der Form der Seile nähert, und sich daher leichter um eine Rolle oder Scheibe legen läſst, 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 geschweiſste 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 veranlaſst 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 zusammengeschweiſst, 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*).

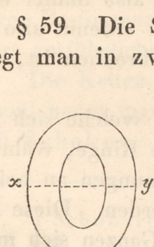
Durchmesser des Rundeisens der Kette $= d$.
Lichte Weite des Bügels, unten . . . $= 5d$,
" " " " oben . . . $= 3d$,
Mittlere Entfernung der Glieder . . . $= 3\frac{1}{4}d$,
Ganze Länge eines Gliedes . . . . $= 6\frac{1}{4}d$.

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 geschweiſsten Ketten.

§ 59. Die Stärke der Glieder geschweiſster Ketten pflegt man in zwiefacher Weise zu berechnen. Das einfachste Verfahren besteht darin, daſs man annimmt, die Belastung der Kette beanspruche nur die absolute Festigkeit der Kettenglieder, und ein Bruch des Kettengliedes könne nur in dem Abreiſsen 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:

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

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

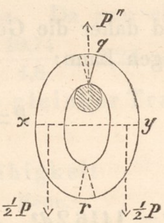
d der Durchmesser des Rundeisens der Kette in Zollen ist.

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:

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

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 $l = 2{,}5d$, folglich:

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

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

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

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

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

($P = 1416{,}2d^2$, $d = 0{,}0264\sqrt{P}$, 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 Fuſs

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

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

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

(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 Fuſs $= 10,74 d^2$ Pfund,

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

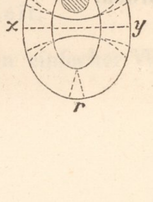
VII. Tabelle
über das Gewicht und die Tragfähigkeit von Ketten.

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
Taf. 7. Fig. 20. hat (Taf. 7. Fig. 20). Dergleichen Ketten sind als Bruntonsche 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.*).