

Siebentes Kapitel.

Lagerverbindungen oder Lagerstühle.

§. 124.

Allgemeines über die Lagerstühle.

Die Lagerstühle haben den Zweck, einzelne oder mehrere Lager in einer bestimmten Stellung gegen Gebäudetheile oder Maschinengestelle zu erhalten. Sie werden fast nur aus Gusseisen gefertigt, und es soll auch nur auf die Konstruktionen aus diesem Material hier Rücksicht genommen werden. Einfache Lagerstühle heissen solche, welche nur ein einziges Lager zu tragen haben, im Gegensatz zu denjenigen, welche mehrere Lager aufzunehmen bestimmt sind. Für beide sind beim Entwerfen mehr oder weniger genau die folgenden Bedingungen zu beobachten, welche namentlich dadurch hervorgerufen werden, dass in der unmittelbaren Nähe der Lagerstühle fast immer die Zahnräder der zu lagernden Wellen angebracht werden.

1. Die Wellen sollen nicht zu fern von den Rädern durch die Lager gefasst werden.

2. Die Richtung des Zapfendruckes darf bei keinem Lager in die Schalenfuge fallen.

3. Der Lagerstuhl soll das Ein- und Auslegen der Wellen mit ihren Zahnrädern möglichst wenig behindern.

4. Die Zahl der Bearbeitungsebenen soll möglichst gering sein; alle Arbeitsflächen sollen womöglich bei einmaligem Aufspannen des Stuhles auf die Hobelmaschine geebnet werden können.

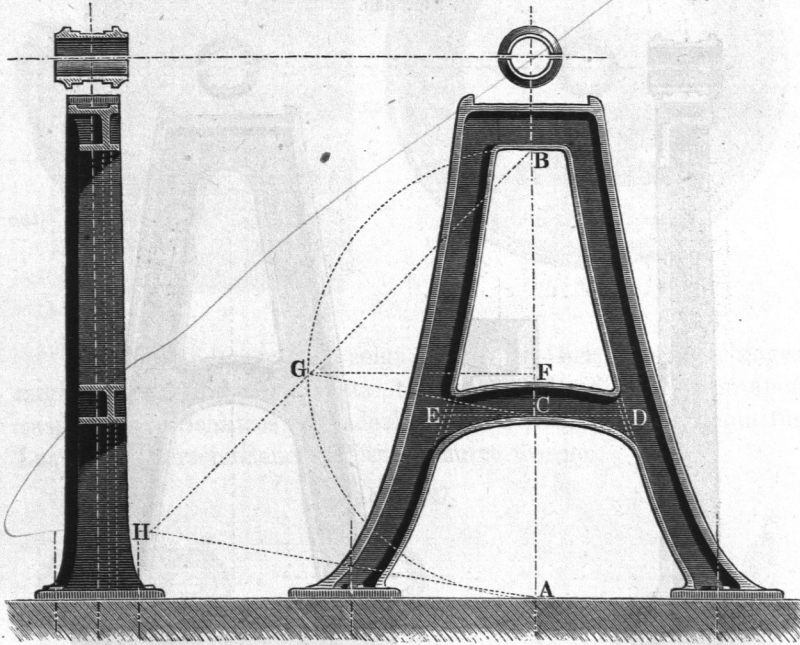
5. Wenn es angeht, sollen namentlich bei schwer zugänglichen Wellen die Lager so gewählt und angebracht sein, dass man die Lagerschalen herausnehmen kann, ohne die Wellen von ihrem Platze nehmen zu müssen.

§. 125.

Einfache Lagerstühle.

Einen Lagerstuhl für ein Stehlager oder einen Stehlagerstuhl zeigt Fig. 344. Es ist angenommen, dass das angewandte Lager ein Rumpflager (nach §. 107) sei, indem diese Konstruktion ver-

Fig. 344.



statte, den Stuhl oben schmal zu halten. Die beiden Streben, welche hauptsächlich den Stuhl bilden, sind zur Erhöhung ihrer rückwirkenden Festigkeit durch einen Quersteg DE verbunden. Die Punkte D und E des Ansatzes desselben an die Streben bekommen stets eine gute Lage, wenn man sie mittelst folgenden Verfahrens aufsucht. Beschreibe über der ganzen Strebenhöhe AB als Durchmesser aus F einen Halbkreis AGB , halbire Bogen AGB in G ; ziehe BG über G hinaus, und mache $GH = AF$; verbinde endlich H mit A , und ziehe $GC \parallel HA$, so ist AC der Abstand des Stegansatzpunktes vom Strebenfuss. — Die Abmessungen der Theile des Stuhles haben sich nach dem Zapfendruck in dem Rumpflager zu richten, und können unter Berücksichtigung der

Lagerabmessungen nach dem Gefühl bestimmt werden. Will man den vorliegenden Stuhl gemäss Bedingung 5. des vorigen §. eingerichtet wissen, so unterlege man das Lager mit einer sogenannten Schieblade, einer Platte, welche seitlich darunter weggezogen werden kann, und der man eine Höhe $0,3 d_1$ gebe.

Eine ruhigere Form als der vorstehende Stuhl hat der in Fig. 345. Derselbe eignet sich namentlich für bedeutendere Dimensionen, wo eine grosse Ruhe des Ausdrucks zweckmässig ist.

Fig. 345.

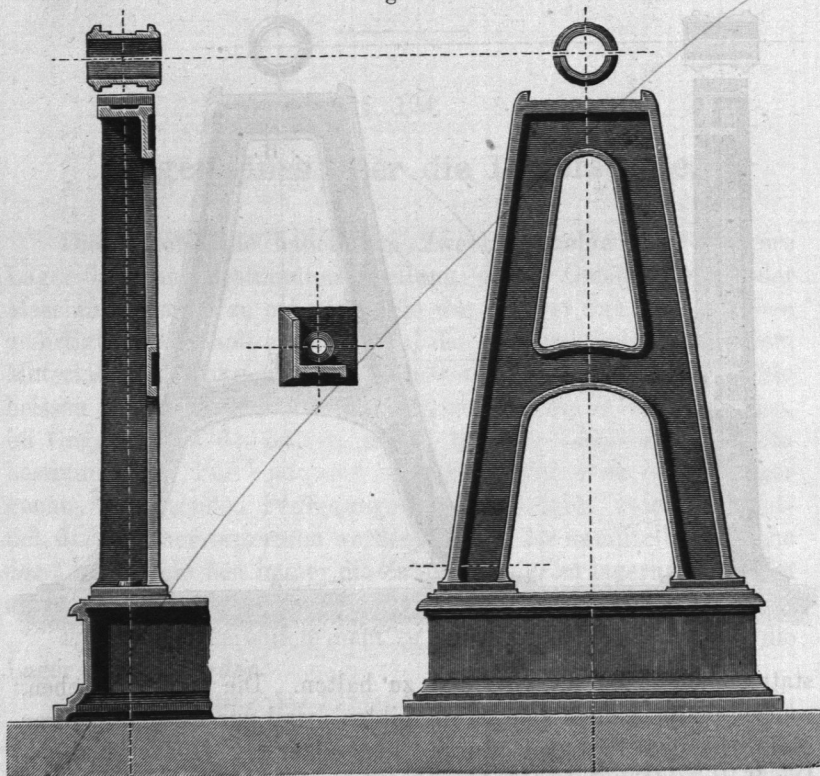
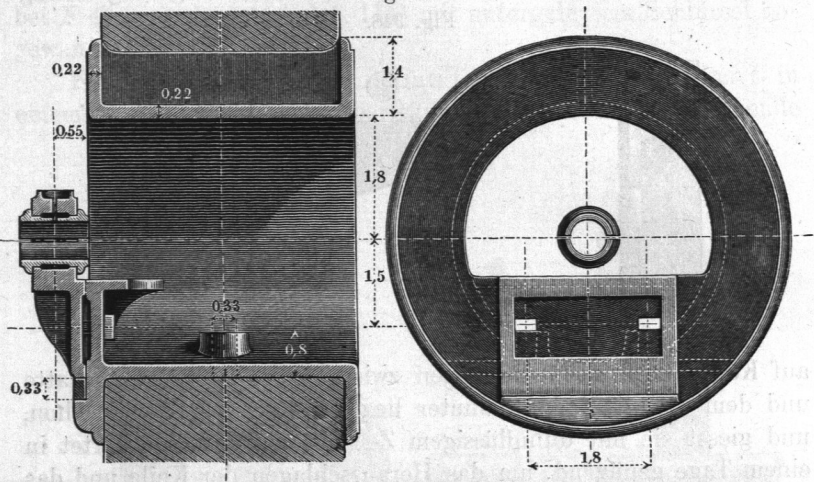


Fig. 346 zeigt einen Mauerlagerstuhl. Derselbe reicht durch eine Maueröffnung, durch welche die zu lagernde Welle gehen soll, und entspricht in seiner Hauptform einem jener Fenster, welche in der Baukunst Ochsenaugen genannt werden. Der Zapfendruck wird durch das angebrachte Stirnlager aufgenommen, welches nach Entfernung des untergelegten Schlüssels weggenommen werden kann, ohne dass man die Welle bewegen müsste. Nicht zu übersehen ist die (punktirte) Platte, welche den durch die Mauer

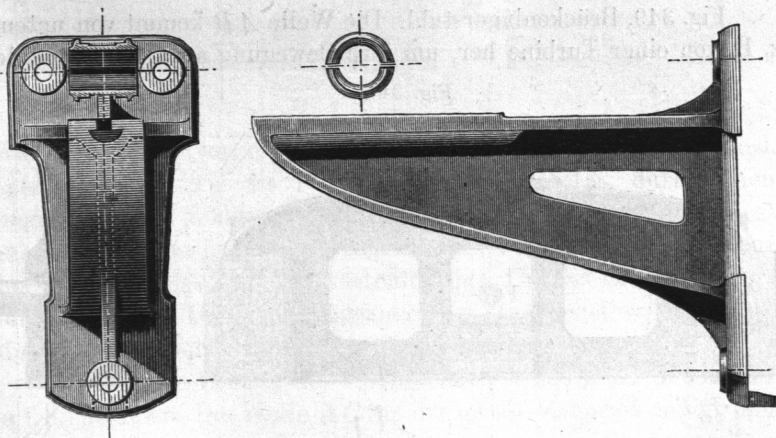
gehenden Cylinder horizontal tangirt. Die eingeschriebenen Verhältnisszahlen beziehen sich auf die Bezugeinheit d_1 des Lagers.

Fig. 346.



Einen Wandlagerstuhl zeigt Fig. 347. Hier ist ein Stehlager angewandt, dessen Wandabstand wegen des für die Fusschrauben ausgesparten Schlitzes veränderlich ist. Dasselbe Modell kann für Lager von verschiedener Grösse benutzt werden.

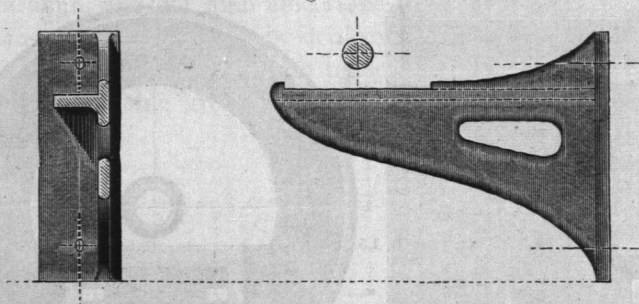
Fig. 347.



Ein kleiner ganz leichter und einfacher Wandstuhl ist in Fig. 348 (a. f. S.) dargestellt. Er ist gleichsam nur ein Wandarm und dient zur Lagerung leichter Vorgelegewellen.

Vielfach benutzt man bei der Befestigung der Lagerstühle an Mauern und auf Fundamenten den Zementverguss. Wenn man sich seiner bedienen will, setzt man den Stuhl sorgfältig richtig

Fig. 348.



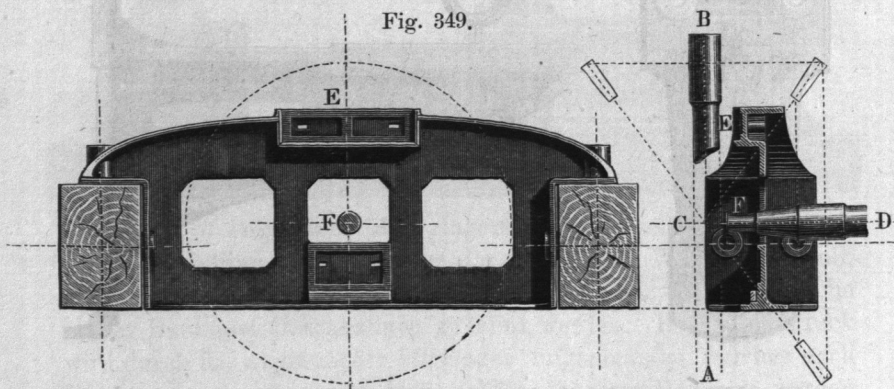
auf Keile, verstreicht die Fugen zwischen der Befestigungsplatte und dem darunter oder dahinter liegenden Mauerwerk mit Thon, und giesst sie mit dünnflüssigem Zement aus; dieser erhärtet in einem Tage genügend, um das Herausschlagen der Keile und das vollständige Festziehen der Schrauben zu gestatten.

§. 126.

Mehrfache Lagerstühle.

Fig. 349, Brückenlagerstuhl. Die Welle *AB* kommt von unten, z. B. von einer Turbine her, um ihre Bewegung an die horizontale

Fig. 349.

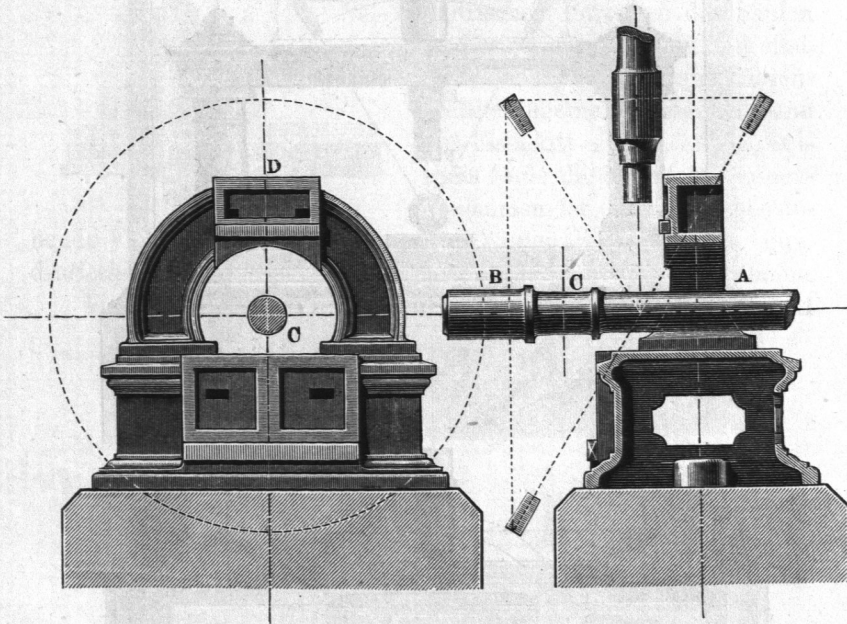


Welle *CD* abzugeben. Der Zapfendruck ist bei *E* senkrecht zur Ebene der beiden Wellen gerichtet, während er bei *F* schief nach

unten geht, indem er sich dort aus dem Zahndruck der Räder und dem Gewicht von Rad und Welle zusammensetzt. Diesen Kraftrichtungen entsprechend ist bei *E* ein Gabelhalslager (nach §. 113), bei *F* ein Stirnlager (nach §. 114) mit untergelegtem Schlüssel angewandt.

Fig. 350, Fusslagerstuhl. Eine liegende Welle *AB*, bei *C* in einem Stirnlager laufend, überträgt ihre Kraft auf die stehende

Fig. 350.

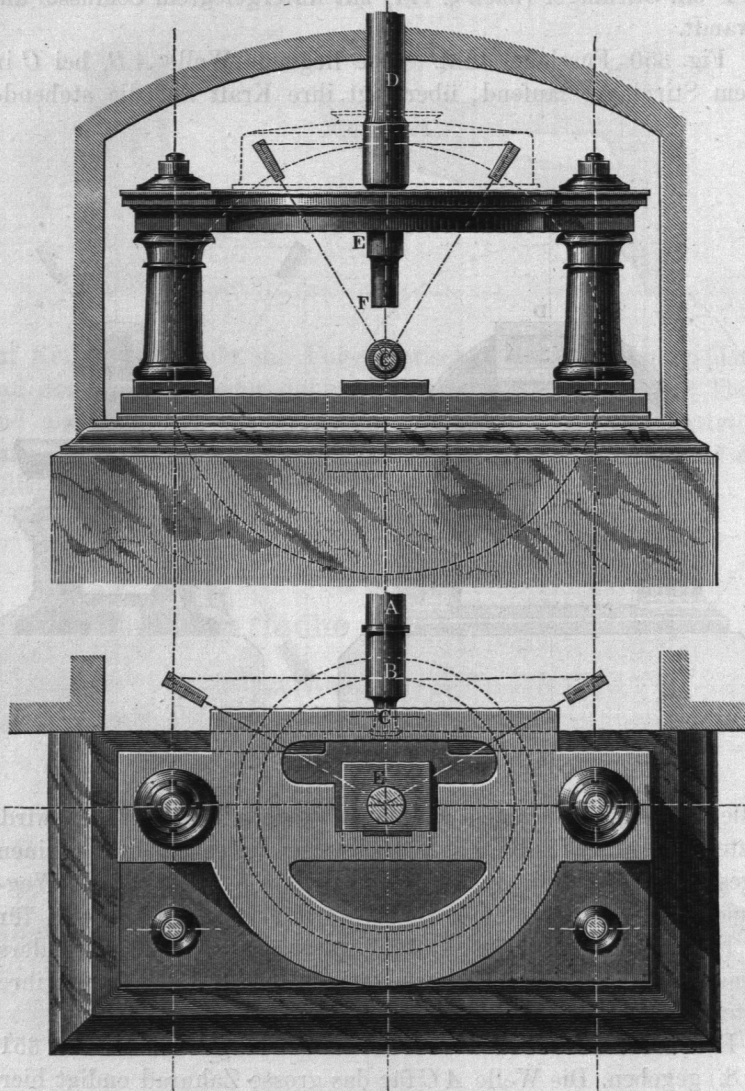


Welle *D*, welche von einem Fusslager (nach §. 119) getragen wird. Letzteres wird, wie die Figur theilweise andeutet, durch einen eingeschobenen Schlüssel getragen, so dass es nach dessen Wegnahme leicht nach unten gezogen werden kann. Der Bock für das Fusslager ist auf das kastenförmige Untergestell besonders aufgeschraubt. Die Gründungsanker des Fussgestelles haben ihre Muttern im Inneren des letzteren.

Eine andere Lösung der vorstehenden Aufgabe ist in Fig. 351 (a. f. S.) gegeben. Die Welle *AC* für das grosse Zahnrad endigt hier hinter dem Lagerstuhl in einen Stirnzapfen, was die Anwendung eines kleineren Stirnlagers als vorhin bei *C* gestattet. Freilich ist dabei das Rad nicht so bequem zugänglich, wie bei der ersten Lösung. Die Lagerung des Königsbaumes *DEF* ist nach den

in §. 120 angedeuteten Grundsätzen bewirkt, indem bei *E*, dem oberen Lagerstuhl-Rahmen angegossen, ein Gabellager angenom-

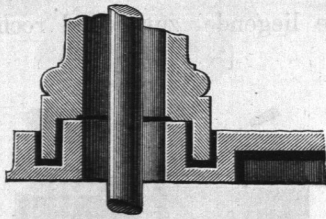
Fig. 351.



men ist, die senkrechte Stützung bei *F* aber durch eine stellbare Spurpfanne nach Fig. 331 erfolgt. Nach vorn ist der obere Gesimsrahmen kreisförmig ausgebogen, sodass ein runder (guss-

eiserner) Radschirm oder Raddeckel, welcher die Gefahr bei der Wartung des Getriebes beseitigt, aufgelegt werden kann. Derselbe ist punktirt angedeutet. Vier Grundanker befestigen die untere Platte auf einer Quader-Unterlage, welche auch durch einen mit Zement gemauerten Ziegelsockel ersetzt werden kann. Die beiden rückwärts gelegenen Anker gehen durch die beiden Säulen hindurch und verbinden dadurch zugleich Ober- und Untertheil.

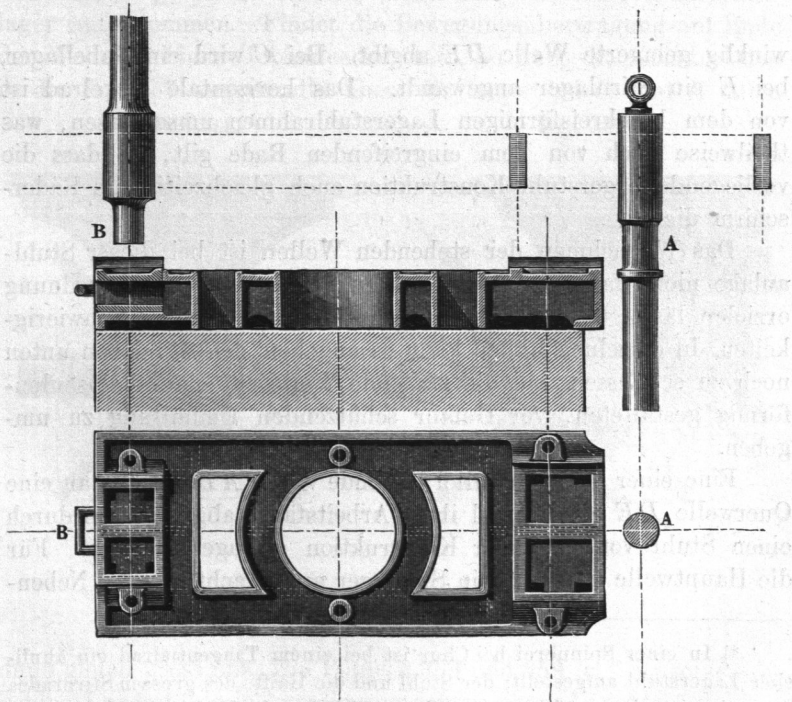
Fig. 352.



Der Grundriss zeigt, wie die cylindrischen Fortsätze der Säulen im Gesimsrahmen festgekeilt sind. In der Sohlplatte sind die Säulenplinthen ebenfalls festgekeilt und mit Eisenkitt eingekittet, zu welchem Ende die Sohlplatte so ausgenommen ist, wie es nebenstehende Figur verdeutlicht. Eine den Säulenplinthen gleiche quadratische Plinthe dient zur Aufnahme der stellbaren Spurpfanne.

Fig. 353, Liegender Lagerstuhl für zwei stehende Wellen A

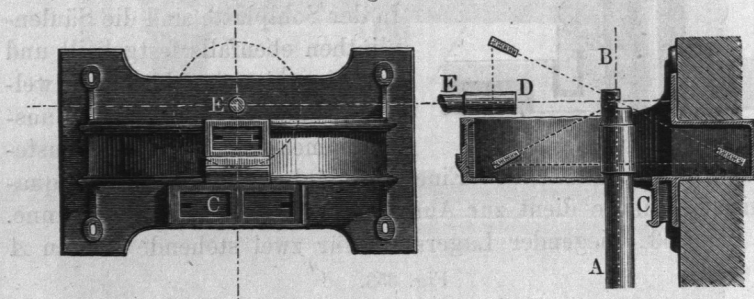
Fig. 353.



und *B*, welche durch Stirnräder einander ihre Bewegung mittheilen. Die Welle *A* kann als von einer Turbine*) heraufkommend angesehen werden, während *B* alsdann einem Königsbaume angehört. Bei *A* ist ein Halslager nach Fig. 317 angebracht, bei *B* ein Fusslager mit untergelegter Schieblade, so dass man nach Abstützung des Rades auf der Welle *B* das Lager bequem wegnehmen und nachsehen kann.

Fig. 354, Wandlagerstuhl für eine stehende Welle *AB*, welche einen Theil ihrer Triebkraft an eine liegende, zur Wand recht-

Fig. 354.



winklig gelagerte Welle *DE* abgibt. Bei *C* wird ein Gabellager, bei *E* ein Stirnlager angewandt. Das horizontale Kegelrad ist von dem halbkreisförmigen Lagerstuhlrahmen umschlossen, was theilweise auch von dem eingreifenden Rade gilt, so dass die vorliegende Lagerstuhl-Konstruktion auch gleichzeitig als Raderschirm dient.

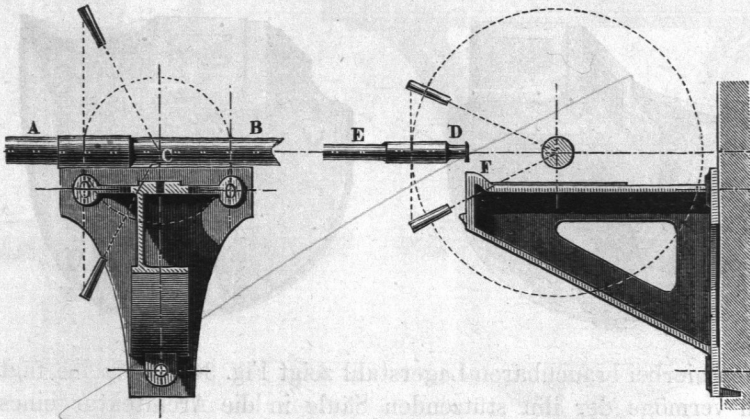
Das Wegnehmen der stehenden Wellen ist bei dieser Stuhl-anlage nicht ganz so bequem, als es sich bei anderer Anordnung erzielen lässt, macht aber immerhin keine bedeutende Schwierigkeiten. In einzelnen Fällen kann es angehen, den Stuhl von unten noch zu schliessen und die stehende Welle mit einer halbsäulenförmig gestalteten, vor Gefahr schützenden Umhüllung zu umgeben.

Eine einer Wand parallel laufende Welle *AB*, welche an eine Querwelle *DE* einen Theil ihrer Arbeitstärke abgibt, kann durch einen Stuhl von folgender Konstruktion getragen werden. Für die Hauptwelle ist bei *C* ein Stehlager angebracht, für die Neben-

*) In einer Spinnerei bei Chur ist bei einem Tangentialrad ein ähnlicher Lagerstuhl aufgestellt; der Stuhl und die Hälfte des grossen Stirnrades liegen in einer Bogenöffnung der grossen Giebelmauer des Spinnereigebäudes.

welle bei *F* ein Stirnlager. Der Wandabstand des Lagers bei *C* ist wieder verstellbar (vergl. Fig. 347). Sind die Zahnräder

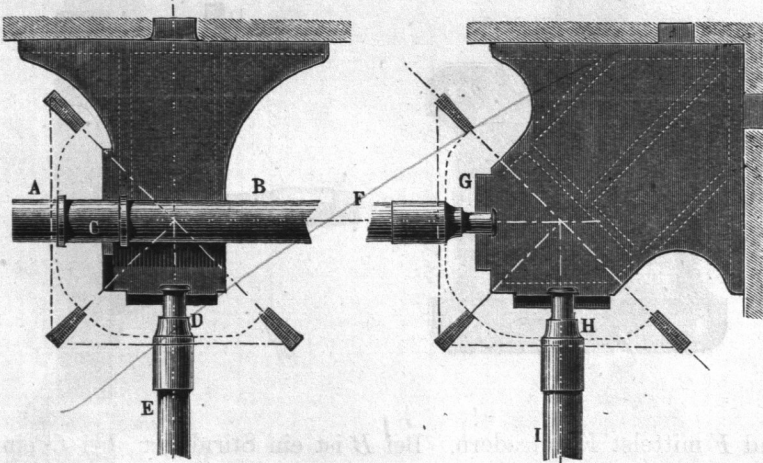
Fig. 355.



gleichgross, so eignet sich die Konstruktion, welche Fig. 356 im Grundriss zeigt. Hier wird die Achse *AB* bei *C* durch ein Stirnlager aufgenommen. Findet die Bewegungsübertragung am Ende der Welle in einer Gebäudeecke statt, so geht die Konstruktion in die Fig. 357 angewandte über; die Lager bei *G* und *H* fallen

Fig. 356.

Fig. 357.



dann gleich gross aus. Die Figuren 358 und 359 (a. f. S.) zeigen die beiden Lagerstühle in kavalierperspektivischen Ansichten.

Manchmal hat man mitten in einem Gebäude in der Nähe der Decke von einer horizontalen Welle aus Querwellen zu treiben*).

Fig. 358.

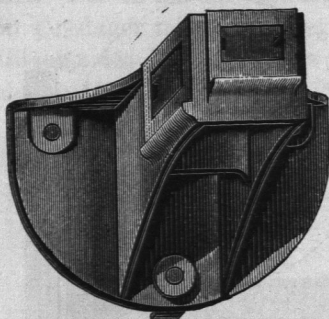
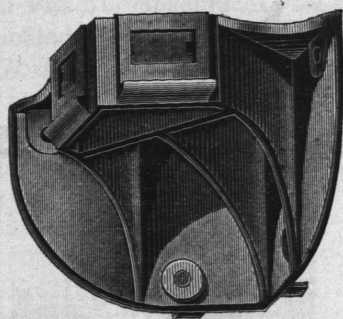


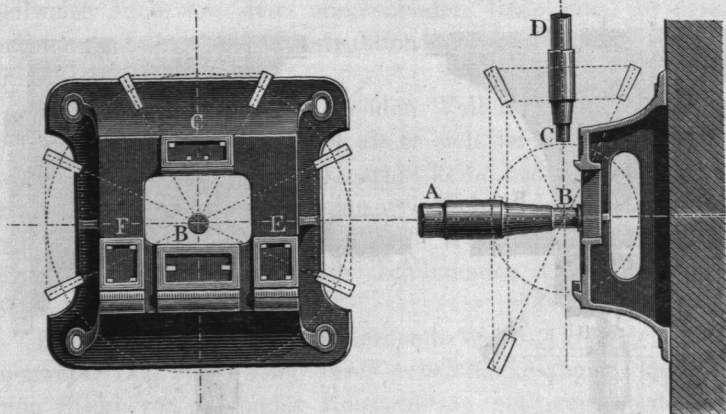
Fig. 359.



Einen hierbei brauchbaren Lagerstuhl zeigt Fig. 360. Derselbe fügt sich vermöge der ihn stützenden Säule in die Architektur eines grossen Arbeitsaales leicht hinein, und hat dabei eine einfache Lageranordnung; bei *A* nämlich ein Stirnlager nach §. 114, bei *E* und *F* zwei Wandlager nach §. 112, bei *C* ein Fusslager nach §. 119.

Fig. 361 zeigt einen Wandlagerstuhl für vier Lager. Eine horizontale Welle *AB* treibt die vertikale *CD* und zwei horizontale *E*

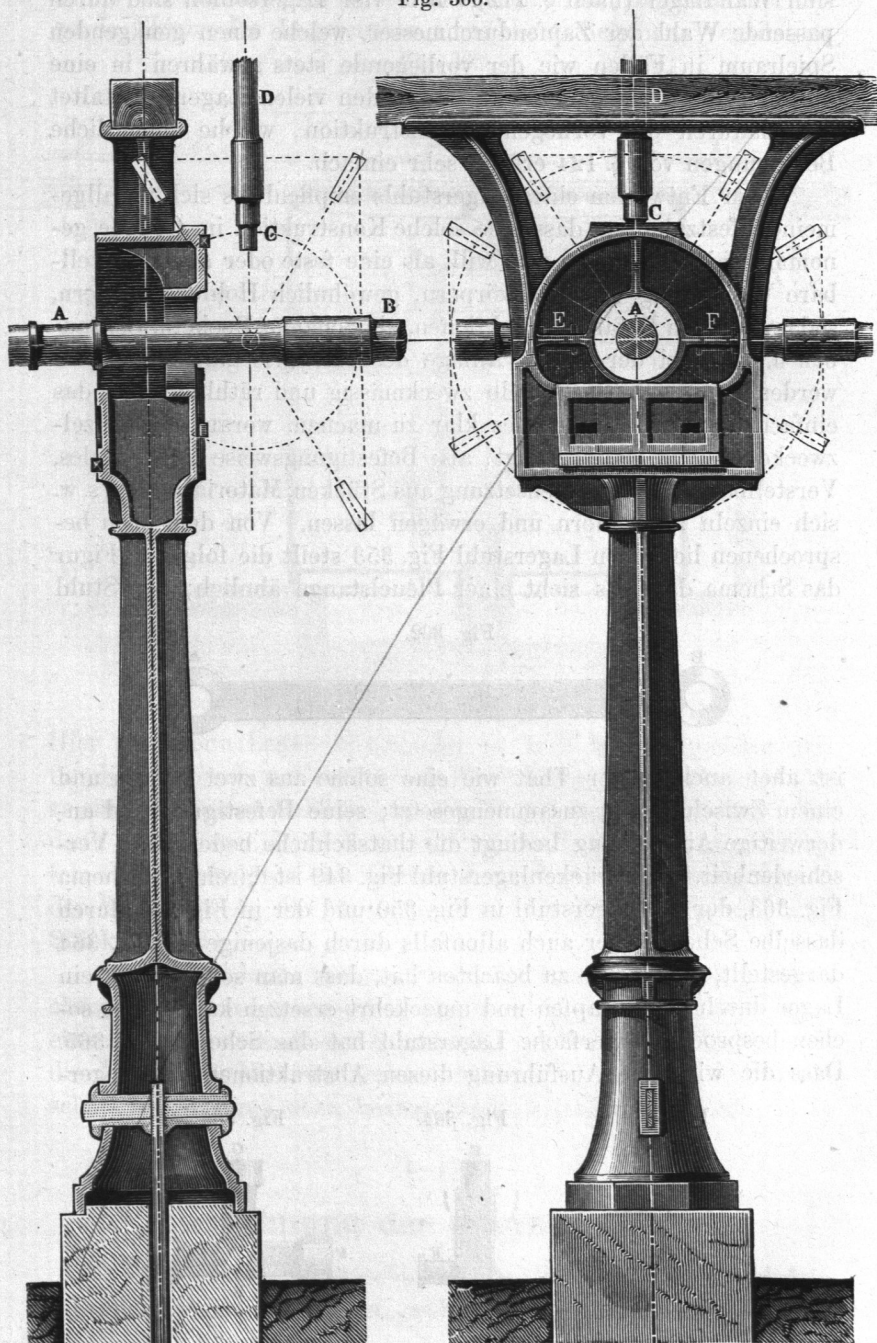
Fig. 361.



und *F* mittelst Kegelrädern. Bei *B* ist ein Stirnlager, bei *C* ein Fusslager (nach §. 119) angewandt; die Lager bei *E* und *F* endlich

*) Vergl. Armengaud, Vignole des méc. S. 385.

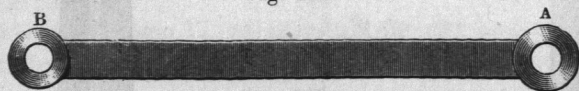
Fig. 360.



sind Wandlager (nach §. 112). Alle vier Lagersohlen sind durch passende Wahl der Zapfendurchmesser, welche einen genügenden Spielraum in Fällen wie der vorliegende stets gewähren, in eine und dieselbe Ebene gebracht. Trotz den vielen Lagern gestaltet sich dadurch die vorliegende Konstruktion, welche sämtliche Bedingungen von §. 124 erfüllt, sehr einfach.

Beim Entwerfen eines Lagerstuhls empfiehlt es sich im allgemeinen, festzuhalten, dass eine solche Konstruktion im Grunde genommen nichts anderes sein will, als eine feste oder auch verstellbare Verbindung von Drehkörpern, gewöhnlich Hohldrehkörpern, sodass von den Detailkonstruktionen, als Schalen, Deckeln, Schrauben u. s. w. bei der ersten Anlage des Entwurfs ganz abgesehen werden kann. Es ist deshalb zweckmässig und räthlich, sich das einfachste Schema des Baues klar zu machen, worauf die Einzelzwecke, welche man verfolgt, als: Befestigungsweise des Stuhles, Verstellbarkeit, Zusammensetzung aus Stücken, Materialwahl u. s. w. sich einzeln aussondern und erwägen lassen. Von dem oben besprochenen liegenden Lagerstuhl Fig. 353 stellt die folgende Figur das Schema dar. Es sieht einer Pleuelstange ähnlich; der Stuhl

Fig. 362.



ist aber auch in der That wie eine solche aus zwei Lagern und einem Zwischenstück zusammengesetzt; seine Befestigung und anderweitige Ausstattung bedingt die thatsächliche bedeutende Verschiedenheit. Der Brückenlagerstuhl Fig. 349 ist durch das Schema Fig. 363, der Fusslagerstuhl in Fig. 350 und der in Fig. 351 durch dasselbe Schema oder auch allenfalls durch dasjenige in Fig. 364 dargestellt, indem man zu beachten hat, dass man schematisch ein Lager durch einen Zapfen und umgekehrt ersetzen kann. Der soeben besprochene vierfache Lagerstuhl hat das Schema Fig. 365. Dass die wirkliche Ausführung diesen Abstraktionen des Lager-

Fig. 363.

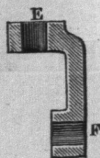
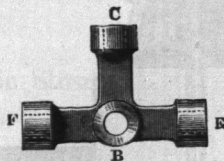


Fig. 364.

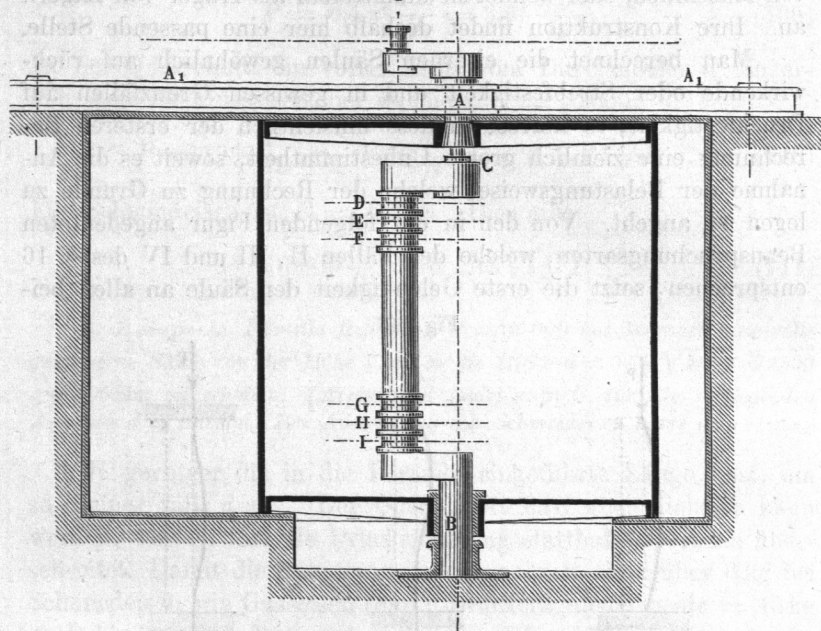


Fig. 365.



stuhls nahekomen, ja in sie übergehen kann, zeigt die hier folgende Skizze des Lagerstuhls eines Lemielle'schen Ventilators.

Fig. 366.



Hier sind neun Lager miteinander zu verbinden. Zunächst drei für die Trommel, mit welcher die Treibkurbel fest verbunden ist; es sind die beiden Halslager *A* und *B* und das Stützlager *C*. So dann sechs Lager *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, *J* für die Leitstangen der Schaukeln. Der Lagerstuhl als Ganzes betrachtet wird gebildet durch den Träger A_1A_1 , das Mauerwerk und das krummachsenähnliche Stück *BJDC*.

Die Achsenhalter oder -Gabeln der Eisenbahnwagen gehören ebenfalls zu den Lagerstühlen; bei ihnen wird indessen dem Lager eine Gleitung normal zur Zapfenachse gestattet, und diese durch die Federn regulirt; sie haben im Grunde eine enge Verwandtschaft mit unseren oben besprochenen gelenkigen Lagern.

§. 127.

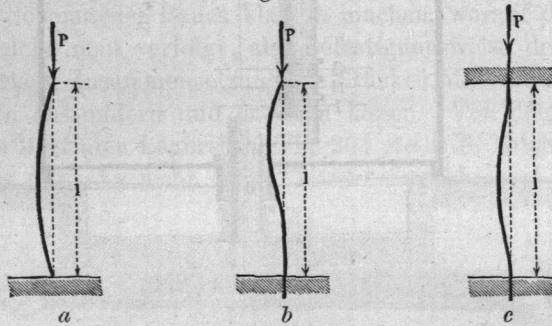
Berechnung der eisernen Säulen.

Vielfach fällt dem Maschinenbauer die Berechnung und Ausführung eiserner Säulen zu, welche fast ganz zu rein baulichen

Zwecken dienen, oder doch in nur entferntem Zusammenhang mit Maschinen stehen; häufig jedoch benutzt er sie auch als Gestelltheile von Maschinen, oder wendet sie unmittelbar als Träger von Lagern an. Ihre Konstruktion findet deshalb hier eine passende Stelle.

Man berechnet die eisernen Säulen gewöhnlich auf rückwirkende oder Strebfestigkeit und in gewissen Grenzfällen auf Druckfestigkeit; es herrscht indess hinsichtlich der ersteren Berechnung eine ziemlich grosse Unbestimmtheit, soweit es die Annahme der Belastungsweise, welche der Rechnung zu Grunde zu legen ist, angeht. Von den in der folgenden Figur angedeuteten Beanspruchungsarten, welche den Fällen II, III und IV des §. 16 entsprechen, setzt die erste Gelenkigkeit der Säule an allen bei-

Fig. 367.



den Enden, die zweite solche an nur einem Ende voraus, während bei der dritten beide Enden als fest eingespannt angenommen sind. Die Belastungen, welche den Bruch drohen, sind bei:

$$a. \quad \pi^2 \frac{JE}{l^2}$$

$$b. \quad 2 \pi^2 \frac{JE}{l^2}$$

$$c. \quad 4 \pi^2 \frac{JE}{l^2}$$

wenn die Säulen prismatisch und von der Länge (Höhe) l sind, der Querschnitt das Trägheitsmoment J und das Material den Elastizitätsmodul E besitzt. Wie in §. 16 erwähnt wurde, sprechen Versuche dafür, dass freistehende Säulen sich wie der Stab im Falle c verhalten, wenn ihre Enden einfach abgeflacht sind. Wählt man nun die Belastung kleiner als sie dem Falle a . entspricht, so ist unter allen Umständen, selbst wenn eine gewisse Gelenkigkeit der Enden dennoch vorausgesetzt wird, Sicherheit vorhanden*).

*) Baumeister Drewitz prüfte gusseiserne Säulen mit der Belastung $\pi^2 JE : l^2$, ohne die leiseste nachtheilige Aenderung an denselben bemerken zu können. Erbkam's Bauzeitung V. S. 534.

Wir nehmen deshalb für die der Längsenachse nach gerichtete zulässige Belastung P :

$$P = 0,4 \pi^2 \frac{JE}{l^2} = 3,94 \frac{JE}{l^2} \quad (109)$$

Ist der Querschnitt ein voller Kreis vom Durchmesser d , so erhält man für Gusseisen, bei welchem $E = 10\,000$:

$$P = 1937 \frac{d^4}{l^2} \sim 1900 \frac{d^4}{l^2}, \quad d = 0,15 \sqrt{l} \sqrt[4]{P} \quad (110)$$

Für Schmiedeeisen ist $E = 20\,000$. Dies gibt:

$$P = 3800 \frac{d^4}{l^2}, \quad d = 0,13 \sqrt{l} \sqrt[4]{P} \quad (111)$$

1. *Beispiel.* Für die Belastung $P = 15\,000$ hat hiernach eine volle gusseiserne Säule von der Höhe $l = 4\text{ m}$ die Dicke $d = 0,15 \sqrt{4000} \sqrt[4]{1500} \sim 105\text{ mm}$ zu erhalten. (Armengaud findet a. a. O. für die vorliegenden Angaben $d = 100\text{ mm}$. Bei Anwendung von Schmiedeeisen käme $d = 91\text{ mm}$.)

Je geringer die in die Formeln eingeführte Länge l ist, um so kleiner fällt d aus. Der Querschnitt darf aber nicht so klein werden, dass in ihm die Druckspannung statthafte Grenzen überschreitet. Damit die Spannung im Querschnitt nicht über 6 kg bei Schmiedeeisen wie Gusseisen (deren Drucktragmodul beide $= 15\text{ kg}$ sind) hinausgehe, darf man in beiden Fällen d nicht kleiner nehmen als:

$$\left. \begin{array}{l} d = 0,46 \sqrt[4]{P} \\ \text{oder die Belastung nicht grösser als} \\ P = 4,71 d^2 \end{array} \right\} \quad (112)^*$$

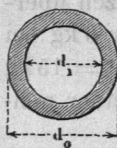
Nach den Formeln (110) und (112) ist die folgende Tabelle für runde volle gusseiserne Säulen berechnet. Sie gibt die Belastungen in Kilogramm, welche den in Eingang und Kopf angegebenen Säulendicken und -Höhen entsprechen.

(Siehe die Tabelle auf folgender Seite.)

Die mit einem Sternchen bezeichneten Zahlen in den Spalten 2, 3 und 4 sind aus der Formel (112) berechnet. Diese schränkt dort die zulässige Belastung merklich ein. So ergäbe z. B. die Berechnung nach (111) für $d = 180$ und $l = 2000$ die zulässige Belastung $P = 1900 \cdot 180^4 : 2000^2 = 498\,636\text{ kg}$, während nach (112) sich nur etwas über $\frac{1}{3}$ dieses Werthes ergibt. Jenes P würde auch im Querschnitt eine Spannung weit über den Tragmodul hinaus, nämlich von nahe 20 kg hervorrufen.

d	$l=2000$	3000	4000	5000	6000	7000
30	392	174	98	62	43	32
35	726	322	182	116	81	59
40	1 240	530	310	198	138	102
45	1 986	883	496	318	220	162
50	3 027	1 350	760	487	338	248
60	6 278	2 802	1 576	1 009	701	514
70	11 674	5 170	2 906	1 861	1 294	942
80	19 850	8 791	4 960	3 174	2 209	1 618
90	31 782	14 125	7 944	5 022	3 531	2 607
100	*74 120	21 488	12 110	7 750	5 403	3 962
120	*67 853	44 642	25 111	16 071	11 161	8 222
140	*92 355	81 100	46 521	29 774	20 718	15 190
160	*120 627	*120 627	79 364	50 793	35 328	25 955
180	*152 669	*152 669	127 176	81 361	49 215	41 536
200	*188 480	*188 480	*188 480	124 006	86 235	63 180

Hohle Säulen. Die gusseisernen Säulen werden gewöhnlich Fig. 368. hohl hergestellt. Ihre Abmessungen ermitteln sich leicht durch Querschnittverwandlung aus denen der vollen gleichwerthigen Säule. Ist der lichte Durchmesser des Querschnittes d_1 , der äussere d_0 , der der vollen Säule d , so ist zu nehmen:



$$\frac{d_0}{d} = \frac{1}{\sqrt[4]{1 - \left(\frac{d_1}{d_0}\right)^4}} \dots \dots \dots (113)$$

Das Hohlungsverhältniss $d_1:d_0 = \psi$ wird häufig $= 0,7$ bis $0,8$ gefunden. Man erhält für:

$\psi = 0,5$	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
$d_0:d = 1,016$	1,035	1,07	1,10	1,14	1,20	1,31	1,52

Die Grenze der Anwendung der Strebefestigkeitsformel fällt nicht ganz, obwohl nahe mit der obigen zusammen. Man sehe zu, dass d_0 nicht kleiner wird als:

$$\left. \begin{aligned} d_0 &= \frac{0,46 \sqrt{P}}{\sqrt{1 - \psi^2}} \\ \text{oder die Belastung nicht grösser als} \\ P &= 4,71 d_0^2 (1 - \psi^2) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (114)$$

*) Hierbei herrscht dieselbe Tragsicherheit wie bei (110) und (111) mit Beziehung auf den Fall a , indem dort der Koeffizient $0,4$ eingeführt wurde, hier aber die Spannung $= 0,4$ des Tragmoduls gesetzt worden ist.

Man hat bei

$\psi = \frac{d_1}{d_0}$	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
$1 - \psi^2$	0,75	0,64	0,51	0,44	0,36	0,28	0,19	0,10
$\frac{1}{\sqrt{1 - \psi^2}}$	1,15	1,25	1,40	1,51	1,67	1,89	2,29	3,20

2. Beispiel. Obige Säule von 15 000 kg Belastung, welche 105 mm dick ausfiel, erhält bei einem Hohlungsverhältniss 0,8 die Dicke $d_0 = 1,14 \cdot 105 = 119,7 \sim 120$ mm, und die Lichtweite $d_1 = 0,8 \cdot 120 = 96$ mm, d. i. eine Wanddicke von 12 mm. Für die Spannung $\mathfrak{S} = 6$ kg im Querschnitt dürfte sie nach (114) die Belastung $P = 4,71 \cdot 120^2 \cdot 0,36 \sim 24\,480$ kg tragen. Somit wären die gefundenen Werthe brauchbar, wenn man die geringe Wanddicke als gut im Guss ausführbar ansehen will. Wählt man $d_1 : d_0 = 0,7$, so kommen die auch wegen (114) brauchbaren Werthe $d_0 = 112$ mm und $d_1 = 79$ mm, entsprechend der Wanddicke 16,5 mm, welche auch als gut herstellbar angesehen werden darf.

Manchmal ist man in der Lage, für eine hohle Säule den äusseren Durchmesser d_0 wählen zu können, alsdann bestimmt sich beim Material Gusseisen die Lichtweite d_1 aus folgendem Ausdruck:

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= d_0 \sqrt[4]{1 - 0,000516 \frac{Pl^2}{d_0^4}} \\ \text{und die Belastung} \\ P &= 1900 \frac{d_0^4 - d_1^4}{l^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots (115)$$

wobei P = dem Unterschied der Tragkräfte zweier voller Säulen von den Dicken d_0 und d_1 ist.

Dabei ist aber wieder, damit die Druckspannung nicht 6 kg übersteige, darauf zu achten, dass P nicht grösser werde als:

$$\left. \begin{aligned} P &= 4,71 (d_0^2 - d_1^2) \\ \text{und } d_1 \text{ nicht grösser als:} \\ d_1 &= d_0 \sqrt[4]{1 - 0,2122 \frac{P}{d_0^2}} \end{aligned} \right\} \dots \dots (116)$$

abgesehen davon, dass auf gute Ausführbarkeit der Gusswand gesehen werden muss.

3. Beispiel. In einem Berliner Kasernengebäude waren hohle Säulen von nahe 16 900 kg Tragkraft bei 3600 mm Höhe anzubringen. Man gab ihnen die Dicke $d_0 = 157$ mm. Dann hätten sie nach (115) die Lichtweite $d_1 = 157 \sqrt[4]{1 - 0,000516 \cdot 3600^2 \cdot 16900 : 157^4} = 157 \cdot 0,9499 \sim 149$ mm zu erhalten. Nach (116) darf man höchstens nehmen:

$$d_1 = 157 \sqrt{1 - 0,2122 \cdot 16900 : 157^2} = 0,9244 \cdot 157 \sim 145 \text{ mm.}$$

Dies würde immer erst eine Wanddicke von 6 mm liefern. Machen wir daher diese jetzt nach empirischer Wahl = 15 mm, so kommt $d_1 = 127 \text{ mm}$. Man hat genommen $d_1 = 124 \text{ mm}$.

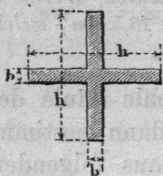
4. Beispiel. Eine gusseiserne Säule von 4700 mm Höhe und 235 mm äusserer Dicke hat zu tragen 125 000 kg und wurde mit der Hohlungsweite $d_1 = 170 \text{ mm}$ ausgeführt. Wir erhielten nach (115) für die Belastung bei Berechnung auf Strebefestigkeit: $d_1 = 235 \sqrt[4]{1 - 0,000516 \cdot 125 000 \cdot 4700 : 235^4} = 235 \cdot 0,8543 \sim 201 \text{ mm}$, nach (116) aber nur

$$d_1 = 235 \sqrt{1 - 0,2122 \cdot 125 000 : 235^2} = 235 \cdot 0,721 \sim 169 \text{ mm,}$$

d. i. fast genau wie die Ausführung.

Man sieht aus diesen Beispielen, dass man sorgfältig alle Umstände zu erwägen hat, um Fehler zu vermeiden, und ein begründetes Urtheil über den einzelnen Fall zu gewinnen.

Fig. 369.



Flügelsäulen. Der kreuzförmige Querschnitt, welcher bei den Achsen grosse Dienste leistete, eignet sich auch für Säulen. Man kann die Rippenhöhe und -Dicke h und b wieder einfach durch Querschnittverwandlung aus der Dicke d der gleichwerthigen vollen Rund-

säule herleiten, indem man macht:

$$\frac{b}{d} = \frac{3\pi}{16} \left(\frac{d}{h} \right)^3 = 0,59 \left(\frac{d}{h} \right)^3 \quad \dots \quad (117)$$

woraus mit genügender Annäherung b bei gewähltem Profil (h) bestimmter ist. Bezüglich der Druckfestigkeit achte man darauf, dass die Querschnittabmessungen nicht kleiner ausfallen als:

$$\left. \begin{aligned} bh &= \frac{P}{12} \\ \text{oder die Belastung nicht grösser als:} \\ P &= 12bh \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (118)$$

5. Beispiel. Um die Säule aus dem 1. Beispiel in eine Flügelsäule zu verwandeln, wählen wir $h = 1,5 d = 1,5 \cdot 105 \sim 158 \text{ mm}$. Dann wird nach (117) $b = 105 \cdot 0,59 \cdot 8 : 27 \sim 18 \text{ mm}$. Dabei dürfte wegen der Druckfestigkeit ($\sigma = 6$) die Belastung betragen: $P = 12 \cdot 18 \cdot 158 = 34 120 \text{ kg}$, wonach die Annahmen völlig zulässig sind.

Für unmittelbare Berechnung von b und h hat man für Gusseisen:

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{30}{10000 \pi^2} \frac{Pl^2}{h^3} = 0,0003 \frac{Pl^2}{h^3} \\ \text{und daraus} \\ P &= 3300 \frac{bh^3}{l^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (119)$$

soll aber wieder wegen der Druckfestigkeit nicht über die in (118) gegebenen Grössen gehen.

6. Beispiel. In dem der Zuckerfabrik in Waghäusel zugehörigen neuen Raffineriegebäude (erbaut 1859 bis 1860), dessen Decken durchweg von Flügelsäulen getragen sind, erfahren die Säulen im Kellergeschosse der Angabe nach 2400 Zentner oder 120 000 kg Belastung. Sie haben 2 m Höhe und sind in den Flügeln 50 auf 360 mm stark. Diesen Abmessungen entspräche nach (119) eine Tragkraft von $3300 \cdot 50 \cdot 360^3 : 2000^2 \sim 1890\,000\text{ kg}$, nach (118) aber bei der Druckspannung $\mathfrak{S} = 6\text{ kg}$ nur $P = 12 \cdot 50 \cdot 360 = 216\,000\text{ kg}$, was aber immer noch sehr weit die gegebene Belastung übersteigt. Die Pfosten sind also reichlich stark; sie erfahren eine Druckspannung von $120\,000 : 2 \cdot 50 \cdot 360 = 3\frac{1}{3}\text{ kg}$. Die 4800 Ctr. betragende Probelastung brachte erst die Spannung $6\frac{2}{3}\text{ kg}$ hervor*).

Säulen aus Winkel- und T-Eisen. Solche kommen bei den Fachwerkbrücken, namentlich denjenigen der in Amerika üblichen Bauart mit Schraubenverbindungen (vergl. §. 87), vor. Die senkrechten Pfosten sind Säulen mit beweglichen Enden, erster Fall in Fig. 367; auch der obere Streckbaum hat Belastung auf Strebefestigkeit und zwar gemäss dem dritten Fall, Fig. 367. Folgende Figur stellt die am meisten dabei zur Anwendung kommenden

Fig. 370.



Querschnittformen dar. Der erste der dargestellten Querschnitte ist der in der Brückenbauanstalt in Phenixville, Pennsylvanien, für die Pfosten gebräuchliche. Die Säule ist aus Quadranteisen, manchmal auch Sextanteisen gebildet. Man reicht mit ganz wenig Kalibern aus, indem zur Verstärkung zwischen die Flantschen der Quadranteisen Flachstäbe von verschiedener Querschnittgrösse eingenietet werden. Die vier folgenden werden namentlich in dem Keystone-Werk angewandt. Man suche bei der Wahl der Querschnittabmessungen nur stets so zu verfahren, dass die (äquatorialen) Trägheitsmomente zu den beiden Hauptachsen gleich ausfallen, wozu §. 7 genügende Anleitung gibt. Der fünfte Quer-

*) Das Gebäude ist auch wegen der eigenthümlichen Konstruktion seiner feuerfesten Decken bemerkenswerth. Dieselben sind in sechs Stockwerken mit Kreuzgewölben, und in den beiden obersten mit den gebräuchlichen Kappengewölben eingedeckt, und werden von nahe 500 Flügelsäulen getragen. Der ganze Innenbau ist dabei lose zwischen die nur mit Quersankern angehängten Mauern gestellt. S. Förster's Bauz. 1861, S. 93.

schnitt zeigt in Punktirung in der Mitte noch ein Doppel-T. Man wendet die hierbei entstehende Querschnittform namentlich in Streckbäumen an und benutzt bis zu drei solcher eingeschalteten Doppel-T-Platten. Der letzte der oben dargestellten Querschnitte, entstehend durch Verbindung von vier Winkleisen, wird bei uns neuerdings bei Schachtgestängen verwendet*). Die Berechnung auf Strebfestigkeit geschieht hier zur Ermittlung des zulässigen Abstandes zwischen den Führungen des Gestänges.

Gekuppelte Säulen. Oftmals kommt es in Frage, ob es bei sehr bedeutender Belastung zweckmässig hinsichtlich der Materialersparniss sei, statt einer Säule deren zwei oder mehr aufzustellen. Wendet man m Säulen statt der einen an, so findet sich unter der Voraussetzung, dass auf Strebfestigkeit berechnet werden muss, bei Annahme geometrisch ähnlicher Querschnitte für das Verhältniss der Körperinhalte V^1 und V :

$$V^1 = \sqrt{m} V \dots \dots \dots (120)$$

d. h. die gekuppelten Säulen brauchen $\sqrt{m}$ mal so viel Material als die einzelne Säule. Es ist also hinsichtlich des Materialverbrauchs für Säulen günstig, wenige stark belastete Säulen zum Tragen einer gegebenen Last zu verwenden.

7. Beispiel. Auch aus der obigen Tabelle lässt sich dies entnehmen. Wählt man z. B. zum Tragen von 1294 kg bei 6 m Säulenhöhe nur eine volle runde Säule, so hat diese nach Zeile 7 die Dicke 70 mm zu erhalten, während bei 4 Säulen von je 50 mm Dicke die Gesamtlast = $4 \cdot 338 = 1352$ kg, also nahe ebenso gross wird. Die Querschnitte verhalten sich aber wie $4 \cdot 50^2 : 70^2$, d. i. wie 100 : 49 oder sehr nahe wie $\sqrt{4} : 1$.

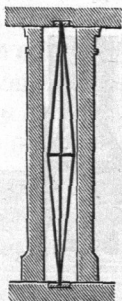
Verminderung der Säulenhöhe wirkt bedeutend auf den Materialverbrauch ein, da sich nach (110) die Querschnitte gleichbelasteter ähnlicher Säulen, wenn sie auf Strebfestigkeit zu berechnen sind, direkt wie die Höhen (l) verhalten. Dieser Umstand vermag die Auflösung einer Säule in mehrere gelegentlich zu rechtfertigen, wenn nämlich eine Höhenverminderung damit verknüpft werden kann. So z. B. sind nach Obigem die dreiständigen Eisenkerne nach Fig. 371, welche manche Architekten in Ziegelpfeilern anbringen**), noch immerhin vortheilhafter als einfache Stäbe, in-

*) Ein neues Schachtgestänge auf Grube Präsident in Westfalen, erbaut von der Isselburger Maschinenbauanstalt, hat solch ein Flügelgestänge. Am oberen Ende desselben haben die Winkleisen 155 mm äussere Schenkellänge bei 18 mm Dicke.

**) Pfeiler des Vestibüls im Theater zu Karlsruhe.

dem hier das Volumverhältniss $= \frac{1}{2} \sqrt{m}$, d. i. $\frac{1}{2} \sqrt{3} = 0,866$ ausfällt.

Fig. 371.



Endlich ist noch zu bemerken, dass die Säulen, welche man in Maschinengestellen angewandt findet, meistens weit stärker ausgeführt sind, als die obige Berechnung sie liefert. Dies erklärt sich daraus, dass solche Säulen oft auch noch biegenden und Zugkräften ausgesetzt sind, auch vielfach Erschütterungen auszuhalten haben, sodass die grössere Materialverwendung in der Regel gerechtfertigt ist*). Namentlich ist zu beachten, dass gusseiserne Säulen, die auf Zug beansprucht werden, wie die Gestellsäulen stehender Dampfmaschinen, zum mindesten mit dem Doppelten des aus (112), (114), (116) und (118) erhaltenen Querschnittes auszuführen sind. Bei Gebäuden findet man manchmal auch die Sicherheit grösser gewählt, als unsere Rechnung that, wie das Beispiel 6. zeigte; manchmal jedoch auch wird die Tragkraft in noch höherem Maasse ausgenutzt, als wir annahmen.

§. 128.

Formgebung der eisernen Säulen.

Die Säulen, welche als Maschinengestelltheile dienen, werden entweder mit bekannten Mitteln auf eisernen Grundplatten befestigt, oder sie werden, wie die als Gebäudetheile wirkenden Säulen auf Mauerwerk oder Quader gestellt. Ganz schwer belastete Gebäudesäulen werden manchmal mit einfacher Unterlegung einer Bleiplatte ohne weitere Befestigung auf einen Sockelstein gesetzt. Hat man aber ihre Stellung mehr zu sichern, so wird eine Verankerung mit dem Sockel hergestellt. Die folgenden Figuren zeigen drei Arten solcher Befestigungen. Die Sohlfläche der Säule liegt in allen drei Fällen unterhalb des Estrichs. Bei dem ersten ist eine besondere Sohlplatte mittelst eines Grundankers mit einem Ziegelsockel verbunden, beim zweiten eine der Säule angegossene Fussflantsche mit Steinschrauben an den Quader-

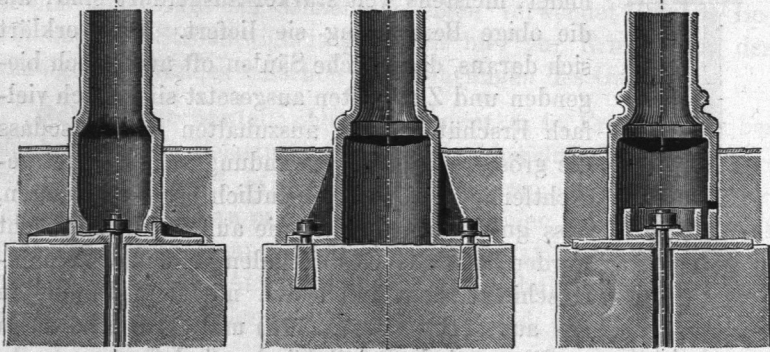
*) So bei Mühlen, wo die das Mühlengebiet tragenden Säulen eine 5- bis 6mal grössere Sicherheit gewähren, als wir oben anführten, und wo man wegen der Vibrationen doch die Abmessungen nicht gern verkleinert.

sockel befestigt. Die dritte Konstruktion (Borsig) wird so gebraucht, dass der mit dem Grundanker auf die glatte und geebnete Sohlplatte befestigte Cylinder, welcher in dem hohlen Säulenfuss

Fig. 372.

Fig. 373.

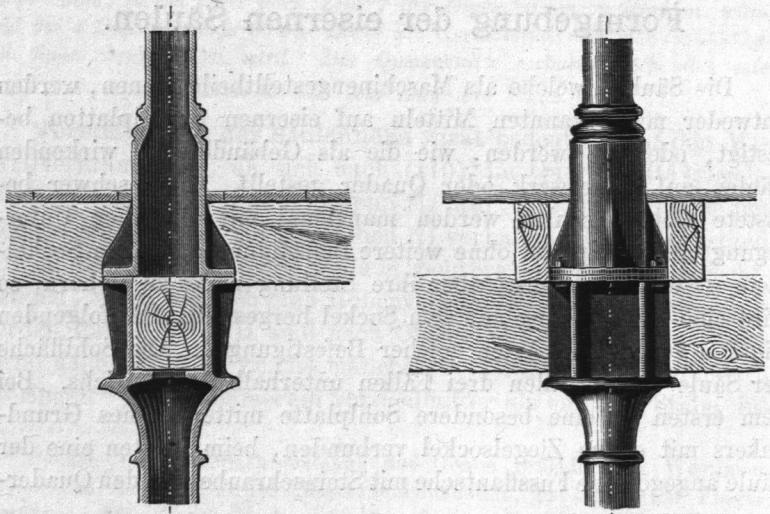
Fig. 374.



einen gewissen Spielraum hat, nach genauer Einstellung der Säule mit Blei umgossen wird. Es ist zu dem Ende im Säulenfuss ein Eingussloch ausgespart.

Der über dem Estrich vorstehende Theil des Säulenfusses wird mehr oder weniger nach den Stilformen der Baukunst ge-

Fig. 375.



staltet. In Fig. 372 ist nur eine einfache runde Platte zwischen Plinthe und Säulenschaft eingeschaltet; bei Fig. 373 ausser dieser

ein runder Wulst. In Fig. 374 ist die sogenannte attische Basis mit zwei Wulsten und der Einziehung (Trochilus) zwischen demselben nebst den trennenden Plättchen benutzt.

Das Kapitäl der Säulen wird in konstruktiver Beziehung je nach der herzustellenden Verbindung in vielfach abgeänderter Form ausgeführt. Fig. 375 zeigt in Durchschnitt und Seitenansicht die Verbindung eines Säulenkopfes mit einem Holzgebälk und dem Fusse der im nächsten Stockwerk anhebenden Säule. Ein Kasten über dem Kapitäl nimmt den Unterzug auf, der häufig gerade in dem Kasten seine Stossfuge hat. Bei Anwendung eiserner Unterzüge wird der Kasten entsprechend schmaler. Die nächstfolgende Säule setzt sich mit einer Flantschenverbindung auf den Kasten auf*).

Die Kapitälformen werden in stilistischer Beziehung mit vieler Mannigfaltigkeit behandelt, und bieten auch dazu viel Gelegenheit, die von manchen weniger benutzt wird, als sie verdient. Die Baukunst liefert hier eine reiche Fülle von Vorbildern, welche bei richtiger Auswahl auch mit sehr einfachen Mitteln Schönes hervorzubringen gestatten.

Für die unteren Stockwerke grosser Fabrikgebäude und für schwerbelastete Eisensäulen überhaupt eignet sich gut das einfache Würfelkapitäl, welches in romanischen Bauten eine so vielfache Verwendung findet. Fig. 376 (a. f. S.) stellt ein solches dar**). Ebenfalls für schwerbelastete aber schlankere Säulen geeignet ist das normannische Kapitäl, Fig. 377. Etwas leichter und belebter ist das gewisse gothischen Kapitälern ***) unter Vereinfachung nachgebildete in Fig. 378. In allen drei Fällen ist die Modellirung und Gussherstellung einfach. Am meisten in Maschinenbauten verbreitet ist das in Fig. 379 dargestellte zwischen der römisch-dorischen und toskanischen Ordnung liegende Kapitäl mit einem Echinus unter einer quadratischen Deckplatte (Abakus) und dem den Schaft vom Kapitäl scheidenden Rundstab (Astragal). Durch Streckung und Kürzung des Abstandes des letzteren vom Echinus kann man der Schlankheit oder Gedrücktheit der Säule leicht Rechnung tragen. Die strengen Formen des griechisch-dorischen

*) Andere verwandte Konstruktionen und Zubehör findet man in Brandt's Eisenkonstruktionen. Berlin 1865.

***) Angewandt unter anderem in den Werkstätten des österr. Lloyd in Triest, auch im kk. Arsenal zu Wien, beidemale vielleicht bei zu schlanken Verhältnissen der Säulen.

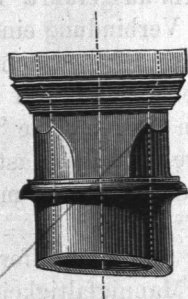
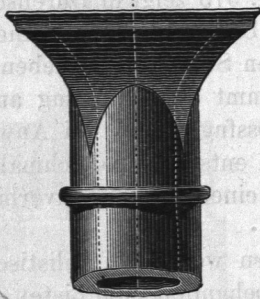
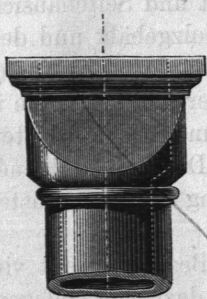
****) Unter anderem im Tower in London.

Stiles passen nicht für Eisensäulen, weshalb man sie, die so vollkommen den Steinstil an sich tragen, auch selten in Maschinenbauten findet, und mit Recht vermeidet.

Fig. 376.

Fig. 377.

Fig. 378.

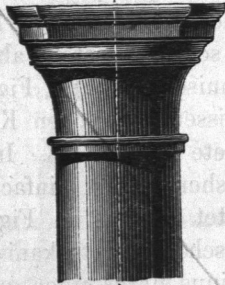
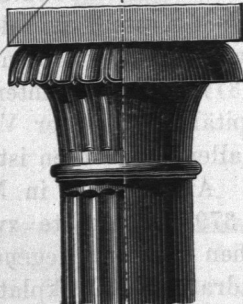
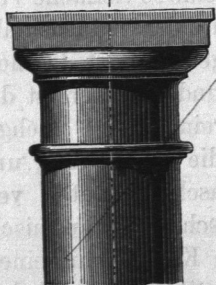


Besser passen dagegen für die Eisenbauten die korinthischen Säulen von der einfachen und graziösen Gestalt, welche in Fig. 380 wiedergegeben ist. Das Kapitäl ist durch einen Kranz von

Fig. 379.

Fig. 380.

Fig. 381.



(21) Blättern, unten ausgekehlt, oben gewölbt, gebildet, und durch einen Astragal vom Schaft getrennt. Lässt man das Ornament weg, wie in der rechten Hälfte der Figur geschehen ist, so erhält man eine ebenso wirksame als einfache Kapitälform (vergl. Fig. 351). Selbst mit der Kannelirung lässt sich das Kapitäl wenigstens für einzelne Fälle rechtfertigen, wenn man bedenkt, dass in Deutschland die Kannelirung des Säulenschaftes sogar beliebt ist, wenigstens nicht gescheut wird. Das geriefte Kapitäl ist leicht ausführbar, wenn man es als Kapsel, welche bei dem Anfang der

Riefen über dem Astragal beginnt, für sich giesst, und über den Kern der Säule stülpt. Fig. 381 zeigt ein den Renaissanceformen sich annäherndes Kapitäl mit achteckigem Abakus, für leichte schlanke Säulen wohl geeignet.

Fig. 382.

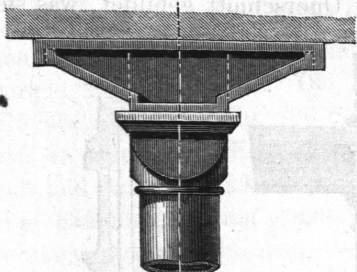


Fig. 383.

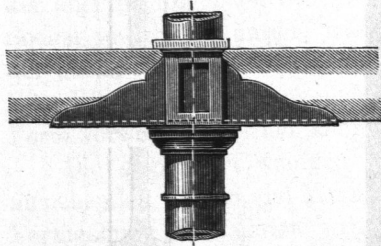


Fig. 385.

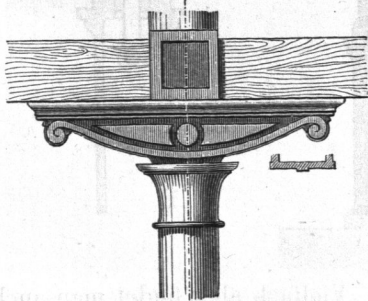
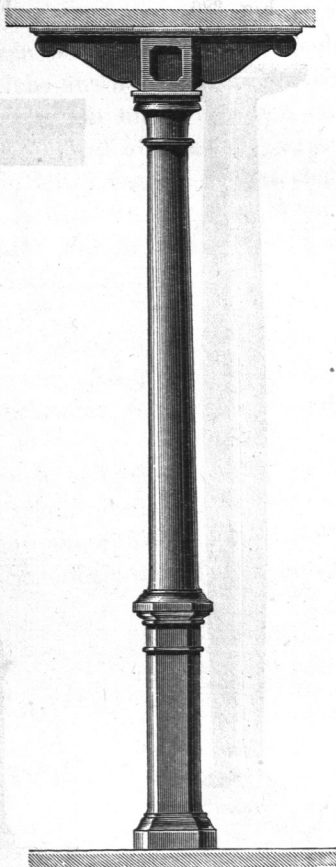


Fig. 384.



Der Anschluss an Gebälke, eiserne wie hölzerne, bedingt manchmal die Einschiebung einer länglichen Platte zwischen Säule und Gebälk, die bei aller Einfachheit doch stilgerecht behandelt werden kann. Fig. 382 zeigt die Anwendung einer solchen Zwischenlage auf das Würfelkapitäl, also in der Bestimmung für schwere massige Konstruktionen. Fig. 383 stellt ein leichteres

Kapital dar, bei welchem das Oberstück behufs Aufnahme eines Balkens kastenförmig erweitert ist; Fig. 384 eine noch schlankere und leichtere Konstruktion. Diese Figur zeigt zugleich die Anwendung eines hohen Stylobates oder Sockels für die in sehr schlanken Verhältnissen auszuführenden Säulen. Dieser Sockel wird, wie hier, manchmal achteckig im Querschnitt gebildet, was sich

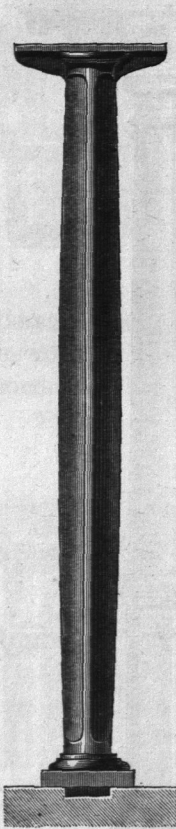


Fig. 386.

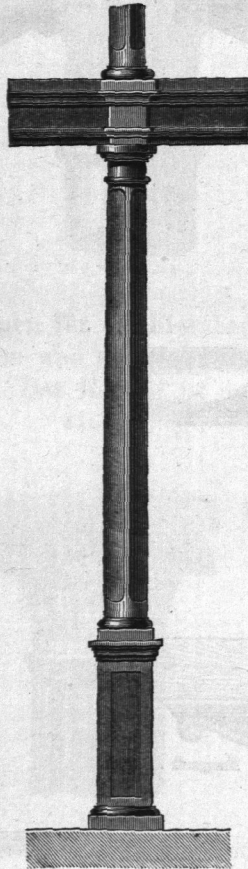


Fig. 387.

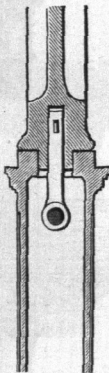
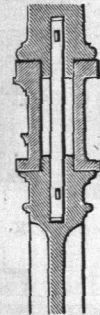


Fig. 388.

der gothischen Stilbildung nähert. Vielfach aber findet man auch diese Sockel rund. Der Säulenschaft wird der Uebung der Architektur gemäss nach oben verjüngt ausgeführt. Verjüngung auf 0,8 bis 0,7 der unteren Dicke, welche bis zu etwa $\frac{1}{3}$ der Höhe beibehalten wird, liefert angenehme Verhältnisse*). Fig. 385 (a. v. S.)

*) Die in einer grossen rheinischen Maschinenfabrik ausgeführte Verjüngung der Säulen nach unten (Tischfuss) zeigt wohl, dass die Praxis

zeigt eine strenger stilisirte Form für das Kapitäl mit Konsolträger.

Die schon oben besprochenen Flügelsäulen sind in industriellen Gebäuden nicht ganz selten angewandt. Man führt für sie im Vergleich zu den hohlen Säulen an, dass sie nicht wie diese durch Excentrischwerden des Gusskernes mangelhaft werden können, oder wenigstens, dass ähnliche Gussfehler an ihnen nicht verborgen bleiben können. Die Figuren 386 bis 388 stellen solche Flügelsäulen dar. Fig. 386 eine solche aus den Kellern der Bahn von St. Germain. Hier ist der Schaft von unten bis oben geflügelt und daselbst leicht in Fuss und Kapitäl übergeführt; zugleich eine Säulenschwellung genau in die Mitte verlegt. Weit eleganter sind die Flügelsäulen, welche Rolland in der Tabacksmanufaktur in Strassburg anwendete, siehe Fig. 387. Hier ist in dem einen Stockwerk ein vierkantiger Sockel der Flügelsäule gegeben, der aber im folgenden Stockwerk fehlt. Die Verbindung zwischen Sockel und Säule unten, wie die zwischen Kapitäl, Gebälk und der nächsten Säule oben zeigt Fig. 388. Man sieht hier, dass die Flügelsäule auch in angenehm wirkender und zugleich solider Form verwendet werden kann.

Die gegebenen wenigen Beispiele mögen genügen, auf dem anziehenden und so viel Mannigfaltigkeit gewährenden Gebiete der Formgebung der Säulen wenigstens einen Anhalt für diejenigen zu geben, welche Werth auf die Schönheit der Maschinenbauten legen.

Achtes Kapitel.

Achseln.

§. 129.

Eintheilung der Tragachsen.

Achseln nennt man Träger, welche umlaufende oder schwingende Theile zu tragen bestimmt, und deshalb mit Drehzapfen versehen

oft weit weniger spröde gegen das Stilisiren ist, als sie vorgibt, kann aber wohl nur den Anspruch auf Originalität, nicht auf Stilrichtigkeit machen.