Centimètres).

Hiernach trägt ein Drahtseil 5,8, also fast 6 mal so viel, als ein Hanfseil von gleichem Durchmesser. (S. 124.)

Das Gewicht der Drahtseile pro laufenden Fuſs müſste man aus der Anzahl der Drähte, aus ihrem Durchmesser und aus der Länge der einzelnen, in einem laufenden Fuſs enthaltenen Drähte berechnen. Es lassen sich dafür nicht wohl allgemeine Formeln aufstellen, und man muſs sich mit dem Erfahrungsresultat begnügen,

daſs ein Drahtseil etwa halb so viel wiege, als ein Hanfseil von gleicher Tragfähigkeit.

Nennen wir den Durchmesser des Drahtseils d, denjenigen eines Hanfseils von gleicher Tragfähigkeit d', so ist nach dem Obigen:

$$d = 0{,}44 d' \quad d' = \frac{d}{0{,}44};$$

es ist aber das Gewicht eines Hanfseils von dem Durchmesser d' nach § 56 S. 124 $= 0{,}3 d'^2$, mithin nach der eben aufgestellten Regel das **Gewicht für den laufenden Fuſs eines Drahtseils** von gleicher Tragfähigkeit $= 0{,}15 d'^2$ oder

$$\frac{0{,}15 d^2}{(0{,}44)^2}, \text{ d. i.}$$

$$\boldsymbol{= 0{,}77 d^2 = \tfrac{10}{13} d^2}.$$

(Gewicht für den laufenden Mètre: $0{,}167 d^2$ Kilogr. $= \frac{1}{8} d^2$, wenn d in Centimètres genommen wird.

Die Drahtseile zeichnen sich hiernach gegen die Hanfseile durch gröſsere Tragfähigkeit bei gleichem Durchmesser, durch ein geringeres Gewicht bei gleicher Tragfähigkeit, und durch gröſsere Dauerhaftigkeit aus.

Um das Eisen gegen Nässe zu schützen, umspinnt man häufig die Drahtseile mit Hanfschnüren, oder hüllt sie auch wohl in Leder ein. Auch pflegt man die Zwischenräume der Drahtseile mit einem Kitt zu füllen, welcher aus $\frac{2}{3}$ Kolophonium, $\frac{2}{9}$ Leinöl, und $\frac{1}{9}$ Talg besteht, und durch welchen man das fertige Seil unter Walzen hindurch führt, wobei der Kitt stets mäfsig erwärmt gehalten wird. Dieses Kitten des Seils vermehrt aber die Steifheit desselben beträchtlich. Man hat auch die einzelnen Drähte verzinkt, um sie gegen den Rost zu schützen.

Ein Nachtheil der Drahtseile gegen die Hanfseile ist die geringere Biegsamkeit, man kann sie daher nicht bei Rollen- und Flaschenzügen anwenden, und überall nicht, wo sie über Rollen von geringem Durchmesser gehen müssen. Der geringste Durchmesser einer Scheibe, über welche ein Drahtseil gehen soll, bestimmt sich empirisch*) durch die Formel:

$$D = \sqrt[3]{\frac{P}{10}} = 0{,}46\sqrt[3]{P},$$

worin D den Durchmesser in Fufsen,

P die Belastung des Seils in Pfunden bezeichnet.

Setzen wir $P = 7320\,d^2$ (S. 129), so hat man

$$D = 9\sqrt[3]{d^2},$$

worin D in Fufsen, d in Zollen zu nehmen ist.

$$(D = 1{,}0\sqrt[3]{d^2})$$

(wenn D in Mètres, d in Centimètres).

3) Ketten.

Konstruktion der Ketten.

§ 58. Die Ketten, deren man sich im Maschinenbau bedient, sind von sehr verschiedener Konstruktion. Häufig wendet man sie als Betriebsmittel an, und in diesem Falle giebt man ihnen eigenthümliche Formen, die durch die Rücksichten bedingt sind, welche man bei der Uebertragung der Bewegung zu nehmen hat. Dergleichen Ketten bestehen meistens aus einzelnen Gelenken, welche durch Bolzen mit einander charnierförmig verbunden sind, man nennt sie daher Gelenkketten, Charnierketten, sie gehören ihrer Bestimmung nach unter die Bewegungstheile, und es soll dort ausführlicher davon die Rede sein.

Die Ketten, deren man sich zur Befestigung von Lasten bedient, nennt man im Gegensatz zu jenen: Gliederketten, Ketten mit Schaken. Sie bestehen aus einzelnen ringförmigen Gliedern

---

*) Schubert »Elemente der Maschinenlehre«. Dresden und Leipzig 1842. I. S. 340.

oder Schaken (fr. *mailles* — engl. *links*), welche entweder eine elliptische oder kreisförmige Gestalt haben, oder auch bügelförmig ineinander gehängt sind. Hiernach unterscheidet man:

a) gerade oder offene Ketten,

b) gedrehte oder runde Ketten,

c) Bügel- oder Bandketten (Vaucansonsche Ketten).

Die Kettenglieder der beiden ersten Arten sind zusammengeschweifst; sie unterscheiden sich dadurch von den Ketten nach dem Vaucansonschen Prinzip, deren Glieder nur zusammengebogen, und ineinander gehakt sind.

Taf. 7. Fig. 14. 15. 16 zeigen geschweifste Ketten, und zwar Fig. 14 eine gerade Kette mit elliptischen Ringen. Die Verhältnisse dieser Ringe zeigt Fig. 14*a*; man macht sie gewöhnlich, wie folgt: Taf. 7. Fig. 14 bis 16.

Durchmesser des Rundeisens der Kette . .	d,
Lichte Länge der Schake	$2{,}6\,d$,
Lichte Breite derselben	$1{,}5\,d$,
Aeufsere Länge „	$4{,}6\,d$,
Aeufsere Breite „	$3{,}5\,d$,
Mittler Umfang des Kettengliedes .	$10\,d$.

Um die Form des Kettengliedes zu zeichnen, verfährt man empirisch folgendermafsen (Taf. 7. Fig. 14*b*).

Beschreibe mit den Durchmessern $1{,}5\,d$, und $2{,}6\,d$ koncentrische Kreise, und ziehe zwei Durchmesser, die normal zu einander sind ab, cd; ziehe die verlängerten Sehnen acf, bce, adf', bde', und beschreibe aus c und d mit den Radien $cc' = dd'$ die Kreisbögen $fc'e$ und $f'd'e'$, ferner aus a und b mit den Radien $ab' = ba' = be' = af = af'$, die Kreisbögen $ea'e'$ und $fb'f'$, so erhält man die innere Begrenzung des Kettengliedes. Die äufsere wird ähnlich beschrieben.

Die so geformten Kettenglieder haben das Eigenthümliche, dafs man nicht im Stande ist, zwischen zwei solchen Gliedern ein drittes eben so grofses einzuschweifsen, dafs also immer eins nach dem andern geschweifst werden mufs. Man erkennt also sofort eine Stelle, an welcher die Kette einmal gebrochen ist, und welche man reparirt hat.

Taf. 7. Fig. 15 ist eine gedrehte Kette, welche sich von der offenen nur dadurch unterscheidet, dafs ihre Ringe, während sie warm sind, so gedreht werden, dafs die Oeffnungen an beiden Enden der langen Axe normal zu einander werden. Diese Anordnung hat den Vortheil, dafs die Kette im Ganzen sich mehr der Form der Seile nähert, und sich daher leichter um eine Rolle oder Scheibe legen läfst, während bei der geraden Kette die einzelnen Glieder abwechselnd normal zu einander stehen, und sich daher nicht so leicht an eine Trommel anschmiegen können, wenn diese nicht besonders dazu vorgerichtet ist.

Taf. 7. Fig. 16 ist ebenfalls eine geschweifste und gedrehte Kette; die Glieder sind hier aber in die Form einer 8 gebogen und an der Kreuzungsstelle durch einen besondern Ring zusammengehalten. Man wendet diese Form an, wenn man veranlafst ist, sehr lange Glieder zu machen, doch hat die Kette weniger Biegsamkeit, als die vorige.

Taf. 7. Fig. 17. Taf. 7. Fig. 17 ist eine ähnliche Kette, welche aber schon den Uebergang zu dem Vaucansonschen Prinzip bildet. Die einzelnen Glieder sind nicht zusammengeschweifst, sondern zusammengehakt. Diese Konstruktion gestattet ein leichtes Trennen und Verlängern der Kette, auch lassen sich neue Glieder leicht einsetzen.

Taf. 7. Fig. 18. Die eigentliche Vaucansonsche Kette zeigt Taf. 7. Fig. 18. Sie besteht aus einzelnen, steigbügelförmigen Gliedern, welche ineinander gehakt sind. Die Verhältnisse dieser Glieder sind etwa folgende Taf. 7. Fig. 18*a*).

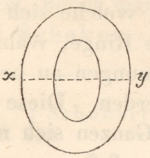
Durchmesser des Rundeisens der Kette $= d$.
Lichte Weite des Bügels, unten . . . $= 5d$,
„ „ „ „ oben . . . $= 3d$,
Mittlere Entfernung der Glieder . . . $= 3\frac{1}{4}d$,
Ganze Länge eines Gliedes . . . . . . $= 6\frac{1}{4}d$.

Gewöhnlich werden diese Ketten nur aus Draht gemacht, in der Regel aus Eisendraht, seltener aus Messingdraht.

Taf. 7. Fig. 19. Taf. 7. Fig. 19 ist eine Kette aus Rundeisen, welche nach dem Vaucansonschen Prinzip aus Gliedern besteht, die zusammengehakt sind. Man wendet dergleichen Ketten als Förderungsketten in Bergwerken an, da sie sich leicht repariren lassen.

Berechnung der geschweifsten Ketten.

§ 59. Die Stärke der Glieder geschweifster Ketten pflegt man in zwiefacher Weise zu berechnen. Das einfachste Verfahren besteht darin, dafs man annimmt, die Belastung der Kette beanspruche nur die absolute Festigkeit der Kettenglieder, und ein Bruch des Kettengliedes könne nur in dem Abreifsen desselben in der Ebene xy erfolgen. Unter dieser Voraussetzung hätte man für



schmiedeeiserne Kettenglieder, welche eine Belastung von 12000 Pfund pro □Zoll Querschnitt mit Sicherheit tragen können:

$$P = 2 \,.\, \tfrac{1}{4}\pi d^2\, 12000,$$

wenn P die Belastung in Pfunden, welche die Kette mit Sicherheit tragen soll, und

d der Durchmesser des Rundeisens der Kette in Zollen ist.

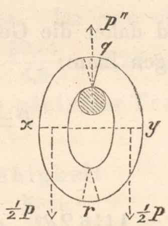
Es folgt hieraus:

$$\boldsymbol{P = 18850\, d^2},$$

$$\boldsymbol{d = 0{,}0073 \sqrt{P}}.$$

($P = 1289{,}2\, d^2$, $d = 0{,}0279 \sqrt{P}$), wenn d in Centim., P in Kilogr.)*

Die eben gemachte Voraussetzung trifft jedoch nicht immer zu. Die Belastung, welche die Kette zu tragen hat, wird vielmehr, bevor ein Reifsen der Kettenglieder in der angedeuteten Weise Statt findet, die Glieder ausrecken; die lange Axe der Schaken wird sich verlängern, die kurze verkürzen, und es wird das Kettenglied in q und r brechen. Ist die Festigkeit gegen das Abreifsen und gegen das Abbrechen gleich grofs, so mufs der Bruch an allen vier Punkten gleichzeitig erfolgen.



Man kann überhaupt die Belastung P aus zwei Werthen P' und P'' bestehend denken, deren einer P' durch den Widerstand gegen das Abreifsen, der andere P'' durch den Widerstand gegen das Abbrechen aufgehoben wird. Der erste berechnet sich wie vorhin, und man hat:

$$P' = \tfrac{1}{2}\pi d^2 \,.\, 12000;$$

um aber den andern Werth P'' zu berechnen, wird man die beiden Hälften des Kettenringes als Stäbe ansehen können, welche an ihren Enden x und y frei aufliegen, und in der Mitte r und q belastet sind. Es ist aber sowohl in q, als in r die volle Belastung P'', und nicht etwa in jedem Punkte $\tfrac{1}{2}P''$ zu denken, denn wenn der Kettenring in q festgehalten und in r mit P'' belastet gedacht wird, so entsteht in q eine Reaktion durch den Widerstand gegen das Festhalten, welche gleich und entgegengesetzt P'' ist. Es folgt hieraus, dafs nur der Widerstand in dem einen

---

*) Redtenbacher giebt in seinen Resultaten für den Maschinenbau § 60 genau übereinstimmend $d = 0{,}028 \sqrt{P}$, wenn d in Centim., P in Kilogr. genommen wird.

der beiden Bruchpunkte zu Gunsten der Festigkeit der Kette in Rechnung gebracht werden kann, da das Brechen in dem einen Punkte auch den Bruch in dem andern zur nothwendigen Folge haben mufs.

Mit Rücksicht auf die Gesetze der relativen Festigkeit für einen, in der Mitte belasteten, und an beiden Enden aufliegenden cylindrischen Stab hat man P'' zu bestimmen durch die Gleichung:

$$\tfrac{1}{4}P''\,l = \tfrac{1}{32}\pi d^3 . 12000,$$

wenn l die geradlinige Entfernung der Stützpunkte in der neutralen Axe gemessen bezeichnet. Es ist sodann:

$$P'' = \tfrac{1}{8}\pi d^3 \frac{12000}{l}.$$

Behält man die vorigen Verhältnisse bei, so hat man $l = 2{,}5 d$, folglich:

$$P'' = \tfrac{1}{8}\pi d^2 . \frac{12000}{2{,}5}$$

und daher die Gesammt-Belastung, welche die Kette mit Sicherheit tragen kann:

$$P = P' + P'' = \pi d^2 . 12000\left(\tfrac{1}{2} + \frac{1}{8 . 25}\right)$$

$$\boldsymbol{P = 20735\,d^2}$$

$$\boldsymbol{d = 0{,}0069\sqrt{P}}$$

($P = 1416{,}2\,d^2$, $d = 0{,}0264\sqrt{P}$, wenn d in Centim., P in Kilogr.)

Nimmt man aus diesem, und dem zuerst berechneten Resultate das Mittel, so findet man durchschnittlich:

$$\boldsymbol{d = 0{,}007\sqrt{P},}$$

$$\boldsymbol{P = 20450\,d^2}$$

($d = 0{,}027\sqrt{P}$, $P = 1370\,d^2$, wenn d in Centim., P in Kilogr.)

Hieraus folgt im Vergleich mit den Resultaten für die Hanf- und Drahtseile:

> dafs das Rundeisen, aus welchem eine Kette gemacht ist, nur $\frac{1}{4}$ so stark zu sein braucht, als der Durchmesser eines Hanfseils von gleicher Tragfähigkeit, und nur etwa 0,57 so stark als ein Drahtseil von gleicher Tragfähigkeit.

Das Gewicht der Ketten berechnet sich in einfacher Weise wie folgt:

Da der mittlere Umfang $= 10d$ ist, so kann man das Kettenglied, wenn es aufgebogen wird, als einen Cylinder ansehen, dessen Höhe $10d$, dessen Durchmesser d, und dessen kubischer Inhalt $\frac{1}{4}\pi d^2 . 10d = \frac{10}{4} . \pi d^3$ ist. Da nun ein Kubikzoll Schmiedeeisen 0,294 Pfund wiegt, so wiegt ein Kettenglied, dessen Durchmesser d ist, $2{,}31\,d^3$ Pfunde.

Es gehen aber auf einen laufenden Fufs

$$\frac{12}{2{,}6\,d} \text{ Kettenglieder;}$$

folglich wiegt der laufende Fufs einer Kette, deren Rundeisen d Zoll im Durchmesser hat:

$$\frac{12}{2{,}6\,d} . 2{,}31\,d^3 = \mathbf{10{,}74}\,d^2 \text{ Pfunde.}$$

(Gewicht eines laufenden Mètres $2{,}34\,d^2$ Kilogr., wenn d in Centim. genommen wird).

Ist d' der Durchmesser eines Hanfseils von gleicher Tragfähigkeit, so hat man nach dem Obigen $d = \frac{1}{4}d'$.

Dasselbe wiegt $0{,}3\,(d')^2 = 4{,}8\,d^2$ Pfunde. Da nun eine Kette $10{,}74\,d^2$ Pfunde wiegt, so ist dieselbe $\frac{10{,}74}{4{,}8} = 2{,}24$ oder circa $2\frac{1}{4}$mal schwerer als ein Hanfseil von gleicher Tragfähigkeit.

Es verhalten sich also bei gleicher Tragfähigkeit

	Hanfseil.	Drahtseil.	Kette.
die Durchmesser	1	$\frac{4}{9}$	$\frac{1}{4}$
	100	44	25
die Gewichte	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{4}$
	100	50	225,

und bei gleichen Gewichten

die Tragfähigkeiten	100	227	45,5
die Durchmesser	100	62	17,6.

Nach den Formeln (S. 134):

$$d = 0{,}007\sqrt{P},$$
$$P = 20450\,d^2$$

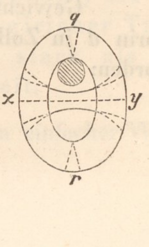
Gewicht pro laufenden Fufs $= 10{,}74\,d^2$ Pfund,

worin d in Zollen zu nehmen ist, ist folgende Tabelle berechnet worden:

VII. Tabelle
über das Gewicht und die Tragfähigkeit von Ketten.

Durchmesser des Rundeisens der Kette in Linien:	Gewicht von 10 laufenden Fufsen der Kette in Pfunden:	Belastung, welche die Kette mit Sicherheit tragen kann, in Pfunden:
1	0,746	142
2	2,983	568
3	6,712	1278
4	11,933	2272
5	18,645	3550
6	26,849	5102
7	36,544	6958
8	47,731	9088
9	60,410	11502
10	74,580	14200
11	90,238	17182
12	107,400	20450

Man hat die Ketten noch dadurch zu verstärken gesucht, dafs man in die Oeffnungen der Kettenglieder Querstege eingesetzt
af. 7. hat (Taf. 7. Fig. 20). Dergleichen Ketten sind als Bruntonsche
ig. 20. Kettentaue bekannt und werden aus Rundeisen von $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Stärke angefertigt. — Hierdurch erreicht man, dafs die Belastung der Kette nicht im Stande ist, die Kettenglieder auszurecken; es können sich die flachen Seiten der Schake nicht einader nähern, und die Hälften der Kettenglieder xqy und xry erscheinen dann, wenn man die zuletzt vorgetragene Anschauungsweise über die Festigkeit der Ketten beibehält, nicht mehr als frei aufliegende Stäbe, sondern können als solche Cylinder angesehen werden, welche an ihren Enden unwandelbar befestigt sind. Hierdurch nimmt die Gleichung zur Berechnung des Werths P'' (S. 134) die Form an:



$$\tfrac{1}{8}P''l = \tfrac{1}{32}\pi d^3\,12000,$$

$$P'' = \tfrac{1}{4}\pi\frac{d^3\,12000}{l}.$$

Nimmt man für l wieder den Werth

$l = 2{,}5\,d$, so ist:

$$P'' = \tfrac{1}{4}\pi d^2 \cdot \frac{12000}{2{,}5}.$$

und mit Rücksicht auf die oben angestellte Berechnung:

$$P = P' + P'' = \tfrac{1}{2}\pi d^2\, 12000 \left(1 + \frac{1}{2 \cdot 2{,}5}\right)$$

$$\mathbf{P = 22630\, d^2}$$

$(P = 1550\, d^2$, *wenn P in Kilogrammes, d in Centimètres)*.

Da nun ohne diese Stege die Tragfähigkeit der Kette $20450\,d$ Pfund gefunden wurde, so ergiebt sich, dafs die Kette mit diesen Stegen eine etwa 1,1mal so grofse Tragfähigkeit besitzt, als ohne dieselben.

Die Stege sind gewöhnlich von Gufseisen, und werden in die warm gemachten Kettenglieder stumpf eingesetzt; dieselben haben aufserdem den Vortheil, dafs sich die Kette nicht so leicht verwirren kann.

Zur Ergänzung der vorstehenden Berechnungen über die Festigkeit der Hanfseile, Drahtseile und geschweifsten Ketten, mag hier noch die Zusammenstellung der Versuche folgen, welche die englische Admiralität hat anstellen lassen. Die Angaben sind sämmtlich für das preufsische Maafs- und Gewichtssystem berechnet, und abgerundet. Die Tabelle enthält zugleich eine Vergleichung der Preise dieser drei Befestigungsmittel.

VIII. Tabelle

über den Durchmesser, das Gewicht und den Preis von Hanfseilen, Drahtseilen und Ketten, welche bei bestimmten Belastungen zerreifsen:

Belast., bei welcher d. Seile etc. zerreissen pr. Pfd	Durchmesser d. Hanf- und Drahtseile und des Rundeisens der Kette in preufs. Zollen:			Gewicht von 10 laufenden Fufsen preufs.			Preis von 10 laufenden Fufsen in Silbergroschen.		
	Hanfs.	Drahts.	Kette.	Hanfs.	Drahts.	Kette.	Hanfs.	Drahts.	Kette.
2170	0,618	0,309	0,243	1,67	1,18	4,71	7,70	7,00	25,00
17380	1,550	0,620	0,485	9,42	4,12	25,12	43,80	25,00	61,92
26070	2,160	0,770	0,668	19,14	7,06	42,39	82,96	38,66	92,88
34760	2,472	0,927	0,789	25,00	10,60	58,09	96,33	56,86	123,80
43450	2,780	1,080	0,880	30,43	14,52	72,20	129,05	77,50	149,05
52140	3,090	1,240	0,941	39,25	19,24	83,21	170,64	103,40	184,87
65180	3,400	1,390	1,032	47,10	25,62	97,34	201,05	137,74	203,00
78210	3,860	1,540	1,154	55,93	35,04	122,46	243,00	187,15	251,85
95600	4,330	1,700	1,274	65,35	44,39	150,72	283,50	231,01	309,60
117330	4,640	1,850	1,383	73,79	53,38	180,55	322,80	286,98	371,52

Nach dieser Uebersicht stellt sich der Preis eines Drahtseils etwa nur auf 0,6 desjenigen eines Hanfseils, und den Preis einer Kette etwa 1,1 mal so theuer, als ein Hanfseil von derselben absoluten Festigkeit.

Berechnung der Vaucansonschen Ketten.

§ 60. Was endlich die Tragfähigkeit und das Gewicht der Vaucansonschen Ketten, welche aus Draht zusammengebogen sind, anbetrifft, so kann man folgende Erfahrungswerthe als Norm ansehen:

Eine Kette von $\frac{3}{16}$ Zoll starkem Draht wiegt pro laufenden Fuſs 21,5 Loth oder 0,67 Pfund. Behält man die im § 58 S. 132 gegebenen Verhältnisse bei, so hat man für das Gewicht pro laufenden Fuſs einer Kette, deren Drahtstärke d Zoll beträgt, $19d^2$ Pfund.

Die Belastung der Kette wirkt hier nicht auf Zerreiſsen, sondern es werden die Glieder auseinander gebogen. Der Widerstand gegen das Aufbiegen der Kettenglieder wird wie derjenige gegen das Zerreiſsen von dem Querschnitt abhängig sein. Derselbe wird sich also verhalten wie das Quadrat des Durchmessers des Drahts, aus welchem die Kette besteht. Die theoretische Bestimmung des Druckes, welcher die Kettenglieder auseinanderzubiegen im Stande ist, würde schwierig sein. Versuche, die mit einer Kette von $\frac{3}{16}$ Zoll starkem Draht angestellt sind, ergeben, daſs bei einer Belastung von 855 Pfund die Kettenglieder sich auseinander bogen. Hiernach würde die Belastung, welche die Kette trennt, sich ausdrücken durch $\frac{855}{(\frac{3}{16})^2}d^2 = 24320\,d^2$ Pfund. Auf die Dauer würde man jedoch nur höchstens $\frac{1}{4}$ dieses Werthes der Kette mit Sicherheit zu tragen geben dürfen. Bezeichnet also:

P den Druck, welchen eine nach den obigen Verhältnissen konstruirte Vaucansonsche Kette mit Sicherheit tragen kann,

d den Durchmesser des Drahts oder Rundeisens, aus welchem sie fabricirt ist, in Zollen,

so hätte man:

$$\mathbf{P = 6000\,d^2}$$

$$\mathbf{d = 0{,}013\sqrt{P}}$$

$(P = 410\,d^2,\ d = 0{,}05\sqrt{P}$, *wenn d in Centim., P in Kilogr.).*

Man sieht hieraus im Vergleich zu der gewöhnlichen geschweifsten Kette:

dafs eine Vaucansonsche Kette bei gleicher Tragfähigkeit fast doppelt so starkes Eisen bedarf, und fast achtmal so schwer ist, als eine geschweifste Kette,

dafs bei gleichem Durchmesser des Rundeisens eine Vaucansonsche Kette nur etwas über $\frac{1}{3}$ der Belastung einer geschweifsten Kette tragen kann, dabei aber fast doppelt so schwer ist.

Die Vortheile dieser Ketten bestehen daher nur in der leichten Fabrikation und in der Bequemlichkeit, die Glieder nach Erfordern auseinander zu nehmen und zusammenzusetzen.

4) Befestignngen der Seile und Taue.

Seilknoten.

§ 61. Die Befestigung der Seile und Taue unter einander und an andern Körpern, geschieht durch Binden (§ 53). Man unterscheidet drei Hauptformen des Ineinander-Schlingens der Taue, nämlich:

a) den Knoten (fr. *noeud* — engl. *knot, knode*).
b) die Schleife (fr. *lac* — engl. *loop*).
c) die Schlinge (fr. *lacet* — engl. *noose, snare*).

Die Knoten dienen zur Befestigung zweier Tauenden aneinander. Die Verschlingung mufs so gewählt werden, dafs die Enden sich unter keinen Umständen auf einander gleitend auseinander ziehen können, sie müssen vielmehr gehörig über einander greifen, um sich festzuhalten, und es darf nicht ein Ende allein verschlungen sein. Die üblichsten Knoten sind folgende:

1) Der glatte Knoten oder Seilerknoten (Taf. 7. Fig. 21). Taf. 7. Fig. 21 bis 28.
2) Der falsche Knoten oder unechte Knoten, welcher dem ersten ähnlich ist, sich aber aufziehen läfst, wenn die verknüpften Fäden etwas glatt und biegsam sind (Taf. 7. Fig. 22).
3) Der Netzknoten, auch Weberknoten genannt (Taf. 7. Fig. 23).
4) Der gekreuzte Knoten (Taf. 7. Fig. 24).
5) Der Schlingenknoten (Taf. 7. Fig. 25).
6) Der chirurgische Knoten, oder der geschlungene glatte Knoten (Taf. 7. Fig. 26).
7) Der doppelte glatte Knoten (Taf. 7. Fig. 27).
8) Der doppelte Netzknoten (Taf. 7. Fig. 28).

Seilschleifen.

§ 62. Wenn man ein Ende eines Seils oder Fadens so umbiegt, und an dem Seil mittelst eines Knotens befestigt, daſs dadurch eine ringförmige Oese gebildet wird, welche sich durch keinen Druck zuziehen läſst, so nennt man diese Verschlingung eine Schleife (fr. *lac* — engl. *loop*). Man kann zwar mittelst sämmtlicher vorhin beschriebenen Knoten Schleifenbinden, doch erleiden dieselben insofern eine Modifikation, als man es hier immer nur mit einem und nicht mit zwei Enden zu thun hat, auch benutzt man dazu gewöhnlich nur die Knoten 1, 3, 4, 5 und 6. Auſserdem hat man noch einige andere Verschlingungen, welche bei den Schleifen üblich sind:

af. 7. ig. 29 bis 36.

1) Schleife mit glattem Knoten (Taf. 7. Fig. 29).
2) Schleife mit Netzknoten (Taf. 7. Fig. 30).
3) Schleife mit gekreuztem Knoten (Taf. 7. Fig. 31).
4) Schleife mit Schlingenknoten (Taf. 7. Fig. 32).
5) Schleife mit verschlungenem glatten Knoten (Taf. 7. Fig. 33), welcher hier etwas verändert erscheint, sich aber in dieser Gestalt unter Umständen zusammenziehen läſst.
6) Schleife, welche dadurch gebildet ist, daſs das eine Seilende aufgedreht und das andere durchgesteckt ist (Taf. 7. Fig. 34).
7) Schleife mit Kugelknoten, wie solche auf Schiffen gebräuchlich ist, welche sich aber nur dann nicht aufzieht, wenn das letzte Ende fest gebunden wird, oder wenn die Taue sehr stark sind (Taf. 7. Fig. 35).
8) Eine ähnliche Schleife zur Befestigung eines Seils an einem Ringe (Taf. 7. Fig. 36), welche sich nur dadurch von der vorigen unterscheidet, daſs sie doppelt durchgezogen ist.

Soll ein Tau für längern Gebrauch (z. B. bei Hebezeugen) an einen Ring oder Haken befestigt werden, oder soll die Schleife auf einem andern Tau oder einer Stange gleiten können, so sind die bisher angeführten Schleifen insofern nicht gut anwendbar, als bei der kurzen Biegung des Taus die am stärksten gespannten Fäden bald reiſsen und dadurch nach kurzem Gebrauch das ganze Tau zum Bruch kommt, und andrerseits die der starken Reibung ausgesetzten Fäden schnell durchgescheuert werden. Zur Vermeidung dieser Uebelstände muſs man in solchen Fällen eine sogenannte Kausche bilden, mit Hilfe eines Ringes von Eisenblech (Kauschring), der, bevor er zum Ringe gebogen worden, in eine flache Rinne ausgeschmiedet ist. In diese Rinne wird das Tau gelegt und nach Fig. 43 oder 44. Taf. 7 gehörig befestigt. Die letztere Befestigungsart ist vorzuziehen, indem man, nachdem das Tau umgelegt und der halbe Knoten angebracht worden ist, die scharfe Windung desselben mit einem Hammer fest anklopfen kann, worauf man das kurze Ende anzieht und mit einer Leine recht scharf gegen das längere Ende bindet. Die Verbindung wird dadurch so fest, dafs der Kauschring immer scharf eingeklemmt bleibt und keine Reibung am Tau selber erfolgen kann.

Seilschlingen.

§ 63. Wenn man an dem einen Ende eines Seils eine Schleife bildet, und das andere Ende durch dieselbe durchsteckt (Taf. 7. Fig. 37), so bildet sich eine zweite Oese, welche sich aber zuziehen läfst, indem man das Seil immer weiter durch die Schleife zieht. Man nennt diese zweite Oese, im Gegensatz zu der Schleife, welche sich nicht zuziehen läfst, eine Schlinge (fr. *lacet* — engl. *noose, snare*). Taf. 7. Fig. 37.

Die Schlingen dienen zur Befestigung eines Seilendes an einem andern Gegenstande. Sie legen sich fest an diesen Gegenstand an, ohne besonders passend gemacht werden zu dürfen, und sind aus diesem Grunde zur Befestigung der Seile geeigneter, als die Schleifen, deren Oesen sich nicht an Körper von verschiedenen Stärken anschmiegen lassen. Die Schlingen lassen sich auch leicht wieder auflösen, wodurch ihre Anwendung für manche Fälle sehr bequem wird. Wo jedoch diese Bedingungen nicht zu erfüllen sind, wendet man die Schleifen an.

Die Schlingen verhalten sich hiernach zu den Schleifen, wie die Verbindungen zu den Befestigungen, insofern die Seilenden bei erstern noch eine relative Bewegung zu einander nach der Längenrichtung des Seils annehmen können, bei letztern nicht. Da jedoch die Schlingen wesentliche Aehnlichkeit mit den Schleifen haben, so sollen sie hier besprochen werden.

Es ist schon oben gesagt, dafs man mittelst jeder Schleife eine Schlinge bilden könne; indessen giebt es auch gewisse Formen von Schlingen, welche ohne Hilfe einer Schleife gemacht werden können.

Taf. 7. Fig. 38 zeigt eine einfache Schlinge. Taf. 7. Fig. 38 bis 41.

Taf. 7. Fig. 39 eine Schlinge zur Befestigung der Seile an den Flaschenzügen.

Taf. 7. Fig. 40 eine doppelte Schlinge.

Taf. 7. Fig. 41 eine Schlinge, wie sie beim Befestigen von Lasten an dem Windetau oft vorkommt. Man nennt dieselbe auch wohl einen Zimmerschlag.

Taf. 7. Fig. 42. bis 47. Taf. 7. Fig. 42 eine Schlinge, welche bei Sackwinden üblich ist, und zum Befestigen der Säcke an dem Windetau dient.

Taf. 7. Fig. 43 und 44 Schlingen, welche dadurch gebildet sind, dafs man das eine Tauende durch eine Kausche gezogen hat.

Taf. 7. Fig. 45 und 46 zeigt eine Schlinge, welche unter dem Namen Doppelschlag bekannt ist, und sehr häufig dann angewendet wird, wenn ein Seil mit seinem Ende oder seiner Mitte an dem Ende eines cylindrischen oder eckigen Körpers, z. B. an einem Pfahl, befestigt werden soll. Diese Schlinge hat den Vortheil, dafs man sie anlegen kann, während das Seil gespannt ist, und dafs sie sich beim Losnehmen desselben wieder vollständig löst, ohne einen Knoten zurück zu lassen. Da man durch das Anziehen der Enden einen starken Druck auf den in der Schlinge befindlichen Gegenstand ausüben kann, welcher, wenn die Enden wieder nachgelassen werden, nicht aufhört, so eignet sie sich vorzüglich auch zum festen Zusammenbinden zweier Körper, zum Zubinden eines Gefäfses etc.

Taf. 7. Fig. 47 stellt eine Schlinge dar, mit welcher man mehrere dünne Seile gleichzeitig an einem stärkern Seil leicht lösbar befestigen kann, und wie sie vorzugsweise bei den Läuferrammen zur Vereinigung der Zugleinen mit dem Rammtau angewendet wird. Die Zugleinen sind in ein besonderes, kreisförmig gewundenes Tau, das Kranztau, eingebunden, welches mit Hilfe eines hölzernen Knebels an das Rammtau angesteckt, und durch Entfernung desselben leicht davon gelöst wird.

Pesen. Seilschlofs.

§ 64. Es ist häufig Bedingung, dafs die Enden eines Seils oder einer Schnur so aneinander befestigt werden sollen, dafs die Befestigungsstellen nicht beträchtlich dicker als die einzelnen Enden werden. In diesem Falle nimmt man seine Zuflucht zu sogenannten Pesen, das sind Haken und Oesen von Stahl, Eisen oder Messing, welche an jedes Ende der Schnur befestigt und dann zusammengehakt werden. Dergleichen Pesen finden z. B. Anwendung bei der Befestigung der Enden der Saiten für Drehbänke, um eine sogenannte Schnur ohne Ende zu bilden.

Taf. 7. Fig. 48 und 49. Taf. 7. Fig. 48 und 49 sind zwei verschiedene Konstruktionen von Pesen angegeben. Die eine (Fig. 48) eignet sich für dünnere Schnüre, die andere für stärkere; die Verhältnisse sind bei beiden etwa folgende:

Durchmesser der Schnur $= d$.

Aeufserer Durchmesser der Hülse unten $1\frac{1}{3}$ bis $1\frac{3}{8}d$.

" " " " oben $1\frac{2}{3}$ " $1\frac{3}{4}d$.

Durchmesser der Oese im Lichten d.

Ganze Länge der Hülse $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}d$.

Dicke der Oese, soweit sie flach ist, gleich der Hälfte des obern Durchmessers der Hülse, also $= \frac{5}{6}$ bis $\frac{7}{8}d$.

Um stärkere Seilenden aneinander unter denselben Bedingungen zu befestigen, wendet man ein sogenanntes Seilschlofs an (Taf. 7. Fig. 50). Die hier angegebene Vorrichtung dient zur Verbindung eines Hanfseils mit einem Drahtseile. Das Hanfseil, von $1\frac{3}{4}''$ Durchmesser, ist in der Hülse stumpf abgeschnitten, das Drahtseil dagegen durch die Oeffnung x gezogen, zurückgeschlagen und mit Draht umwunden. Jede Hülse besteht aus zwei Hälften, welche durch drei Niete zusammengehalten werden. Taf. 7. Fig. 50.

Ist es nicht erforderlich, dafs die Verbindung zweier Seilenden leicht lösbar sei, und soll dabei die Verbindungsstelle wenig sichtbar werden, so splifst man die Enden zusammen. Man dreht zu diesem Zweck ein kurzes Stück derselben auf, flicht mit Hilfe eines konisch zugespitzten, etwas gekrümmten Eisens (Splifseisen) die einzelnen Litzen ineinander und schneidet zuletzt die vorstehenden Spitzen ab. Wird diese Arbeit geschickt ausgeführt, so ist die gesplifste Stelle nur wenig dicker als das Seil selbst und oft kaum kenntlich, während sie jenem an Festigkeit nicht nachsteht. Es wird dies Verfahren namentlich bei Reparatur schadhaft gewordener oder zerrissener Seile angewendet.

5) Seil- und Kettenhaken.

Zweck und Berechnung der Seil- und Kettenhaken.

§ 65. Zur Befestigung der Seile, Taue und Ketten an andern Körpern, z. B. an Lasten, welche man heben will, bedient man sich der Haken (fr. *crochet* — engl. *hook*) (Seilhaken, Kettenhaken). Die Haken dienen gewöhnlich zum Einhängen eines Ringes, an welchen man die Seile und Ketten anbindet (anschlägt). Oft hängt man jedoch die Ketten und Seile auch unmittelbar mittelst einer Schlinge oder eines Ringes (Kauschringes) an den Haken.

Die Anwendung eines Hakens gestattet ein leichtes Lösen der angehängten Last, indem man nur den Ring aus dem Haken auszuhängen braucht, ohne dafs man genöthigt ist, die Verschlingungen des Seils aufzuknüpfen. Aufserdem gewährt der Haken mit dem

Ringe die Möglichkeit mehre Seilenden, welche um die Last gelegt sind, an dem Ende eines Seiles zu befestigen, uud endlich gestattet er eine gewisse Beweglichkeit und Gelenkigkeit an der Befestigungsstelle, welche für manche Fälle (z. B. bei der Befestigung der Eisenbahnwagen aneinander etc.) von Wichtigkeit ist.

Obgleich hiernach die Haken nach unserer Definition zu den verbindenden Maschinentheilen gehören (§ 3. S. 4), so wollen wir dieselben doch hier unter den Befestigungstheilen besprechen, da sie sich den Ketten und Seilen naturgemäfs anschliefsen.

Die Formen der Haken sind zwar, den verschiedenen Verwendungen nach, sehr mannigfaltig, jedoch lassen sich folgende allgemeine Bedingungen für die zweckmäfsige Gestalt eines Hakens, auf welchen eine Last ziehend einwirkt, aufstellen:

1) Der Haken mufs so geformt sein, dafs die Richtungslinie der, an den gebogenen (gekröpften) Theil angehängten Last mit der Mittellinie des geraden Theils zusammenfalle.

2) Die Ausbiegung (Kröpfung) des Hakens mufs nicht grösser gemacht werden, als nöthig ist, um den Ring bequem einzuhängen.

3) Der Haken mufs so weit herumgebogen sein, dafs der Ring nach Abnahme der Last und durch zufällige Erschütterungen nicht herausspringen kann.

4) Die Querschnittsform mufs eine möglichst vortheilhafte sein, und die Dimensionen derselben müssen der Form des Hakens und der auf den Haken einwirkenden Last entsprechend bestimmt werden.

Wir wollen in Folgendem die Dimensionen und die Form eines Hakens zu bestimmen suchen.

Der geradlinige Theil des Hakens wird auf Zerreifsen in Anspruch genommen; man macht ihn gewöhnlich von kreisförmigem Querschnitt, und kann die Dimensionen desselben leicht bestimmen. Bezeichnet nämlich

P die an dem Haken wirkende Last

d den Durchmesser des Hakens an der schwächsten Stelle des geradlinigen Theiles in Zollen,

k die Belastung, welche jeder Quadratzoll mit Sicherheit tragen kann,

so hat man:

$$P = \tfrac{1}{4}\pi d^2 . k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

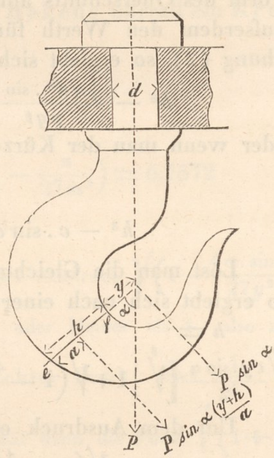
und für $k = 10000$ Pfund

$$d = 0{,}0112\sqrt{P}.$$

$(d = 0{,}043\sqrt{P}$, *wenn d in Centimètres, P in Kilogrammes).*

Der gekröpfte Theil des Hakens wird nicht in allen Punkten gleichmäfsig in Anspruch genommen; er wird daher auch nicht überall gleiche Dimensionen erhalten. Die Wirkung des Drucks P auf den Haken läfst eine sehr verschiedene Beurtheilung, und daher sehr verschiedene Theorien über die Berechnung der erforderlichen Dimensionen zu. Wir wollen folgende Ansicht, welche Resultate liefert, die gut ausgeführten Haken, deren Haltbarkeit sich bewährt hat, entsprechen, hier durchrechnen. Alle sonst aufgestellten Theorien liefern meist viel zu kolossale Dimensionen für den gekröpften Theil des Hakens*).

Das Abreifsen des Hakens an irgend einer Stelle wird immer in deren kleinstem Querschnitte erfolgen. Es sei



ef der kleinste Querschnitt an irgend einer Stelle des Hakens,
α der Winkel, welchen die Richtungslinie des Drucks P mit ef macht,
F der Flächeninhalt des Querschnitts ef,
h die Höhe des Querschnitts in der Richtung ef,
b die gröfste Breite desselben normal zu h,
a die Entfernung des Schwerpunkts des Querschnitts von der äufsern Begrenzung des Hakens,
y die Entfernung der innern Begrenzung von der Richtungslinie des Drucks P.

Der Druck P läfst sich immer zerlegen in zwei andere, deren einer mit der Richtung ef zusammenfällt, während der andere normal dazu ist. Dieser letzte Druck $P \cdot \sin\alpha$ wirkt auf Abreifsen des Querschnitts ef, indem er eine Drehung um den entferntesten Punkt des Hakens zu erzeugen strebt, welcher Drehung der Querschnitt des Hakens durch seine absolute Festigkeit widerstehen mufs. Denken wir den, auf Ab-

*) Vergl. Seite 150.

reifsen wirkenden Druck in dem Schwerpunkt des Querschnitts vereinigt, so ergiebt sich derselbe nach den Gesetzen des Hebels gleich $P \sin\alpha . \frac{y+a}{h}$, und man hat zu setzen:

$$P \sin\alpha . \frac{y+h}{a} = F.k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2).$$

Man sieht hieraus, dafs, um möglichst kleine Dimensionen für den Querschnitt des Hakens zu bekommen, a möglichst grofs zu nehmen sei; das heifst, es ist vortheilhaft eine Querschnittsfigur zu wählen, deren Schwerpunkt möglichst nahe der innern Begrenzung des Hakens liegt.

Allgemein kann man setzen:

$$a = qh$$
$$b = th$$
$$F = pbh = pth^2,$$

wenn q, t und p gewisse Zahlenwerthe bedeuten, welche von der Form des Querschnitts abhängig sind. Setzt man diese Werthe und aufserdem den Werth für P aus der Gleichung (1) in die Gleichung (2), so ergiebt sich nach gehöriger Reduktion:

$$h^3 - \frac{\frac{1}{4}\pi d^2 . \sin\alpha}{pqt}\, h - \frac{\frac{1}{4}\pi d^2 \sin\alpha}{pqt} . y = 0,$$

oder wenn man der Kürze wegen setzt:

$$\frac{\pi d^2}{4pqt} = c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$h^3 - c . \sin\alpha . h - c . \sin\alpha . y = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Löst man die Gleichung nach der Cardanischen Formel auf, so ergiebt sich nach einer leichten Umformung:

$$h = \sqrt[3]{\frac{cy . \sin\alpha}{2}} \left[\sqrt[3]{\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin\alpha}{27y^2}\right)}\right\}} + \sqrt[3]{\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin\alpha}{27y^2}\right)}\right\}} \right] (5)$$

Um dem Ausdruck eine bequemere Form zu geben, nehmen wir den Werth $\sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin\alpha}{27y^2}\right)}$, welcher sich mit $\sin\alpha$ ändert, näherungsweise als konstant an, indem wir ein für allemal für $\sin\alpha$ denjenigen Werth setzen, welcher den Ausdruck in der Klammer [ ] möglichst grofs macht; wir sind dann sicher, für h nicht zu kleine Dimensionen zu finden. Es läfst sich leicht einsehen, dafs der gröfste Werth für $\sin\alpha = 1$ erreicht werden mufs*).

---

*) Da nämlich das Abreifsen des Hakens immer nur auf einer Seite der Richtungslinie von P stattfinden kann, so sind für $\sin\alpha$ nur positive

Nehmen wir nun noch für die innere Begrenzung des Hakens einen Kreis, so ist y der Halbmesser dieses Kreises, und setzen wir

$$y = md,$$

so geht der Ausdruck für h nach einer leichten Umformung mit Rücksicht auf Gleichung (3) über in:

$$h = \tfrac{1}{2} d \sqrt[3]{\frac{\pi . m}{pqt}} \sqrt[3]{\sin\alpha} \left[\sqrt[3]{\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{\pi}{27 . pqt . m^2}\right)}\right\}} + \sqrt[3]{\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\pi}{27 . pqtm^2}\right)}\right\}} \right] \quad \ldots \ldots \ldots (6)$$

oder wenn $\frac{\pi}{pqt} = n$ gesetzt wird, in

$$h = \tfrac{1}{2} d \sqrt[3]{(n . m)} \sqrt[3]{\sin\alpha} \left[\sqrt[3]{\left\{1 + \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27 m^2}\right)}\right\}} + \sqrt[3]{\left\{1 - \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27 m^2}\right)}\right\}} \right] (7)$$

Bei gut konstruirten Haken findet man $m = \frac{5}{6}$ bis 1. Nehmen wir künftig $m = \frac{5}{6}$.

Es sei z. B. der **Querschnitt des Hakens überall ein Kreis**; man hat sodann:

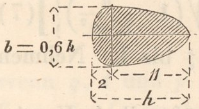
$$a = \tfrac{1}{2} h \;; \qquad q = \tfrac{1}{2}$$
$$b = h \;; \qquad t = 1$$
$$F = \tfrac{1}{4} \pi h^2 \;. \quad p = \tfrac{1}{4} \pi$$
$$n = 8 \;; \qquad m = \tfrac{5}{6} \;; \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27 m^2}\right)} = 0{,}7572$$
$$h = 1{,}72\, d \sqrt[3]{\sin\alpha}.$$

Werthe denkbar. Daraus folgt, daſs, wenn der Ausdruck $\sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin\alpha}{27 y^2}\right)}$ nicht imaginär werden soll, $\frac{4c . \sin\alpha}{27 y^2}$ gleich oder kleiner als 1, also auch $\sqrt{\left(1 - \frac{4c . \sin\alpha}{27 y^2}\right)}$ entweder 0 oder ein echter Bruch, etwa $\frac{1}{b}$ sein muſs. Der Ausdruck in der Klammer [ ] hat dann die Form $\sqrt[3]{\left(1 + \frac{1}{b}\right)} + \sqrt[3]{\left(1 - \frac{1}{b}\right)}$; für den kleinsten Werth von $\frac{1}{b}$, nämlich für $\frac{1}{b} = 0$, ist dieser Ausdruck $= 2$, für den gröſsten Werth von $\frac{1}{b}$, nämlich für $\frac{1}{b} = 1$ ist derselbe $= \sqrt[3]{2}$. Man kann daraus folgern, daſs derselbe um so gröſser wird, je kleiner $\frac{1}{b}$ ist. Nun ist $\frac{1}{b}$ um so kleiner, je gröſser der negative Werth $-\frac{4c . \sin\alpha}{27 y^2}$ ist, und dieser wächst mit $\sin\alpha$. Es folgt hieraus, daſs für den gröſsten Werth von $\sin\alpha$, nämlich für $\sin\alpha = 1$, der Werth in der Klammer am gröſsten werden muſs.

Wenn der Querschnitt des Hakens ein Dreieck ist, dessen Breite 0,6 von der Höhe beträgt, so hat man:

$$a = \tfrac{2}{3} h \qquad q = \tfrac{2}{3}$$
$$b = 0{,}6 h \qquad t = 0{,}6$$
$$F = \tfrac{1}{2} b h \qquad p = \tfrac{1}{2}$$
$$n = 15{,}7;\; m = \tfrac{5}{6};\; \sqrt[3]{n} = 2{,}5;\; \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27 m^2}\right)} = 0{,}4033$$
$$h = 2{,}3 d \sqrt[3]{\sin\alpha}.$$

Eine sehr zweckmäfsige Querschnittsform für Haken läfst sich aus zwei halben Ellipsen bilden, deren gemeinschaftliche Axe $= b$, deren andre beiden Halbaxen zusammen $= h$ sind. Nennt man das Verhältnifs der beiden Halbaxen zu einander u, so ist die eine $h \cdot \frac{1}{1+u}$, die andere $h \cdot \frac{u}{1+u}$; es ergiebt sich sodann der Flächeninhalt $F = \frac{1}{4}\pi b h$ und der Abstand des Schwerpunkts von der äufsersten Begrenzung des Querschnitts $a = \frac{h}{1+u}\left(1 - \frac{4}{3\pi}(1-u)\right)$. Als passendes Verhältnifs zwischen den beiden Halbaxen ist zu empfehlen $u = \frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$. Nehmen wir durchschnittlich $u = \frac{1}{5{,}5} = \frac{2}{11}$, so ist $a = 0{,}552 h \quad q = 0{,}552$.



Es ist ferner angemessen, wie vorhin zu nehmen:

$$b = 0{,}6 h \qquad t = 0{,}6$$
$$F = \tfrac{1}{4}\pi \cdot b h \qquad p = \tfrac{1}{4}\pi.$$
$$n = 12;\; m = \tfrac{5}{6};\; \sqrt[3]{n} = 2{,}29;\; \sqrt{\left(1 - \frac{n}{27 m^2}\right.} = 0{,}60$$
$$h = 2{,}06 d \sqrt[3]{\sin\alpha}.$$

Es verhalten sich also näherungsweise die Höhen in den einzelnen Querschnitten, wie die dritten Wurzeln aus den Sinus der Winkel, welchen die Querschnitte mit der Richtungslinie des Drucks P machen. Es ist aber

für $\alpha = 0^\circ$;	$\sqrt[3]{\sin\alpha} = 0{,}000$	für $\alpha = 50^\circ$;	$\sqrt[3]{\sin\alpha} = 0{,}915$
„ „ 10°	„ „ 0,557	„ „ 60°	„ „ 0,953
„ „ 20°	„ „ 0,699	„ „ 70°	„ „ 0,979
„ „ 30°	„ „ 0,794	„ „ 80°	„ „ 0,995
„ „ 40°	„ „ 0,863	„ „ 90°	„ „ 1,000.

Konstruktion und Form der Seil- und Kettenhaken.

§ 66. Man sieht aus dem, was im vorigen Paragraphen besprochen worden ist, dafs derjenige Querschnitt eines Hakens, welcher normal zur Richtungslinie des Drucks ist, am gröfsten wird; die übrigen Querschnitte sind nach Anleitung der vorstehenden Zahlen demselben proportional zu machen. Da, wo die so bestimmte theoretische Begrenzungskurve die Richtungslinie des Drucks P schneidet, ergiebt sich die Stärke des Hakens gleich Null. Für die Ausführung mufs man natürlich an dem einen Ende den Haken in angemessener Weise an den gradlinigen Theil anschliessen, an dem andern Ende dagegen verlängert man ihn passend zu einer aufwärts gebogenen Spitze, welche das Herausspringen des eingehängten Ringes verhindern soll, falls der Zug P, was immer möglich bleibt, zufällig von der angenommenen Richtungslinie abweichen sollte.

Hat man einmal für irgend einen Druck P, und für irgend eine Querschnittsform einen Haken berechnet und konstruirt, so sind für jeden andern Druck, also auch für jeden andern Werth von d, bei denselben Verhältnissen des Querschnitts, die Haken einander ähnlich.

Auf Taf. 8. in Fig. 1 und 2 sind zwei Kettenhaken nach den oben berechneten Verhältnissen gezeichnet. Die natürliche Gröfse der Zeichnung gilt für eine Belastung von 500 Pfund; für jede andere Belastung von P Pfund hat man die Dimensionen der Zeichnung $\sqrt{\frac{P}{500}}$ mal zu nehmen; z. B. für eine Belastung von 2000 Pfund doppelt so grofs. Taf. 8. Fig. 1 und 2.

Fig. 1 zeigt einen Kettenhaken mit kreisförmigem Querschnitte, welcher in ein Querstück festgenietet ist.

Fig. 2 stellt einen Kettenhaken dar, dessen Querschnitt aus zwei halben Ellipsen zusammengesetzt ist; derselbe ist mit dem Querarm aus einem Stück geschmiedet. Der eingehängte Ring ist in dem passenden Verhältnisse gezeichnet.

Zur Vergleichung unserer vorstehend entwickelten Theorie mit andern Angaben und mit ausgeführten Haken folgen hier einige Beispiele.

Taf. 8 Fig. 3, 4 und 5 zeigen drei Haken nach Verhältnissen von Redtenbacher*). Die in der Zeichnung dargestellte natür- Taf. 8. Fig. 3 bis 5.

---

*) Resultate für den Maschinenbau von F. Redtenbacher. Mannheim 1848. § 94.

liche Gröfse gilt bei allen drei Haken für eine Belastung von etwa 236 Pfund. Die Dimensionen sind also viel schwerer als bei den Haken in Fig. 1 und 2, denn der Haken in Fig. 3 mit kreisförmigem Querschnitt hat bei 236 Pfund Belastung fast genau dieselbe Stärke, wie der Haken in Fig. 1 für 500 Pfund.

Redtenbacher bestimmt die theoretische Begrenzungskurve des Hakens, welche in Fig. 3 durch die punktirte Linie angedeutet ist, durch die Gleichung

$$\sin\alpha = \frac{k \cdot \pi}{16 P} \cdot \frac{h^3}{2y + h},$$

worin sämmtliche Buchstaben die auf S. 145 angegebene Bedeutung haben. Man soll nun verschiedene Werthe für h annehmen, und die zugehörigen Werthe von α oder von $\sin\alpha$ berechnen.

Die obige Gleichung entspricht der Voraussetzung, es wirke die Last P an einem Hebelsarme, der gleich dem Abstande ihrer Richtungslinie vom Schwerpunkt des Hakenquerschnitts ist, auf Abbrechen, und strebe eine Drehung um eine durch diesen Schwerpunkt gehende neutrale Axe zu erzeugen. Führt man nach diesem Gesichtspunkt die Rechnung für die Werthe aus, welche wir oben angenommen haben, nämlich für $y = \frac{5}{6} d$, so ergiebt sich, wenn man ein ähnliches Näherungs-Verfahren wie auf S. 146 wählt, bequemer, als die Methode von Redtenbacher zur Bestimmung der theoretischen Kurve:

für den kreisförmigen Querschnitt . . $h = 2{,}54\, d \sqrt[3]{\sin\alpha}$,
f. d. Querschnitt aus zwei halben Ellipsen
mit den Verhältnissen auf S. 148 . . . $h = 3{,}17\, d \sqrt[3]{\sin\alpha}$.

Diese Verhältnisse geben aber viel gröfsere Dimensionen, als man sie in der Praxis auszuführen pflegt.

Die Verhältnisse der Figuren 4 und 5 sind in den Angaben von Redtenbacher von dem Rundeisen der Kette abhängig gemacht; in der Zeichnung sind sie, der Vergleichung mit den übrigen Figuren wegen, auf den kleinsten Durchmesser d des geradlinigen Theils des Hakens bezogen, indem das Ketteneisen $= 0{,}7\, d$ angenommen wurde.

Taf. 8. Fig. 6. Taf. 8. Fig. 6 zeigt einen ausgeführten Haken mit Bügel in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse. Die eingeschriebenen Maafse sind hier englische. Dieser, in zwei Ansichten dargestellte Haken ist von der „Versammlung deutscher Eisenbahn-Techniker“ in Berlin im Februar 1850 in § 42 der „einheitlichen Vorschriften für den durchgehenden Verkehr auf den bestehenden Vereins-Eisenbahnen“

als Zughaken für sämmtliche Eisenbahnfahrzeuge angenommen worden.

Taf. 8. Fig. 7 stellt einen Seilhaken von einem Flaschenzuge dar, welcher an einem, im Königl. Gewerbeinstitut zu Berlin befindlichen Krahne angebracht ist. Der Haken, hier in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet, ist für eine Belastung von etwa 40 Ctr. bestimmt. Taf. 8. Fig. 7.

Wenn der in einen Haken eingehängte Ring sehr beweglich sein soll, und man ihn auf jeden Fall gegen das Herausspringen sichern will, so schliefst man die Oeffnung, welche zum Einhängen des Ringes dient, durch ein verschiebbares Stück. Dieses Stück kann entweder um eine Axe hebelförmig drehbar sein, oder man gestaltet es als Schraubenmutter, welche beim Einhängen des Ringes in die Höhe geschraubt wird und die Oeffnung frei macht, die man aber, nachdem der Ring eingehängt ist, herabschraubt und dadurch die Oeffnung schliefst.

Taf. 8. Fig. 8, 9, 10 und 11 zeigen vier solche Haken in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Gröfse. Dieselben sind in der Maschinenfabrik von M. Webers in Berlin für die Maschinerien der Königl. Oper angefertigt. Taf. 8. Fig. 8 bis 11.

Fig. 8 zeigt einen Haken, dessen Verschlufs in einem hebelförmigen Stück (einer Zunge) besteht, welches durch eine Druckfeder geschlossen erhalten wird, und sich nur nach Innen öffnen läfst. Man nennt solche Haken „Karabinerhaken“ und bekommt sie in verschiedenen Gröfsen bis zu 3 Zoll Länge in Handel. Der hier gezeichnete Haken ist im Ganzen $4\frac{3}{4}$ Zoll lang, die Feder, welche die Zunge zudrückt, ist in der Kröpfung des Hakens angenietet, und um in jedem Falle das unbeabsichtigte Oeffnen der Zunge zu verhindern, ist noch eine cylindrische Messinghülse über den Verschlufs geschoben.

Fig. 9 ist ein Karabinerhaken von gröfsern Dimensionen. Das Schliefsen der Zunge ist hier durch eine Spiralfeder bewirkt, welche an dem Stift, um welchen sich die Zunge dreht, befestigt und in die Höhlung des Gelenkes eingelegt ist. Beim Oeffnen der Zunge wird die Feder zusammengedreht, und äufsert das Bestreben, die Zunge wieder zu schliefsen. Fig. 9*a* zeigt die Zunge mit der Feder in der Vorderansicht.

Fig. 10 und 11 stellt zwei Haken dar, die durch eine Mutter von Messing geschlossen werden. In der einen Ansicht ist jeder der Haken geöffnet, in der andern geschlossen gezeichnet. Das Umdrehen der Mutter wird mit den Fingern bewirkt.

In manchen Fällen ist es erforderlich, den Haken plötzlich zu öffnen, um den Ring mit der daran befestigten Last fallen zu lassen. Dies kommt z. B. bei den Kunstrammen vor, bei welchen der gehobene Rammbär plötzlich niederfallen mufs, ohne das Tau, welches den Fall verzögern würde, mit hinabzuziehen*). Auch bei Fallwerken zum Zerschlagen von Eisen, Steinen etc. kommen ähnliche Einrichtungen vor.

Taf. 8. Fig. 12 und 13. Auf Taf. 8. Fig. 12 und 13 sind zwei solcher Einrichtungen gezeichnet. Die Haken sind an einem eisernen (Fig. 12) oder hölzernen (Fig. 13) Kloben, dem Fallblock (engl. *follower*) befestigt, und erhalten durch denselben beim Heben und Niederfallen eine geradlinige Führung, entweder wie in Fig. 12 mittelst zweier Nuthen *a* und *a'*, welche passende Leisten oder Federn an den Läufer-Ruthen der Ramme umfassen, oder durch eine Rolle *c* in Fig. 13, die sich in einem entsprechenden Schlitze bewegt. An dem Kloben ist entweder in einem Ringe *d* (Fig. 12), oder in einer Bolzenöse *e* (Fig. 13) das Seil zum Heben der Last befestigt. Eine solche Zusammenstellung nennt man eine Katze, auch wohl einen Frosch.

In Fig. 12 ist der Haken geöffnet gezeichnet. Derselbe besteht aus zwei zangenförmig verbundenen Schenkeln. Die obern Enden der Schenkel haben durch ihr Gewicht das Bestreben, den Haken geschlossen zu halten; sie sind mit Rollen versehen, die zwischen den Läuferruthen der Ramme gleiten; sobald sich die Entfernung der Ruthen verengt, was durch eingesetzte, keilförmige Stücke bewirkt wird, müssen die Rollen einander sich nähern, biegen dadurch die obern Enden der Zange zusammen, und öffnen die untern Enden.

In Fig. 13 wird der Haken durch ein Gewicht *f* in der vertikalen Lage erhalten, wobei der Ring des Rammbären im Haken hängt. Sobald man den Hebel *g* niederdrückt (entweder durch eine Zugleine, oder durch einen Knaggen, gegen welchen er, nachdem der Bär hoch genug gehoben ist, stöfst), zieht sich der Haken aus dem Ringe des Bären heraus und läfst denselben fallen. Um das Auslösen des Hakens leicht bewirken zu können, ist es nöthig, dafs die innere Begrenzungskurve desselben ein Kreisbogen sei, welcher aus dem Drehpunkte des Hebels beschrieben

---

*) Ausführlicheres hierüber findet man in dem „Handbuch der Wasserbaukunst von G. Hagen“ Thl. I. Abschn. V. § 37. Die hier gezeichneten Beispiele sind daraus entnommen.

ist. Die in Fig. 13 gezeichnete Katze wurde beim Bau der Docks in Hull benutzt.

In beiden Figuren ist die untere Begrenzung des Hakens so gestaltet, dafs er sich beim Niederfallen der Katze leicht wieder in den Ring des Rammbären einhängt.

Zur Befestigung von Werkstücken an den Ketten oder Tauen der Hebemaschinen, sowohl behufs des Verladens, als auch beim Versetzen derselben, bedient man sich eigenthümlich gestalteter Haken, die man Steinklauen oder Steinschlüssel (Wölfe), auch wohl Kropfeisen nennt. Dergleichen Vorrichtungen sind auf Taf. 8. Fig. 14 bis 17 in einem Sechstel der natürlichen Gröfse dargestellt*). Taf. 8. Fig. 14 bis 17.

Um den Stein an solcher Steinklaue zu befestigen, mufs man in die Oberfläche eine Vertiefung einhauen, welche bei kleinen Steinen nur 2 bis 3 Zoll, bei schweren und spröden Steinen aber 6 bis 9 Zoll tief ist. Bei sehr schweren Steinen wendet man zwei, auch wohl drei Steinklauen an. Die Oeffnung, welche sich nach unten hin erweitert, mufs an den schrägen Seiten möglichst genau bearbeitete Oberflächen haben, damit die keilförmigen Backen der Klaue sich recht scharf daran anlegen können.

Fig. 14 zeigt die üblichste Konstruktion einer Steinklaue, welche aus fünf Haupttheilen besteht. Die beiden keilförmigen Stücke (Backen) a, a', deren gröfste Breite zusammen gleich der obern Breite die Oeffnung ist, werden in die Oeffnung eingesetzt, zu beiden Seiten bis an die geneigten Begrenzungsflächen derselben auseinandergeschoben, der Zwischenraum durch ein drittes (parallelepipedisches) Stück b (den Schlüssel) ausgefüllt, sodann der Bügel c darüber gestellt, und diese vier Stücke schliefslich durch den Bolzen d mit einander vereinigt. Zur gröfsern Sicherheit steckt man noch einen Vorsteckstift durch den Bolzen. An den Bügel ist die Kette befestigt. Das Lösen der Steinklaue geschieht in entgegengesetzter Reihenfolge.

Fig. 15 zeigt eine etwas einfachere Konstruktion, bei welcher sich aber der Druck von dem Gewichte des Steines nicht so gleichförmig auf die Kette überträgt. Diese Steinklaue hat nur eine keilförmige Backe, welche unmittelbar an der Kette befestigt ist. Wenn man den Schlüssel mit einer Zugleine versieht, so

*) Vergl. „Handbuch der Wasserbaukunst von G. Hagen". Theil II. Abschn. VI. § 52. Die Fig. 14, 15 und 17 sind daraus entnommen.

kann man mit einer solchen Steinklaue auch Steine unter Wasser versetzen. Die hier gezeichnete Steinklaue ist von Telford beim Bau des Hafendammes zu Invernefs benutzt worden.

Fig. 16 und 17 sind zwei Steinklauen, bei welchen man den Schlüssel entbehrlich gemacht hat, indem man die Backen zangenartig verbunden hat. Die Einrichtung ist aus der Zeichnung verständlich.

Man hat noch eine grofse Menge anderer Formen von Haken, wie sie z. B. beim Wasserbau, beim Schiffbau, beim Bohren von Brunnen etc. vorkommen, auf deren Beschreibung wir aber hier verzichten müssen.

b) Zusammennähen.

Verschiedene Arten von Nähten.

§ 67. Das Zusammennähen kommt im Maschinenbau bei der Anfertigung der Beutel, Filter und Prefstücher vor, ferner bei den Lederarbeiten, z. B. bei der Zusammensetzung von Riemen, Schläuchen u. dergl.

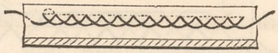
Das Zusammennähen zweier Körper setzt immer einen dritten, biegsamen Körper voraus, welcher durch die Oeffnungen der aneinander zu befestigenden Körper durchgeschlungen wird (§ 53. S. 117). Man nennt denselben den Faden (fr. *fil, corde* — engl. *thread*). Die Fäden, welche uns hier interessiren, sind gezwirnter Flachs, Hanf-, Baumwollen- oder Seidengarn, Darmsaiten, schmale Lederriemen, dünner Eisen- oder Messingdraht.

Die durch die Befestigung sich bildende Fuge heifst die Naht (fr. *couture* — engl. *seam*), welche, je nach der eigenthümlichen Verschlingung des Fadens, folgende Benennungen bekommt:

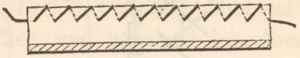
1) Naht mit Vorderstichen (Vorstichnaht); es wird dabei immer vorwärts gestochen. Die Naht hat wenig Haltbarkeit, und wird meistens nur zum Heften, doch auch zum Zusammennähen von Riemen benutzt.

2) Naht mit Hinterstichen (Hinterstichnaht); der Faden wird, nachdem man vorwärts gestochen hat, wieder rückwärts durch das Zeug zurückgestochen.

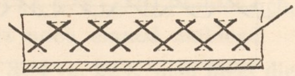
3) Steppnaht, eine Naht mit Hinterstichen, nur dafs man immer durch diejenige Oeffnung den Faden wieder zurücksticht, durch welche man zum vorletzten Male vorwärts gestochen hat; die Fäden liegen schliefslich auf der einen Seite der Naht doppelt, auf der andern bilden sie eine gerade Linie.



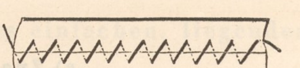
4) Ueberwendliche Naht; dieselbe entsteht, wenn man beide Stücke flach aufeinander legt, den Faden immer über beide Ränder des Zeugs hinüberzieht, und stets nur nach derselben Richtung durch das Zeug sticht.



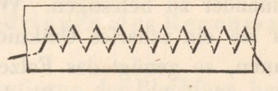
5) Naht mit Kreuzstichen; bei dieser Naht kreuzt sich auf der einen Seite der Naht der Faden jedes Stichs mit dem vorhergehenden, auf der andern Seite bildet der Faden zwei parallele unterbrochene gerade Linien.



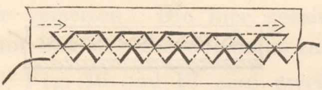
6) Kettennaht oder Stricknaht. Diese Naht bildet sich, wenn man anfangs bei dem Stich den Faden nicht ganz anzieht, sondern eine kleine Schlinge läfst, den Faden durch diese Schlinge hindurchsteckt, und nun erst fest anzieht.



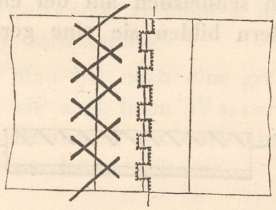
7) Stofsnaht. Man legt zwei Stücke starkes Zeug stumpf nebeneinander und näht sie überwendlich zusammen (No. 4), wobei die Stiche aber nicht durch die ganze Dicke des Zeugs hindurchgehen.



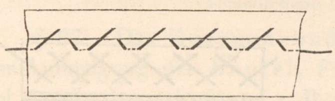
8) Stopfnaht; ähnlich der vorigen, nur dafs der Faden nicht über beide Ränder zugleich gezogen, sondern stets unter dem andern Rande hindurchgenommen wird; man sticht also in beiden Stücken stets von oben nach unten hindurch.



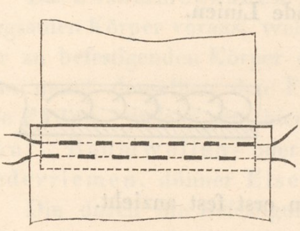
9) Stopfnaht mit Kreuzstichen. Diese Naht unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dafs sich die Fäden kreuzen.



10) Ränderirnaht; dieselbe entsteht, wenn man die zwei Stücke mit Vorderstichen, oder Hinterstichen zusammennäht, die Ränder umbiegt, und mit Kreuzstichen (No. 5) festnäht.



11) Saumnaht; man braucht diese Naht, um einen Saum (einen eingeschlagenen Rand eines Zeugs) festzunähen; auf der rechten, das ist auf der Seite, auf welcher der Saum nicht sichtbar ist, sieht man von der Naht nur kurze, unmerkliche Stiche.



12) Doppelnaht; dieselbe wird angewandt, wenn man die Ränder zweier Stücke ineinander schlägt, und mit einer doppelten Reihe von Stichen festnäht.

c) Zusammenfalzen.

Verschiedene Formen der Falze.

§ 68. Das Falzen kommt fast nur bei Blecharbeiten vor, obwohl man auch Pappe, Zeuge u. dergl. zusammenfalzt, um sie aneinander zu befestigen. Wenn die Bleche biegsam genug sind, so dafs sie ein scharfes Umknicken und Zusammenhämmern vertragen können, so genügt das Falzen für sich allein als Befestigungsmittel. Bei weniger biegsamen Blechen, und wenn es aufserdem darauf ankommt, die Fuge dicht zu machen, z. B. beim Eindecken der Dächer mit Blechtafeln, pflegt man noch das Zusammenlöthen, auch wohl das Zusammennieten als Hilfsmittel zur Befestigung neben dem Falzen anzuwenden.

Nach der Art, in welcher man die Blechränder (gewöhnlich in einer Breite von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll) auf-, um- und zusammenbiegt unterscheidet man verschiedene Arten von Falzen. Die üblichsten sind:

1) Der einfache, stehende Falz (Taf. 8. Fig. 18). Die Blechränder werden aufwärts gebogen, der eine um den andern herumgeschlagen und zusammengehämmert. Taf. 8. Fig. 18 bis 22.

2) Der einfache, liegende Falz (Taf. 8. Fig. 19). Man stellt zuerst den einfachen, stehenden Falz her, und hämmert denselben um, so dafs er sich flach auf die eine Blechtafel auflegt.

3) Der doppelte, stehende Falz (Taf. 8. Fig. 20). Derselbe entsteht, wenn man bei dem einfachen, liegenden Falz die eine Blechtafel noch einmal, die andere noch zweimal umhämmert.

4) Der doppelte, liegende Falz (Taf. 8. Fig. 21) bildet sich, wenn man den doppelten, stehenden Falz noch einmal umbiegt.

5) Der aufgeschobene Falz (Taf. 8. Fig. 22); man biegt die Blechränder unter zwei rechten Winkeln um, und schiebt ein drittes Stück, dessen Ränder ähnlich umgebogen sind, darüber.

Hat man es mit spröden Blechen zu thun, so vermeidet man das scharfkantige Umbiegen, und rundet sämmtliche Ecken ab, so dafs der Falz schliefslich einen runden Wulst bildet (Taf. 8. Fig. 23). Taf. 8. Fig. 23.

Bei der Verwendung des Zinkblechs zum Dachdecken kommen noch einige Formen des Zusammenfalzens vor, welche manche Eigenthümlichkeiten darbieten. Die wichtigsten sind auf Taf. 8 in Fig. 24 bis 29 abgebildet. Taf. 8. Fig. 24 bis 29.

Fig. 24 zeigt eine Abänderung des einfachen, liegenden Falzes.

Fig. 25 eine solche des doppelten, stehenden Falzes.

Fig. 26 eine Umgestaltung des aufgeschobenen Falzes (vergl. Fig. 19, 20 und 22) für den Zweck der Dachdeckung, wo der Falz den Zweck der Befestigung nur nebenbei erreichen soll, vorzugsweise aber bestimmt ist, das Eindringen des Regenwassers in die Fuge zu verhindern.

Fig. 27, 28 und 29 zeigen die Befestigung der Blechfuge beim Dachdecken mittelst eines Falzes und unter Anwendung einer hölzernen Leiste.

In Fig. 27 sind die Blechränder noch zusammengelöthet.

In Fig. 28 lehnen sich die Blechränder an eine rechteckige Leiste an, und sind durch einen übergeschobenen Falz, welcher zugleich die Leiste abdeckt, vereinigt; endlich in

Fig. 29 ist die Leiste mit einer Nuth versehen, in welche die Blechränder hineinreichen; der übergeschobene Blechstreifen ist von dem einen Blechrande um die ganze Leiste aufserhalb herumgeführt bis zum andern Blechrande.
