

Mitte der Schmierkammer befindliche, oben ausgerundete Erhöhung dient zur Aufnahme der gabelförmigen Federstütze, durch welche die Belastung auf das Lager übertragen wird.

Das Schmiermaterial ist für Lokomotivlager fast ausschließlich Oel. Dasselbe wird entweder in die obere Kammer gegeben, und durch Röhren mit Hebedochten von da aus auf den Zapfen geführt, oder (was besonders bei solchen inneren Lagern, zu denen man schwieriger gelangen kann, empfehlenswerth ist), man bringt besondere leicht zugängliche Schmiergefäße an dem Rahmen der Lokomotive an, von denen man das Oel durch Kupferröhren nach dem Axlager leitet.

Der gusseiserne Untertheil des in Fig. 8 dargestellten Lagers ist hohl, und nimmt die überfließende Schmiere auf. Der ganze Lagerkörper ruht auf der Axe; die Axhalter dagegen, welche an dem Rahmstück der Maschine fest sind, müssen sich, sobald die Tragefedern spielen, gegen den Lagerkörper gleitend verschieben. Fig. 8b zeigt die gewundene Nuth, welche in den Lagerkörper eingehauen ist, und die zur Aufnahme der für die angedeutete Verschiebung nöthigen Schmiere dient.

Taf. 27.
Fig. 9.

Taf. 27. Fig. 9 zeigt ein Lokomotivaxlager für Federbelastung, welche von unten angehängt ist. Fig. 9a ist die Vorderansicht, und Fig. 9b der Längenschnitt nach der Axe des Zapfens. Die hier angegebene Uebertragung der Last auf die Triebaxe ist oft bei großen Triebrädern und großen Kesseldurchmessern erforderlich. Das hier gezeichnete Lager ist von einer Maschine mit vier gekuppelten Rädern; es zeigt eine Konstruktion, durch welche man die Entfernung der beiden Triebaxen reguliren, und das Lager stets fest zwischen den Axhaltern einstellen kann. Dies wird durch Anziehen des Keils *a* bewirkt, welcher unten mit einer Schraube versehen ist, und durch welchen die eine Wandung des Axhalters verstellt wird.

Taf. 28.
Fig. 1.

Taf. 28. Fig. 1 ist ein Axlager von Gruson; die Beschreibung desselben s. S. 314.

Einfache Zapfenlager für liegende Wellen.

Allgemeine Prinzipien für die Konstruktion einfacher Zapfenlager.

§ 123. Die Konstruktion metallener Zapfenlager für liegende Wellen, so verschieden sie in der äußeren Form und in den Verhältnissen je nach der Ansicht und dem Geschmack der Konstrukteurs ausgeführt wird, hat doch ziemlich allgemein das Bedürfnis herausgestellt, jedes Zapfenlager aus einer bestimmten Reihe

von Theilen zusammzusetzen. Nach dieser allgemeinen Anordnung kann man an jedem metallenen Zapfenlager fast ohne Ausnahme folgende Theile unterscheiden (vergl. § 116. S. 276).

- 1) das Lagerfutter (die Lagerschalen, die Einlagen),
- 2) den Lagerkörper (Lagerblock, Lagerklotz),
- 3) den Lagerdeckel (Lagerkappe, Lagerhut),
- 4) die Deckelschrauben,
- 5) die Lagerplatte (Sohlplatte, Grundplatte),
- 6) die Befestigungsschrauben.

Ueber das Material des Lagerfutters ist schon früher das Nöthige angeführt worden; den Lagerkörper, den Lagerdeckel und die Lagerplatte macht man gewöhnlich bei metallenen Zapfenlagern aus Gufseisen, selten, und nur in Ausnahmefällen von Schmiedeeisen oder von Bronze, Messing u. s. w. Die Deckelschrauben und die Befestigungsschrauben sind fast immer von Schmiedeeisen.

Die Formen und die Verhältnisse des Zapfenlagers sollten von keinen anderen Rücksichten abhängig gemacht werden, als von den Bedingungen, die der Zapfen, für welchen das Lager bestimmt ist, und demgemäß dieses selbst zu erfüllen hat. Die Dimensionen der einzelnen Theile des Lagers müssen sich nach den Drucken richten, welche der Zapfen auszuhalten hat, die Form der einzelnen Theile muß nach der Richtung dieser Drucke und nach der Art des Widerstandes bemessen werden, welchen sie auszuhalten haben, und die ganze Anordnung des Zapfenlagers muß durch die möglichste Einfachheit bei der Anfertigung, bei der Aufstellung und bei der Beaufsichtigung oder bei dem Gebrauche bemessen werden.

Alle diese Rücksichten hat man bei der Konstruktion eines Zapfenlagers zu nehmen, wenn man dasselbe für einen bestimmten, seinen Bedingungen nach vollkommen gegebenen Fall zu entwerfen hat. Allein wollte man dies konsequent durchführen, so müßte man fast für jeden Zapfen ein anderes Zapfenlager konstruiren, und man würde dadurch zu einer außerordentlichen Komplikation der einzelnen Theile gelangen, aus denen eine Maschine besteht. Wo nun der vorliegende Fall nicht eine ganz besondere Sorgfalt in der Auffassung seiner Eigenthümlichkeit erheischt, wo er ferner nicht ohnehin die Anfertigung eines besonderen Gufsmodells verlangt, pflegt man sich damit zu begnügen, für denselben eine Lagerform zu benutzen, welche so beschaffen ist, daß sie die Erfüllung einer großen Menge der am häufigsten vor-

kommenden Bedingungen in sich vereinigt, und welche daher zwar auch für diesen Fall passend ist, aber doch auch einige Verhältnisse, Dimensionen und Formen enthält, die für diesen eben vorliegenden Fall überflüssig sind, und die man nicht gewählt haben würde, wenn man das Lager für diesen Fall besonders hätte konstruiren können. Die Oekonomie in der Ausführung der Zapfenlager, und namentlich in der Anfertigung der Gufsmodelle, hat daher zur Annahme gewisser stereotyper Formen und Verhältnisse geführt, welche so beschaffen sind, dafs sie die Anwendung ein und desselben Zapfenlagers in möglichst vielen verschiedenen Fällen gestatten.

Dies ist der Gesichtspunkt, nach welchem man die gewöhnlichen metallenen Zapfenlager zu konstruiren hat, und welchen wir bei der Bestimmung der Formen und Verhältnisse der Zapfenlager festhalten wollen. Wir werden demgemäfs die Dimensionen der Zapfenlager unter der Voraussetzung zu ermitteln suchen:

dafs sämtliche Theile des Lagers in Bezug auf ihre Festigkeit dieselbe Widerstandsfähigkeit gewähren, welche auch der Zapfen selbst darbietet, selbst wenn sie durch die grössten Drucke, die der Zapfen mit gehöriger Sicherheit auszuhalten vermag, auf die ungünstigste Weise in Anspruch genommen werden.

Indem wir die Zapfenlager, welche für die am häufigsten vorkommenden Fälle dienen sollen, nach diesen Prinzipien proportioniren, machen wir ausdrücklich darauf aufmerksam, dafs diejenigen Dimensionen, welche in einem bestimmten Falle nicht in der vorausgesetzten ungünstigsten Weise in Anspruch genommen werden, für diesen Fall zu stark sind, und dafs man dieselben daher vermindern kann, wenn die Umstände eine Abänderung des vorhandenen Modells, oder die Anfertigung eines neuen Modells rechtfertigen. Dies wird allemal gerechtfertigt sein, wenn eine gröfsere Anzahl Zapfen von demselben Durchmesser unter ganz gleichen Bedingungen anzuordnen ist.

Bestimmung des grössten Druckes, welchen ein Zapfen von gegebenem Durchmesser mit genügender Sicherheit auszuhalten vermag.

Die Zapfen liegender Wellen werden nach Th. I. S. 263 entweder auf Bruch oder auf Torsion in Anspruch genommen. Die Drucke, welche Zapfen von gegebenem Durchmesser auf Torsion

auszuhalten vermögen, und welche sich durch die Formeln Th. I. S. 268 und 269 bestimmen, sind im Allgemeinen geringer, als diejenigen, welche die Zapfen aushalten können, wenn sie auf Bruch in Anspruch genommen werden, und welche die Formeln Th. I. S. 265 angeben. Hier sieht man aber, daß der Druck, welchen ein Zapfen von gegebenem Durchmesser auf Bruch mit genügender Sicherheit aushalten kann, um so größer ist, je kürzer der Zapfen ist, und von je festem Material derselbe ist. Der größte Druck, welcher bei einem Zapfen von gegebenem Durchmesser in Rechnung zu bringen ist, findet also statt, wenn der Zapfen von Schmiedeeisen ist, und wenn derselbe die geringste Länge hat, welche für die Ausführung zulässig ist. Diese geringste Länge haben wir nach Th. I. S. 264 gleich $\frac{4}{3}$ des Durchmessers angenommen, und da die Zapfenlager in möglichst vielen Fällen brauchbar sein sollen, so werden wir dasselbe Lager sowohl für einen schmiedeeisernen als für einen gußeisernen Zapfen anzuwenden haben, und daher bei der Berechnung den Druck des schmiedeeisernen Zapfens zu Grunde legen müssen.

Die für diesen Fall passende Formel S. 265. Th. I. giebt:

$$P = 736,5 d^2$$

wenn $l = \frac{4}{3} d$,

worin P den Druck in Pfunden bezeichnet, welchen ein schmiedeeiserner Zapfen auf Bruch mit genügender Sicherheit auszuhalten vermag,

d und l den Durchmesser und die Länge des Zapfens in Zollen bedeuten.

Diese Beziehung zwischen dem Druck und dem Zapfendurchmesser, werden wir für die Berechnung der Lagerverhältnisse zu Grunde legen. Es folgt daraus:

$$d = 0,037 \cdot \sqrt{P}.$$

Bestimmung der Dimensionen und Verhältnisse einfacher Zapfenlager nach des Verfassers Prinzipien.

§ 124. Nach diesen allgemeinen Prinzipien (§ 123) wollen wir nunmehr die Dimensionen und Verhältnisse der einzelnen Theile eines Zapfenlagers bestimmen. Taf. 28. Fig. 2 giebt die allgemeine Anordnung eines nach des Verfassers Ansichten konstruirten Zapfenlagers, welches wir bei den nachfolgenden Bestimmungen zu Grunde legen. Taf. 28.
Fig. 2.

1) Die Lagerfutter.

Die Lagerfutter haben die Länge des Zapfens, die Metalldicke, welche dieselben haben müssen, läßt sich durch Rechnung nicht gut bestimmen. Da die Lagerfutter meist aus theurem Metall bestehen, auch nur die Oberfläche derselben in eigentlichem Gebrauch ist, und allein in Anspruch genommen wird, so ist es im Allgemeinen eine Metall-Verschwendung, wenn man sie dicker macht, als nöthig ist, um sie gut bearbeiten zu können und um noch einige Dicke für die Abnutzung zu gewähren. Es wird in den meisten Fällen genügen, die Metalldicke gleich $\frac{1}{1\frac{1}{2}}$ vom Zapfendurchmesser zu machen, mit der Modifikation, daß man $\frac{1}{8}$ Zoll als Minimum und $\frac{3}{4}$ Zoll als Maximum der Metalldicke annimmt. Man wird daher für Zapfen unter $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser die Metalldicke $\frac{1}{8}$ Zoll machen, und für Zapfen über 9 Zoll Durchmesser dieselbe gleich $\frac{3}{4}$ Zoll beibehalten. Abweichungen hiervon sind natürlich da gerechtfertigt, wo das Lagerfutter einer starken Abnutzung unterliegt, wie z. B. bei Eisenbahnwagen, oder wo das Lagerfutter nicht vollständig und fest vom Lagerkörper umschlossen ist, so daß es also auf relative Festigkeit in Anspruch genommen wird; in solchen Fällen macht man das Lagerfutter wohl auch $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ des Zapfendurchmessers stark. Die Lagerfutter haben an den Enden Ränder oder Rippen, deren Dicke gleich der Metalldicke ist, und mit welchen sie den Lagerkörper umgreifen.

Theils um den Zapfen besser in das Lager bringen zu können, theils auch um bei etwaiger Abnutzung das Lager wieder schließend zu machen, ist das Lagerfutter in zwei Hälften getheilt; die eine Hälfte oder Schale liegt in dem Lagerkörper, die andere in dem Lagerdeckel; beide müssen so eingepaßt werden, daß sie in allen Punkten aufliegen und sich nicht verschieben können. Die Verschiebung in der Richtung der Länge des Zapfens wird durch die umgreifenden Ränder verhindert; es bleibt also nur die Drehung der Lagerfutter in ihren Sitzen zu verhindern. Im Allgemeinen ist kein besonderes Bestreben zu solcher Drehung vorhanden; die Kraft, welche auf Drehung in dem gedachten Sinne wirkt, ist keine andere, als die Reibung an der Oberfläche des Zapfens, und da diese unter allen Umständen schon wegen der Schmiere kleiner sein muß, als die Reibung, welche zwischen der Lagerschale und dem Lagerkörper statt findet, so wird es entweder gar keiner, oder doch nur einer sehr geringen Befestigung der Lagerschalen in dem Lagerkörper und in dem Deckel bedürfen, um die Drehung zu verhüten.

Die äußere Begrenzung der Lagerschalen ist in der Durchschnittsebene normal zur Zapfenaxe entweder ein reguläres Polygon, namentlich ein Quadrat, seltener ein Sechseck, häufig ein Achteck oder ein Kreis. Am sichersten lassen sich die Lagerschalen in das Lager einpassen, wenn man den Lagerkörper mit dem Lagerdeckel zusammenspannt, auf der Drehbank richtig cylindrisch ausbohrt, und die beiden Lagerschalen zusammen von außen genau passend cylindrisch abdreht. In Fig. 2 ist die Lagerbegrenzung als regelmäßiges Sechseck angenommen, um für diese Form ein Beispiel zu geben, während Fig. 4 ein Beispiel von cylindrisch eingepaßten Lagerschalen giebt.

Die Lagerschalen müssen stets so in den Lagerkörper eingesetzt werden, daß die Fuge zwischen beiden Schalen nicht mit der Fuge zwischen Lagerkörper und Lagerdeckel zusammenrifft; und es ist daher zu empfehlen, diese letztgenannte Fuge pq mit der Tangente durch den höchsten Punkt des Zapfens zusammenfallen zu lassen. Der Lagerdeckel, welcher die obere Schale umgreift, kann dann noch mit seinen Ansätzen m, n in den Lagerkörper einfassen, und hindert so jede seitliche Verschiebung der obern Lagerhälfte.

Die beiden Hälften der Lagerschalen berühren sich entweder in der mitteln Fuge, oder es ist zwischen beiden ein geringer Spielraum. In letzterm Falle muß man diesen Spielraum durch Holzklötzchen, Papp- oder Lederscheiben ausfüllen, damit die obere Lagerhälfte durch ungleichmäßiges Anziehen der Deckelschrauben sich nicht schräge stelle und festklemme. Hat sich das Lagerfutter abgenutzt, und man will wieder das Lager schließend machen, so feilt man in dem Falle, wo sich beide Hälften berühren aus der Fuge etwas heraus, im andern Falle macht man die Zwischenlage etwas dünner.

2) Der Lagerkörper.

Der Lagerkörper reicht, wie aus der zuletzt angeführten Disposition hervorgeht, bis zur Tangente durch den höchsten Punkt des Zapfens herauf; er hat einen Ausschnitt, welcher die untere Lagerschale und den Lagerdeckel mit seinen Ansätzen aufnimmt; dieser Ausschnitt hat eine Breite gleich dem Durchmesser des Zapfens, vermehrt um die doppelte Metallstärke, also gleich $\frac{7}{8}d$; derselbe ist durch zwei Pfeilerartige Ständer begrenzt, welche zur Aufnahme der Deckelschrauben dienen; die Breite dieser Ständer ist gleich der Breite zwischen den Rändern der Lager-

futter, also, in der Richtung der Zapfenaxe gemessen $= \frac{4}{3}d - 2 \cdot \frac{1}{2}d = \frac{2}{3}d$; die Dicke der Ständer ist so bemessen, daß sie, ohne zu sehr geschwächt zu werden, die Hülsen für die Deckelschrauben bilden können; sie reichen daher in ihrer Dicke bis zur Mitte der Deckelschrauben, so daß die eine Hälfte dieser letztern in den Ständern liegt, die andere Hälfte aber von einer halbcylindrischen Ausbauchung x umschlossen wird, welche sich den Ständern anschließt. Die Wandstärke dieser halbcylindrischen Ausbauchung x ist gleich dem Halbmesser der Deckelschrauben, und ebenso viel beträgt die Eisenstärke, welche zwischen dem Lagerausschnitt und der Höhlung für die Bolzen stehen bleibt. Bezeichnet δ den Durchmesser der Deckelschrauben, so ist hiernach die Entfernung der Mittellinien der beiden Deckelschrauben:

$$d + 2 \cdot \frac{1}{2}d + 2\delta.$$

Nun kann man aber den Durchmesser der Deckelschrauben berechnen; denn sie werden offenbar in der ungünstigsten Weise in Anspruch genommen, wenn der Druck P , welchen der Zapfen auszuhalten hat, von unten nach oben gerichtet ist, und wenn folglich dieser Druck auf Abreißen der Schrauben wirkt. Sind zwei Schrauben vorhanden, so hat jede den Druck:

$$P' = \frac{1}{2}P = 368,25 d^2$$

(s. S. 323) auszuhalten, und man findet daher die Dicke der Schrauben durch die Gleichung (Th. I. S. 97):

$$\delta = 0,018 \cdot \sqrt{P'} = d \cdot 0,018 \cdot \sqrt{368,25} = 0,345 d,$$

wofür man die Stärke der **Deckelschrauben**, wenn deren im Ganzen zwei vorhanden sind:

$$\delta = \frac{11}{3} d.$$

nehmen kann.

Setzen wir diesen Werth in die oben bestimmte **Entfernung der Mittellinien der beiden Deckelschrauben**, so finden wir:

$$d + 2 \cdot \frac{1}{2}d + 2d = \frac{11}{6} \delta.$$

Die beiden Ständer mit ihren halbcylindrischen Ausbauchungen sind mit der Sohlplatte in einem Stück gegossen, und die Sohlplatte enthält Durchbohrungen für die Befestigungsschrauben. Diese Befestigungsschrauben werden ganz in derselben Weise in Anspruch genommen, wie die Deckelschrauben, falls der

Druck auf den Zapfen von unten nach oben wirkt, sie bekommen also auch denselben Durchmesser wie jene, und man hat daher auch:

Durchmesser der **Befestigungsschrauben** = $\frac{1}{3} d$

(wenn deren im Ganzen zwei vorhanden sind). Damit nun die Muttern der Befestigungsschrauben sich bequem drehen lassen, muß von der Begrenzung der halbcylindrischen Ansätze, da wo sie sich der Sohlplatte anschließen bis zur Mitte der Befestigungsschrauben, wenigstens eine Entfernung sein, die gleich dem Halbmesser der Mutter, also gleich dem Durchmesser der Schraube ist. Man vergrößert diese Entfernung, aus später anzugebenden Gründen, zweckmäßiger Weise noch um $\frac{1}{6} d$ auf jeder Seite, und dann ergibt sich die **Entfernung der Mittellinien** der beiden **Befestigungsschrauben** gleich $3\frac{1}{2} d$, nämlich:

Entfernung der Mittellinien der Deckelschrauben	$\frac{1}{6} d$
Zweimal von den Mittellinien der Deckelschrauben bis zum Rande der halbcylindrischen Ansätze	$\frac{4}{6} d$
Zweimal von da, bis zu den Mittellinien der Befestigungsschrauben	$\frac{4}{6} d + 2 \cdot \frac{1}{6} d$
	$3\frac{1}{2} d$

Nun läßt sich auch leicht die Stärke berechnen, welche der Lagerkörper mit der Grundplatte zusammen in der Mitte, d. h. in dem tiefsten Punkte des zur Aufnahme der Lagerfutter bestimmten Ausschnittes haben muß. Wenn nämlich der Druck auf den Zapfen $P = 736,5 d^2$ von unten nach oben gerichtet ist, so wird der Lagerkörper mit der Sohlplatte als ein durch die beiden Befestigungsschrauben festgehaltener balkenförmiger Körper erscheinen, welcher in der Mitte durch den Druck P belastet ist. Dieselbe Betrachtung wird maafsgebend sein, wenn der Druck von oben nach unten wirkt, aber die Sohlplatte durch irgend einen Umstand hohl liegt. Wir werden also, um auch für diese ungünstigen Fälle gesichert zu sein, die Stärke des Körpers nach der Gleichung Th. I. S. 217. No. 8 berechnen müssen, nämlich:

$$PL = 4 W . k = 4 \cdot \frac{1}{6} b h^2 \cdot k,$$

hier ist $P = 736,5 d^2$; $L = 3,5 d$, nämlich gleich der Entfernung der Mittellinie der Befestigungsschrauben; $b = \frac{7}{6} d$, nämlich gleich der Breite des Lagerkörpers, und h ist die gesuchte Dicke; es folgt, wenn k für Gufseisen = 7000 ist:

$$h = 0,69 d.$$

Wir setzen dafür ohne Nachtheil, die **Stärke des Lagerkörpers in der Mitte**, nämlich vom tiefsten Punkte des Ausschnitts für die Lagerfutter bis zur Unterkante der Sohlplatte:

$$h = 0,667d = \frac{2}{3}d.$$

Hieraus folgt, dafs von der **Unterkante der Sohlplatte** bis zur **Mitte des Zapfens** die Entfernung gleich

$$\frac{2}{3}d + \frac{1}{12}d + \frac{1}{2}d = \frac{5}{4}d$$

sei. Diese Entfernung ist leicht zu merken und wird bei der Konstruktion von Maschinen, namentlich bei der Disposition der Wellenleitungen und der Lagergerüste vielfach gebraucht.

3) Der Lagerdeckel.

Die Stärke des Lagerdeckels in der Mitte ist nach denselben Gesichtspunkten zu berechnen, wie diejenige des Lagerkörpers. Der Deckel wird durch die Deckelschrauben gehalten, und der Druck wirkt in der Mitte, falls derselbe den Zapfen von unten nach oben in Anspruch nimmt. In der Gleichung

$$PL = 4W.k = 4 \cdot \frac{1}{6}bh^2.k$$

ist $L = \frac{11}{6}$; $b = \frac{7}{6}$; $P = 736,5d^2$; $k = 7000$; folglich findet man, die **Stärke des Deckels in der Mitte** (d. h. vom höchsten Punkte des Lagerausschnittes bis zur Oberkante, mit Ausschluss des Schmiernapfs

$$h' = \frac{1}{2}d.$$

Der Deckel ist oben mit einem angegossenen Schmiernapf versehen, und hat in der Mitte eine Durchbohrung, welche die Schmiere zwischen die reibenden Oberflächen gelangen läfst. Die Höhe des Schmiernapfs macht man etwa $\frac{1}{6}d$, und dann giebt sich **die Höhe des ganzen Lagers**

$$\text{ohne den Schmiernapf} = 2\frac{1}{3}d,$$

$$\text{mit dem Schmiernapf} = 2\frac{1}{2}d,$$

nämlich

$$\text{von der Unterkante der Sohlplatte bis zum Zapfenmittel} = \frac{11}{12}d$$

$$\text{von da bis zum höchsten Punkt des Zapfens} \dots \dots = \frac{6}{12}d$$

$$\text{Metalldicke des Lagerfutters} \dots \dots \dots = \frac{1}{12}d$$

$$\text{Dicke des Lagerdeckels} \dots \dots \dots = \frac{6}{12}d$$

$$\hline 2\frac{1}{3}d$$

$$\text{Höhe des Schmiernapfs} \dots \dots \dots = \frac{1}{6}d$$

$$\text{Summa} \hline 2\frac{1}{2}d.$$

Man kann auch den Schmiernapf fortlassen, und eine der früher beschriebenen Schmierbüchsen (Taf. 27) auf den Deckel aufschrauben.

Der Deckel schließt sich in seiner Form derjenigen des Lagers an; er bekommt an jedem Ende einen Ansatz, durch welchen die Deckelschrauben gesteckt werden; dieser Ansatz muß oben Platz genug haben, um der Schraubemutter als Auflage zu dienen; es genügt, wenn man die Höhe dieses Ansatzes etwa $\frac{5}{12}d$ macht.

4) und 5) Die Deckelschrauben und die Befestigungsschrauben.

Die Durchmesser der Deckelschrauben und der Befestigungsschrauben sind schon oben bestimmt worden. Bei kleineren Lagern ist auf jeder Seite nur eine vorhanden; bei größeren Zapfendurchmessern nimmt man auf jeder Seite deren zwei. Da nun jede dieser Schrauben nur halb soviel auszuhalten hat, als wenn nur eine Schraube vorhanden wäre, so braucht ihr Durchmesser nur $\sqrt{\frac{1}{2}}$ mal so stark zu sein; man hat also für die **Stärke der Deckelschrauben** und der **Befestigungsschrauben**:

$$\text{wenn auf jeder Seite eine vorhanden } \delta = \frac{1}{3}d,$$

$$\text{wenn auf jeder Seite zwei vorhanden } \delta = \frac{1}{4}d$$

(wenn man nämlich für $\frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,236$ den runden Werth 0,25 gelten läßt).

Man nimmt den Durchmesser der Deckelschrauben und der Befestigungsschrauben nicht über $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Zoll; bei Anwendung von nur einer Schraube auf jeder Seite würde dieser Grenzwert bei einem Zapfendurchmesser von $3\frac{3}{4}$ Zoll bis $4\frac{1}{2}$ Zoll erreicht werden; bei Zapfen von größerem Durchmesser als 4 Zoll ordnet man daher auf jeder Seite zwei Schrauben an.

Wohl zu bemerken ist, daß die berechneten Schraubendurchmesser unter der Voraussetzung gefunden worden sind, daß der Druck, welcher auf den Zapfen wirkt,

- 1) den Zapfen auf Bruch in Anspruch nimmt,
- 2) von unten nach oben wirkt.

Wenn diese Voraussetzungen, welche die ungünstigsten sind für die Berechnung der Deckelschrauben, nicht zutreffen, so kann man die Schrauben von geringerem Durchmesser machen. Ist der

Zapfen z. B. vorzugsweise auf Torsion in Anspruch genommen, und würde also der Zapfendurchmesser auf Bruch berechnet, nur einen geringen Werth bedingen, so kann man die Schraubenbolzen nach diesem geringeren Durchmesser proportioniren; würde andererseits der Druck nicht von unten nach oben wirken, sondern umgekehrt, so könnten die Deckelschrauben allenfalls ganz fortbleiben. Zapfen, welche einen Durchmesser von 6 Zoll bekommen, würden nach Tab. XV. und XVI. Th. I. S. 266

von Schmiedeeisen einen Druck von 26500 Pfund,
 - Gufseisen - - - 18560 -

aushalten können; sie würden auf jeder Seite zwei Schraubenbolzen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser erfordern ($\delta = \frac{1}{4}d$) und da man nicht gern größere Durchmesser für die Schrauben wählt, so behält man diesen Durchmesser auch für stärkere Zapfen bei, hat aber dann stets die Stellung oder die Konstruktion des Lagers so anzuordnen, daß die Deckelschrauben durch einen nicht größern Druck als 26500 Pfund auf Abreißen in Anspruch genommen werden. Da wo Erschütterungen und Stöße zu befürchten sind, müssen sowohl die Muttern der Deckelschrauben, als diejenigen der Befestigungsschrauben mit Gegenmuttern versehen sein, oder durch andere Mittel, gegen das unbeabsichtigte Lösen der Muttern geschützt werden (Th. I. S. 102):

6) Die Grundplatte des Lagers.

Die Stärke der Grundplatte in der Mitte des Lagers ist schon oben berechnet worden; nach den Enden hin kann dieselbe schwächer werden, und man läßt sie da wo die Schrauben durchgezogen werden etwa so stark, wie die Ansätze des Lagerdeckels, d. i. $\frac{5}{12}d$. Die Grundplatte bekommt zweckmäßiger Weise auf beiden Seiten kleine angegossene Schalen oder Becken, um die überlaufende Schmiere aufzunehmen.

Die Breite der Grundplatte ist, ohne diese Becken gleich der Länge des Zapfens, vermindert um die Dicke der beiden vorspringenden Ränder der Lagerfutter, also $\frac{4}{3}d - 2 \cdot \frac{1}{12}d = \frac{2}{3}d$.

Die Länge der Grundplatte ist so lang, daß die Schraubenmuttern für die Befestigungsschrauben noch gehörig Platz haben; sie muß daher von der Mitte der Befestigungsschrauben noch etwa $1\frac{1}{2}\delta$ hinausreichen, und da wir die Entfernung der Mittellinien

der Schrauben oben gleich $3\frac{1}{2}d$ gefunden haben, so hat man für die Länge der Grundplatte

$$3\frac{1}{2}d + 2 \cdot 1,5\delta = 3\frac{1}{2}d + 3 \cdot \frac{1}{3}d = 4\frac{1}{2}d.$$

Die Grundplatte enthält die Oeffnungen, durch welche die Befestigungsschrauben gehen. Um das Lager beim Aufstellen noch ein wenig verschieben zu können, und um dadurch die Welle in die richtige Lage bringen zu können, sind die Oeffnungen für die Schraubenbolzen länglich; die Länge kann etwa $1\frac{1}{2}\delta$ betragen.

Zuweilen ist man in dem Platz für das Lager beschränkt; man läßt dann die Befestigungsschrauben und den entsprechenden Theil der Grundplatte ganz fort, und benutzt die Deckelschrauben zugleich als Befestigungsschrauben. Zu diesem Zweck bekommen die Deckelschrauben oben, da wo sie aus dem Deckel in den Lagerkörper eintreten Ansätze (Bunde), welche sich in den Lagerkörper einlegen, und als Widerlager oder als Köpfe dienen für die unteren Verlängerungen der Deckelschrauben, welche bis durch das Stück, auf welchem das Lager befestigt werden soll, durchgeführt sind, und hier mit Muttern angezogen werden. Die unteren Köpfe der Deckelschrauben, welche in Fig. 1a auf Taf. 28 punktirt gezeichnet sind, fallen dann fort; die obere Partie der Deckelschrauben, von den vorhin erwähnten Ansätzen an, bleibt unverändert. Die Dicke der Grundplatte in dem tiefsten Lagerausschnitt braucht dann nicht größer zu sein, wie die Dicke des Lagerdeckels in der Mitte.

Es ist in Tabelle XV. S. 266 des I. Theils eine Auswahl von Zapfendurchmessern zusammengestellt worden, welche 24 verschiedene Nummern enthält. Um die Anzahl der anzufertigenden Gußmodelle für die Zapfenlager noch etwas zu beschränken, pflegt man, wenigstens bei den dünneren Zapfen nur immer für eine Nummer um die andere ein besonderes Lagermodell anzufertigen, und dasselbe auch für den nächst schwächeren Zapfen zu benutzen, indem man nur die Lagerhöhhlung passend ausbohrt. So wendet man z. B. für einen Zapfen von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser dasselbe Modell an, welches für den 1zölligen Zapfen gilt, da aber hier das Lager auf $\frac{3}{4}$ Zoll anstatt auf 1 Zoll Durchmesser gebohrt wird, so ist nur die Metallstärke um $\frac{1}{8}$ Zoll stärker als sie bei dem 1zölligen Zapfen ausfällt, sonst unterscheidet sich das Lager gar nicht. Natürlich muß man auch die Länge des $\frac{3}{4}$ zölligen Zapfens ebenso groß machen, als diejenige des 1zölligen Zapfens.

Hiernach wird es möglich für die in der Tabelle XV. S. 266 des I. Theiles zusammengestellten 24 verschiedenen Zapfendurchmesser mit 17 Lagermodellen auszukommen*).

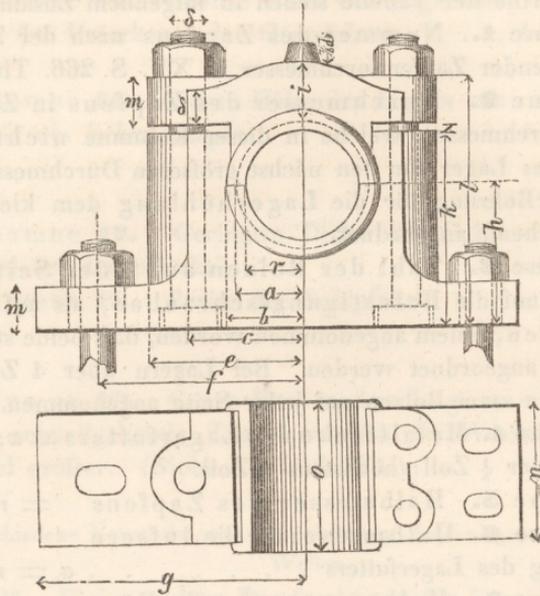
Nach den vorstehend ausführlich entwickelten Grundsätzen ist nun folgende Tabelle für die Dimensionen der Zapfenlager entworfen worden. Die Maasse dieser Tabelle sind preussische Linien (12 Linien gleich einem Zoll), sie sind in der nebenstehenden Figur durch Buchstaben bezeichnet, während sie auf Tafel 28. Figur 2 durch die Verhältniszahlen angedeutet sind; die Maasse der Tabelle sind so geordnet, dafs sie der Reihe nach alle Elemente geben, um das Lager zu zeichnen.

*) Die im folgenden Paragraphen angegebene Zusammenstellung von Sharp-Brothers hat von 2 Zoll bis 12 Zoll Zapfendurchmesser 18 Lager; und Redtenbacher giebt von 3 Centimètres bis 30 Centimètres ($1\frac{1}{8}$ Zoll bis $11\frac{1}{2}$ Zoll) Zapfendurchmesser 19 verschiedene Lager, während nach unserer Zusammenstellung von $\frac{3}{4}$ Zoll bis 12 Zoll Zapfendurchmesser nur 17 Lager erfordert werden.

Ta -

über die Dimensionen eiserner Zapfenlager mit me-

1. No.	2. Durchmesser des Zapfens. Zoll.	3. Zahl der Schraubenbolzen auf jeder Seite.	4. Metall- dicke des Lager- futters in Linien.	5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12.							
				Breiten-Dimensionen							
				in Linien:							
				r	a	b	c	d	e	f	g
2	1	1	1,5	6	7,5	9	13	4	17	23	29
4	$1\frac{1}{2}$	1	1,5	9	10,5	12	18	6	24	33	42
6	2	1	2	12	14	16	24	8	32	44	56
8	$2\frac{1}{2}$	1	2,5	15	17,5	20	30	10	40	55	70
10	3	1	3	18	21	24	36	12	48	66	84
12	$3\frac{1}{2}$	1	3,5	21	24,5	28	42	14	56	77	98
14	4	1	4	24	28	32	48	16	64	88	112
15	$4\frac{1}{2}$	2	4,5	27	31,5	36	49,5	13,5	63	83	103,5
16	5	2	5	30	35	40	55	15	70	92,5	115
17	$5\frac{1}{2}$	2	5,5	33	38,5	44	60,5	16,5	77	101,5	126,5
18	6	2	6	36	42	48	66	18	84	111	138
19	7	2	7	42	49	56	74	18	92	119	146
20	8	2	8	48	56	64	82	18	100	127	154
21	9	2	9	54	63	72	90	18	108	135	162
22	10	2	9	60	69	78	96	18	114	141	168
23	11	2	9	66	75	84	102	18	120	147	174
24	12	2	9	72	81	90	108	18	126	153	180



belle

tallenen Lagerfuttern (nach des Verfassers Anordnung).

13. 14. 15. 16. 17.					18. 19.		2.	1.
Höhen-Dimensionen					Dimensionen		Durch-	No.
in Linien:					nach der Axe		des Zapfens	
h	i	k	l	m	n	o	Zoll.	
15,5	6	21,5	29	5	13	16	1	2
22,5	9	31,5	42	7,5	21	24	1½	4
30	12	42	56	10	28	32	2	6
37,5	15	52,5	70	12,5	35	40	2½	8
45	18	63	84	15	42	48	3	10
52,5	21	73,5	98	17,5	49	56	3½	12
60	24	84	112	20	56	64	4	14
67,5	27	94,5	126	22,5	63	72	4½	15
75	30	105	140	25	70	80	5	16
82,5	33	115,5	154	27,5	77	88	5½	17
90	36	126	168	30	84	96	6	18
105	42	147	196	35	98	112	7	19
120	48	168	224	40	112	128	8	20
135	54	189	252	45	126	144	9	21
149	60	209	278	50	142	160	10	22
163	66	229	304	55	158	176	11	23
177	72	249	330	60	174	192	12	24

Die Werthe der Tabelle stehen in folgendem Zusammenhange:
 Kolumne 1. Nummer des Zapfens nach der Zusammenstellung passender Zapfendurchmesser in XV. S. 266. Th. I.

Kolumne 2. Durchmesser des Zapfens in Zollen. Für die Zapfendurchmesser, welche in dieser Kolumne nicht enthalten sind, wird das Lager für den nächst größeren Durchmesser benutzt und nur die Bohrung für die Lagerhöhlung dem kleineren Zapfen entsprechend angeordnet.

Kolumne 3. Zahl der Bolzen auf jeder Seite; bezieht sich sowohl auf die Befestigungsschrauben, als auf die Deckelschrauben, indem angenommen worden, daß beide stets in gleicher Anzahl angeordnet werden. Bei Lagern über 4 Zoll Durchmesser sind je zwei Bolzen auf jeder Seite angenommen.

Kolumne 4. Metalldicke des Lagerfutters = x ; $x = \frac{1}{12}d$; mindestens aber $\frac{1}{8}$ Zoll; höchstens $\frac{3}{4}$ Zoll.

Kolumne 5. Halbmesser des Zapfens = r

Kolumne 6. Halbmesser für die äußere Begrenzung des Lagerfutters $a = r + x$

Kolumne 7. Halbmesser für die Ränder der Lagerfutter $b = a + x$

Kolumne 8. Entfernung von der Mitte des Zapfens bis zur Mitte der Deckelschrauben $c = b + \delta$

Kolumne 9. Durchmesser der Deckelschrauben und der Befestigungsschrauben

Bei je einer Schraube auf jeder Seite $\delta = \frac{1}{3}d$

Bei je zwei Schrauben auf jeder Seite $\delta = \frac{1}{4}d$

Kolumne 10. Entfernung von der Mitte des Zapfens bis zur äußern Begrenzung des Lagerköpers $e = c + \delta$

Kolumne 11. Entfernung von der Mitte des Zapfens bis zur Mitte der Befestigungsschrauben $f = e + 1\frac{1}{2}\delta$

Kolumne 12. Halbe Breite der Sohlplatte $g = f + 1\frac{1}{2}\delta$
 $= b + 5\delta$

Kolumne 13. Entfernung von der Mitte des Zapfens bis zur Unterkante der Sohlplatte $h = \frac{7}{6}d + x$
 $= \frac{7}{3}r + x$

Kolumne 14. Dicke des Lagerdeckels in der Mitte (mit Ausschluss des Schmiernapfs) . . $i = \frac{1}{2}d = r$

Kolumne 15. Größte Höhe des Lagerkörpers von der Unterkante der Grundplatte . . . $k = h + r$
 $= \frac{1}{3} r + x$

Kolumne 16. Ganze Höhe des Lagers mit Ausschluss des Schmiernapfs $l = h + d + x$
 $= k + r + x$
 $= \frac{1}{3} r + 2x$

Kolumne 17. Geringste Dicke der Sohlplatte und des Lagerdeckels $m = \frac{5}{12} d = \frac{5}{6} r$

Kolumne 18. Breite der Sohlplatte . . . $n = \frac{4}{3} d - 2x$
 $= \frac{8}{3} r - 2x$
 $= o - 2x$

Kolumne 19. Ganze Breite des Lagers $o = \frac{4}{3} d = \frac{8}{3} r$.

Für schnellgehende Zapfen werden die Werthe n und o entsprechend größer. (Siehe Th. I. S. 264.)

Verschiedene Konstruktionen von einfachen Zapfenlagern für liegende Wellen.

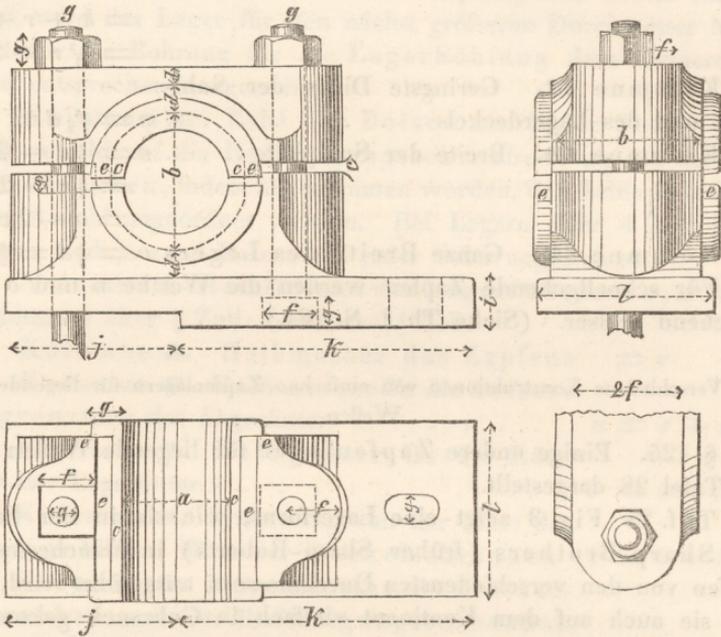
§ 125. Einige andere Zapfenlager für liegende Wellen sind auf Tafel 28 dargestellt.

Taf. 28. Fig. 3 zeigt eine Lagerform, wie sie in der Fabrik von Sharp-Brothers (früher Sharp-Roberts) in Manchester für Zapfen von den verschiedensten Durchmessern ausgeführt wird, und wie sie auch auf dem Kontinent vielfach in Gebrauch gekommen ist. Der Lagerdeckel erscheint etwas schwer und plump, auch reicht der Lagerkörper nicht so hoch hinauf, als bei der im vorigen Paragraphen erläuterten Konstruktion. Der umstehende Holzschnitt wiederholt diese Form, und wir lassen weiter unten die Dimensionen derselben für verschiedene Zapfendurchmesser folgen. Der Holzschnitt*) zeigt die Form dieser Lager sowohl mit als ohne vorspringende Sohlplatte, in welchem letztern Falle die Deckelschrauben zugleich zur Befestigung des Lagers auf der Unterstützung dienen. In der nachfolgenden Tabelle bedeutet a den Durchmesser des Zapfens, also auch den innern Durchmesser der Lagerhöhung; b den äußern Durchmesser der Lagerfutter, folglich $\frac{b-a}{2}$ die Wandstärke derselben; zugleich ist b die Breite des Lagerkörpers. Die Lagerfutter sind im äußern rund mit abgeplatteten Seiten, um das Drehen zu verhindern. Diese Konstruktion

Taf. 28.
Fig. 6.

*) W. Salzenberg „Vorträge über Maschinenbau“ S. 50.

möchten wir nicht empfehlen, da sie es unmöglich macht, das Lager, behufs Einpassen der Lagerfutter von Innen auszubohren. An den abgeplatteten Stellen ist die Metalldicke des Futter = c . Die Entfernung der Außenfläche des Lagerfutters von der Ober-



kante der Söhlplatte ist = d , und von der Oberkante des Deckels = $2d$. Der Deckel greift in seiner ganzen Breite mit einem Ansatz von der Dicke e zwischen die Backen des Lagers ein, und ebenso stark ist der Rand des Futter. f ist die halbe Breite der obern Deckelfläche, und auch der Radius für die cylindrischen Ansätze, durch welche die Schraubenbolzen gesteckt sind; zugleich ist f die Seite des quadratischen Kopfes der Deckelbolzen, dessen Höhe gleich g ist. g ist noch die Breite des Futterrandes, der Durchmesser der Bolzen, und die Höhe der sechseckigen Muttern, deren äußerer Durchmesser gleich $2g$ ist. h ist die Höhe der Söhlplatte ohne vorspringende Lappen, also für den Fall, daß die Deckelschrauben zugleich als Befestigungsschrauben dienen; i die Söhlplatte mit vorspringenden Lappen, also für den Fall, daß besondere Befestigungsschrauben angeordnet werden; j die halbe Länge der Söhlplatte im ersten Fall, k desgleichen im letzten Falle, und l die Breite der Söhlplatte.

Tabelle

über die Dimensionen eiserner Zapfenlager mit Metall-Einlagen nach Sharp-Brothers Anordnung.

Durchmesser des Zapfens in Zollen.	Dimensionen des Lagers in Linien.											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
2	24,0	33,0	2,5	5,0	4,2	12,0	7,5	8,5	12,0	38,5	66,0	40,0
2 $\frac{1}{4}$	27,0	36,9	2,8	5,6	4,7	13,0	8,2	9,5	13,2	42,7	72,2	45,0
2 $\frac{1}{2}$	30,0	40,9	3,1	6,1	5,1	14,0	8,9	10,4	14,4	46,9	78,4	50,0
2 $\frac{3}{4}$	33,0	44,8	3,4	6,7	5,6	15,0	9,6	11,4	15,6	51,2	84,6	55,0
3	36,0	48,7	3,7	7,2	6,0	16,1	10,2	12,4	16,9	55,4	90,7	60,0
3 $\frac{1}{4}$	39,0	52,7	4,1	7,8	6,4	17,1	10,9	13,3	18,1	59,6	96,9	65,0
3 $\frac{1}{2}$	42,0	56,6	4,4	8,4	6,9	18,1	11,6	14,3	19,3	63,8	103,1	70,0
3 $\frac{3}{4}$	45,0	60,6	4,7	8,9	7,3	19,1	12,3	15,3	20,5	68,0	109,3	75,0
4	48,0	64,5	5,0	9,5	7,7	20,1	13,0	16,2	21,7	72,2	115,5	80,0
5 $\frac{1}{2}$	54,0	72,4	5,6	10,6	8,6	22,1	14,4	18,2	24,2	80,7	127,9	90,0
5	60,0	80,2	6,2	11,7	9,5	24,2	15,7	20,1	26,6	89,1	140,2	100,0
6	72,0	96,0	7,5	14,0	11,2	28,2	18,5	24,0	31,5	106,0	165,0	120,0
7	84,0	111,7	8,7	16,2	13,0	32,3	21,2	27,9	36,4	122,9	189,7	140,0
8	96,0	127,5	10,0	18,5	14,7	36,4	24,0	31,7	41,2	139,7	214,5	160,0
9	108,0	143,2	11,5	20,7	16,5	40,4	26,7	35,6	46,1	156,6	239,2	180,0
10	120,0	159,0	12,5	23,0	18,2	44,5	29,5	39,5	51,0	173,5	264,0	200,0
11	132,0	174,7	13,8	25,2	20,0	48,6	32,2	43,4	55,9	190,4	288,7	220,0
12	144,0	190,5	15,0	27,5	21,7	52,6	35,0	47,2	60,7	207,2	313,5	240,0

Nach den Resultaten dieser Tabelle ergibt sich:

die Metalldicke der Lagerfutter . . . = $\frac{5}{32}d + \frac{3}{4}$ Linien

der Durchmesser der Schraubenbolzen = $\frac{7}{30}d + 1,8$ -

die Länge des Zapfens = $1\frac{5}{11}d + 2,4$ -

Redtenbacher *) gibt

für die Dicke des Lagerfutters = $0,074d + 0,28$ Centimeter
= $\frac{2}{27}d + 1\frac{1}{3}$ Linien

für die Länge des Zapfens . . = $1,21d + 0,87$ Centimeter
= $1\frac{5}{24}d + 4$ Linien.

Beide Angaben geben durchweg größere Metalldicken für die Lagerschalen, als die von uns festgestellten; die Zapfenlänge ist nach den Verhältnissen von Sharp-Brothers durchweg größer als die von uns angenommene; dagegen stimmt sie nach den Angaben von Redtenbacher bei einem Zapfendurchmesser von etwa 2 $\frac{1}{2}$ Zoll mit der unsrigen überein, und giebt für Zapfendurchmesser unter 2 $\frac{1}{2}$ Zoll größere, für Zapfendurchmesser über 2 $\frac{1}{2}$ Zoll geringere Längen als unsere Angaben. Ein Zapfen von 6 Zoll Durchmesser giebt z. B.:

*) Redtenbacher's „Resultate für den Maschinenbau“.

	nach Sharp-Brothers,	Redtenbacher,	n. d. Verfasser,
Metalldicke der Schalen	12 Linien,	$6\frac{2}{3}$ Linien,	6 Linien,
Länge der Zapfen	110 -	91 -	96 -

Taf. 28.
Fig. 4.

Eine andere Lagerkonstruktion zeigt Taf. 28. Fig. 4 in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse. Es ist ein von dem englischen Mechaniker Fox konstruirtes, in der Werkstatt des Königl. Gewerbeinstituts zu Berlin befindliches Lager für einen Zapfen von 3 Zoll Durchmesser. Fig. 4a ist die Ansicht des zusammengestellten Lagers, Fig. 4b die Seitenansicht desselben, Fig. 4c die obere Ansicht nach Abnahme des Lagerdeckels, Fig. 4d ist eine Ansicht des abgenommenen und umgelegten Lagerdeckels nach Herausnahme des Lagerfutters, Fig. 4e ist eine Ansicht desselben von der Seite, Fig. 4f sind Durchschnitte des Lagerfutters, und zwar ein Schnitt in der Ebene durch die Axe des Zapfens, und ein zweiter Schnitt normal dazu nach der Richtung *xy*. Das Lager zeichnet sich dadurch aus, daß der Lagerblock von der Horizontalebene durch die Mitte des Zapfens an nicht in seiner ganzen Breite in die Höhe geführt ist, daß vielmehr nur die Hülsen, welche zur Aufnahme der Deckelschrauben dienen, von hier an als cylindrische Pfeiler *aa'* bis etwa zur Tangente durch den höchsten Punkt des Zapfens hinaufgeführt sind. Der Lagerdeckel hat entsprechende Höhlungen, mit denen er zwischen diese Pfeiler eingreift, während er die obere Hälfte des Lagerfutters ganz umschließt. Die vorspringenden Ränder des Lagerfutters sind in den Lagerblock und in den Deckel eingelassen; die äußere Rundung des untern Lagerfutters ist in der Mitte mit einer concentrischen Verstärkungsrippe versehen, die in eine entsprechende Nuth des Lagerblockes eingreift, und durch einen vorspringenden Zapfen die Drehung dieses halben Lagerfutters hindert; das obere Lagerfutter hat anstatt dieser concentrischen Rippe eine geradlinige im Scheitel der äußern Rundung von einem Rande zum andern, parallel mit der Axe laufende Rippe, welche sich in eine passende Nuth einlegt. In Fig. 4d ist diese Nuth sichtbar. Dies Lager von Fox zeichnet sich durch die große Sicherheit aus, mit welcher der Lagerdeckel mit dem Lagerblock und mit den Lagerfuttern zusammenhängt.

Taf. 28.
Fig. 5.

Taf. 28. Fig. 5 giebt ein Beispiel von einem Zapfenlager mit zwei Deckelschrauben und zwei Befestigungsschrauben auf jeder Seite. Das Lager ist im Allgemeinen nach den Verhältnissen und Dimensionen konstruirt, welche wir in dem vorigen Paragraphen entwickelt haben, nur unterscheidet es sich in der Art und Weise, wie die Lagerfutter in den Lagerkörper und in den Deckel einge-

setzt sind. Die von dem Verfasser in dieser Figur gewählte Konstruktion zeigt, daß die Lagerfutter keine vorspringenden Ränder haben, dagegen sind sie von Außen nicht cylindrisch, sondern kugelförmig abgedreht, und der Lagerdeckel mit dem Lagerkörper bildet eine Hohlkugel, welche das Lagerfutter genau passend umschließt. Fig. 5a zeigt eine Vorderansicht, Fig. 5b einen Vertikaldurchschnitt in einer Ebene, die durch die Axe des Zapfens geht, Fig. 5c eine obere Ansicht des Lagerblocks nach Abnahme des Deckels und der obern Lagerfutterhülsen, Fig. 5d eine Ansicht des Lagerdeckels von der Seite, Fig. 5e eine Ansicht desselben von oben, nachdem er umgelegt und das Lagerfutter herausgenommen worden.

Durch die hier gewählten Anordnungen wird erreicht, daß das Lagerfutter sich in dem Lagerkörper nach allen Richtungen hin ein wenig verdrehen könne, und hierdurch wird es möglich, daß, wenn das Lager nicht sehr exakt aufgestellt ist, oder wenn dasselbe durch Nachgeben oder Verschieben der Unterstützungen oder der Befestigungen aus seiner richtigen Lage gekommen ist, sich gleichwohl die Axe des Lagerfutters richtig einstellen kann, d. h. so, daß sie mit der Axe des Zapfens genau zusammenfällt. Dies ist eine äußerst wichtige, und oft durch die gewöhnliche Lagerkonstruktion schwer zu erreichende Bedingung. Sobald nämlich die Lagerfutter in dem Lagerkörper fest sind, und es erfolgt eine geringe Verschiebung des Lagers gegen die Richtung der Welle, so tritt nothwendiger Weise ein Klemmen des Zapfens im Lager ein; es entstehen Seitendrucke, die oft ganz außerordentliche Reibungswerthe und Abnutzungen herbeiführen.

Bei der Aufstellung der Zapfenlager ist es daher von der größten Wichtigkeit, die Axe der Lager mit der Axe der Welle übereinstimmend zu bekommen, und diese Wichtigkeit steigert sich zugleich mit der Schwierigkeit, die genannte Bedingung zu erfüllen, wenn man sehr lange Wellenleitungen hat, die durch feste Kupelungen mit einander zusammenhängen, oder wenn ein und dieselbe Welle an mehren Punkten durch Zapfenlager unterstützt ist. Hier handelt es sich dann im Allgemeinen darum, die Axen der Höhlungen der Lagerfutter bei der Aufstellung genau in eine gerade Linie zu bekommen. Der Verfasser hat für diesen Zweck mit gutem Erfolg folgendes Mittel angewandt:

Jedes aufzustellende Zapfenlager wird vor der Aufstellung durch zwei Blechscheiben geschlossen, welche genau den Durchmesser der Höhlung des Lagerfutters haben, und an den beiden äußer-

sten Rändern der Lagerfutter in die Höhlung derselben eingeklemmt werden. In der Mitte jeder dieser Blechscheiben ist eine kleine Oeffnung, und die Linie, welche die Mitten dieser kleinen Oeffnungen verbindet, repräsentirt folglich die Mittellinie oder die Axe der Lagerhöhlung. Man stellt nun zuerst die beiden äußersten Lager der ganzen Wellenleitung auf und zwar so, daß man hinter das eine Lager, in der Höhe der kleinen Oeffnung der Blechscheibe eine Lichtflamme anbringt, und nun das erste Lager so lange verschiebt, bis man durch die Oeffnungen in den beiden Blechscheiben, welche dieses Lager schliessen, und durch die Oeffnungen in den Blechscheiben des erstgenannten Lagers die hinter diesem befindliche leuchtende Flamme sieht. In dieser Stellung müssen offenbar die Mittellinien der beiden Lager in ein und dieselbe gerade Linie fallen; befestigt man die Lager in dieser Stellung, und richtet man nun die zwischen den äußersten beiden Lagern anzuordnenden Lager in ähnlicher Weise so ein, daß man von dem ersten Lager aus durch die Oeffnungen in sämtlichen Blechscheiben die hinter der letzten Blechscheibe befindliche leuchtende Flamme sieht, so befinden sich dann offenbar die Mittellinien sämtlicher Lager in derselben geraden Linie; und die Aufstellung der Wellenleitung (vorausgesetzt, daß die Wellen selbst gerade sind) wird sehr richtig erfolgen können.

Taf. 28. Fig. 6, 7, 8 zeigen einige Lagerkonstruktionen für Zapfen von geringem Durchmesser, etwa bis zu $1\frac{1}{2}$ Zoll und darunter.

Taf. 28.
Fig. 6.

Taf. 28. Fig. 6 ist ein kleines Zapfenlager ohne besondere Lagerfutter, dasselbe ist entweder ganz aus Bronze, oder ganz aus Gufseisen konstruirt. Bei Zapfen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser kann man bis zu etwa 60 Umdrehungen in der Minute ohne allen Nachtheil Schmiedeeisen auf Gufseisen laufen lassen, so also, daß bei schmiedeeisernen Zapfen hier das ganze Lager von Gufseisen sein kann. Fig. 6a zeigt die Vorderansicht, Fig. 6b die Ansicht von der Seite; man sieht, daß der Lagerdeckel mit Ansätzen über den Lagerblock übergreift, und daß die Deckelschrauben zugleich als Befestigungsschrauben dienen.

Taf. 28.
Fig. 7.

Taf. 28. Fig. 7 ist ein kleines Lager von Gufseisen mit Metallfaltern, und zwar von sehr einfacher Konstruktion. Die äußere Begrenzung der Lagerfutter ist rechteckig; beide Hälften sind fast ganz von dem Lagerkörper umschlossen; der Lagerdeckel besteht aus einer einfachen Platte, die durchweg einen gleich großen rechteckigen Querschnitt hat. Die Deckelschrauben, die in sämtlichen

Figuren herausgenommen sind, werden in dem Lagerkörper durch quer durchgeschlagene Splinte befestigt. Fig. 7a ist eine Vorderansicht des Lagers, Fig. 7b eine Ansicht von der Seite, Fig. 7c eine Ansicht von oben, mit dem Lagerdeckel. Die Figuren sind halbe natürliche Gröfse.

Taf. 28. Fig. 8 stellt eine etwas gefälligere Form eines Lagers für Zapfen von geringem Durchmesser dar. Die Lagerfutter sind hier durch Flächen begrenzt, deren Querschnitte Spitzbögen bilden, die Ränder der Lagerfutter haben eine ähnliche Form; der Lagerdeckel umschließt die ganze obere Hälfte des Lagerfutters, und greift mit Ansätzen zwischen die Pfeiler des Lagerblocks; die Deckelschrauben sind in sehr ähnlicher Weise, wie in der vorigen Figur in dem Lagerkörper befestigt. Fig. 8a ist die Vorderansicht des Lagers, Fig. 8b die obere Ansicht nach Fortnahme des Lagerdeckels und der oberen Hälfte des Lagerfutters. Die Figuren sind halbe natürliche Gröfse. Taf. 28
Fig. 8.

Zuweilen ist bei den Zapfenlagern die Bedingung zu erfüllen, daß der Zapfen durch das Lager sehr sicher geführt sein soll, und daß nicht das geringste Schlottern des Zapfens im Lager stattfinden darf. Diese Bedingung kommt z. B. bei den Zapfen der Spindeldocke von Drehbänken vor. Taf. 28. Fig. 9 zeigt die Einrichtung eines solchen Zapfenlagers, und zwar ist Fig. 9a eine Vorderansicht, Fig. 9b eine Seitenansicht, beide in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse. Fig. 9c ist das Lagerfutter in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse. Das Lagerfutter besteht hier aus einem ungetheilten Stahlringe (Fig. c), welcher in der Lagerhöhle ein wenig konisch ausgebohrt ist; er ist genau in den Vorderschenkel der Spindeldocke eingepaßt, und wird in letzterem befestigt, nachdem die Oeffnung dazu genau ausgedreht und dann erwärmt worden ist. Hierdurch erweitert sich die Oeffnung, und wenn man nun den Stahlring einsetzt, so umschließt sie denselben, nachdem sie sich beim Erkalten wieder zusammengezogen hat, sehr fest. Der Zapfen ist der innern Bohrung des Stahlringes entsprechend, auch ein wenig konisch, und zwar so, daß der grössere Durchmesser nach der Spindeldocke hin liegt. Nachdem die Stahlspitze *x*, welche durch Mutter und Gegenmutter in dem hintern Schenkel der Spindeldocke befestigt ist, zurückgezogen worden, kann man die Welle (Spindel) mit dem konischen Zapfen einbringen; und demnächst läßt sich durch die Schraube an der Stahlspitze *x* den Druck reguliren, mit welchem der konische Zapfen in die Lagerhöhle gepreßt werden soll. Findet eine Abnutzung des Zapfens statt, so daß er in Taf. 28.
Fig. 9.

der Höhlung schlotterig wird, so schraubt man die Spitze x ein wenig vor und preßt den Zapfen dadurch wieder fest in seinen Sitz. Diese Konstruktion ist von einer der kleinen Handdrehbänke entnommen, welche in der Werkstatt des Königl. Gewerbeinstituts zu Berlin gebaut werden, und dient zugleich als Beispiel für die Anordnung eines Zapfenlagers mit Längendruck (S. 278); durch die Stahlspitze x wird der Längendruck in der Richtung der Welle aufgehoben.

Anordnung der Hängelager. Einfache Hängelager.

§ 126. Wir haben in § 116. bereits erwähnt, daß man nicht immer die Unterstützung der Zapfenlager von unten her bewirken könne, und daß man oft die fixen Punkte zur Befestigung und Unterstützung des Lagers über dem Zapfenlager aufsuchen müsse. Die Lagerkonstruktionen für diesen Fall heißen Hängelager.

Die einfachste Form eines Hängelagers wird offenbar erhalten, wenn man ein gewöhnliches Zapfenlager von einer der auf Tafel 28 dargestellten Formen umkehrt, so daß die Grundplatte oben ist, und nun diese Grundplatte an einen besonders dazu angebrachten Balken, oder an einen Etagenbalken u. s. w. anschraubt. Die Last der Welle hängt dann im Lagerdeckel an den Deckelschrauben und an den Befestigungsschrauben. Hat man das Lager nach unsern in § 124. aufgestellten Prinzipien konstruirt, so sind diese Theile vollkommen stark genug, die Belastungen auszuhalten. Indessen ist für diesen Fall die Vorsicht niemals außer Acht zu lassen, daß man die Schraubenmutter, sowohl die der Befestigungsschrauben, als diejenigen der Deckelschrauben gegen unbeabsichtigte Lösung schützt; denn sobald durch die Erschütterungen eine solche Lösung erfolgt, muß die Welle aus dem Lager herausfallen (vergl. § 124. S. 330).

Wenn die Entfernung des Wellenmittels von der Decke einen gewissen Werth erreicht, so kann man mit der oben beschriebenen Anordnung nicht mehr auskommen; man wendet dann besondere Hängeböcke an, wie deren auf Tafel 29 bis 31 mehre dargestellt sind.

Die Konstruktion dieser Hängeböcke kann, wie die auf Tafel 29, 30 und 31 gezeichneten Anordnungen nachweisen, sehr verschieden gewählt werden. Der wesentlichste Grund dieser Verschiedenheit beruht auf der Bedingung, daß die Hängeböcke nicht immer nur zur Unterstützung eines einzigen Zapfenlagers

dienen, sondern häufig mehre Zapfenlager zugleich umfassen sollen. Man kann füglich hiernach unterscheiden:

- einfache Hängelager,
- kombinierte Hängelager.

Die einfachen Hängelager lassen sich wiederum in sehr verschiedener Weise anordnen. Entweder ist der Lagerkörper mit dem Hängebock in einem Stück dargestellt, oder es ist ein gewöhnliches, einfaches Zapfenlager gewählt, welches auf einem besondern Hängebock befestigt ist. Andererseits ergeben sich Verschiedenheiten in der Anordnung dadurch, daß die Aufhängung des Hängebockes entweder zu beiden Seiten des Zapfenlagers erfolgen kann, oder auch nur auf einer Seite desselben. Man unterscheidet hiernach:

- zweiseitige Hängelager und
- einseitige Hängelager.

Die Figuren auf Taf. 29, sowie Taf. 30. Fig. 1 und 2 geben Beispiele von einfachen Hängelagern, und zwar sind die Hängelager auf Taf. 29 sämtlich von Eisen, wogegen Taf. 30. Fig. 2 und 3 Hängeböcke von Holz darstellen.

Die sämtlichen Figuren der Tafel 29 sind in $\frac{1}{8}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

Taf. 29. Fig. 1 ist ein zweiseitiges Hängelager von Gußeisen, welches den Lagerkörper und den Lagerblock aus einem Stück gegossen darstellt. Das Lager ist in der Bahnhofswerkstatt der Königl. Preussischen Ostbahn zu Dirschau angewandt, und dient durch Veränderung der Bohrung in dem Metallfutter für Zapfen von $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{2}$ und $2\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, und zwar für die Hauptwellenleitung. Fig. 1a ist eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 1b eine Ansicht normal zu der Welle, Fig. 1c ein Durchschnitt in einer Vertikalebene, die durch die Axe des Zapfens geht, Fig. 1d ein Horizontalschnitt nach der Linie *xy* der Fig. 1a. Der Hängebock wird durch zwei starke Schrauben quer vor einen der Etagenbalken geschraubt, und wird zum Theil in denselben eingelassen. In die Oeffnung, welche sich unter dem Lager in dem Hängebock befindet, wird ein Blechkasten geschoben, welcher die durch den Zapfen abfließende Schmiere aufnimmt. Man sieht daß die kleinen vorspringenden Ränder, welche mit Höhlungen versehen sind, um die Schmiere zunächst aufzufangen am Boden dieser Höhlungen durchbohrt sind, damit die Schmiere in den Blechkasten abtropfen kann. Eine ganz ähnliche Einrichtung ist an dem Lager Taf. 29. Fig. 2, welches für dieselbe Werk-

Taf. 29.
Fig. 1.

Taf. 29.
Fig. 2.

statt bestimmt ist. Dieses Lager ist ein einseitiges Hängelager, welches ebenfalls mit dem Lagerkörper aus einem Stück gegossen ist; es ist für die Nebenwellen bestimmt, welche über den Drehbänken und Hobelmaschinen angebracht sind, um die Betriebsriemscheiben für diese Maschinen aufzunehmen. Da diese Wellen nur kurz sind, so pflegt man die beiden Hängelager, welche zu je einer solchen Welle gehören, mit einander in Verbindung zu setzen, und hierzu dient der Arm, welcher rechts aus Fig. 2a und Fig. 2d hervorragt. Das Lager wird unter den Balken geschraubt. Fig. 2a ist eine Ansicht nach der Richtung der Welle, Fig. 2b eine solche normal zu dieser Richtung, Fig. 2c ein Durchschnitt in einer Vertikalebene durch die Axe der Welle, und zwar nach der Linie pq in Fig. 2a, und Fig. 2d ein Horizontalschnitt nach der Linie mn in Fig. 2a.

Taf. 29. Fig. 3 zeigt ein einseitiges, ziemlich stark gehaltenes Hängelager, welches in der Maschinenfabrik von F. Wöhlert in Berlin für die Kölnische Baumwollspinnerei ausgeführt worden ist. Derartige Lager sind für die genannte Spinnerei in obiger Fabrik in sehr verschiedenen Dimensionen angefertigt worden, und zwar für Abstände der Mittellinien der Wellen von der Unterkante der Balken von 6, 9, 12 und 18 Zoll, und für Ausladungen (horizontaler Abstand des Wellenmittels von der Mittellinie der Aufhängung), welche in derselben Weise verschieden sind. Das hier gezeichnete Lager hat eine Ausladung von 5 Zollen und das Wellenmittel liegt 12 Zoll unter den Balken; es dient durch Veränderung der Bohrung des Lagerfutters für Wellen von $2\frac{3}{4}$ Zoll bis 3 Zoll und wiegt etwa 70 Pfund. Fig. 3a ist eine Ansicht nach der Richtung der Welle, Fig. 3b eine solche normal dazu, Fig. 3c ein Vertikalschnitt nach der Linie vw in Fig. 3a und Fig. 3d ein Horizontalschnitt nach der Linie rs in Fig. 3a mit der Ansicht von unten nach oben. Bemerkenswerth ist die eigenthümliche Befestigung des Lagerdeckels, welche in Fig. 3a sichtbar ist. Der Lagerdeckel hat hier gar keinen Druck auszuhalten, deshalb kann nicht nur die Befestigung leicht und die Deckelschraube verhältnißmäßig schwach sein, sondern man kann auch die obere Hälfte des Lagerfutters ganz fortlassen, wie dies Fig. 3c zeigt.

Taf. 29. Fig. 4 ist ein zweiseitiges Hängelager, welches gleichfalls mit dem Lagerkörper in einem Stück gegossen ist. Fig. 4a ist die Vorderansicht, Fig. 4b die Seitenansicht. Das hier gezeichnete Lager hat der Verfasser für einen Zapfen von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser bei 8 Zoll Abstand des Wellenmittels von der Unter-

kante der Balken angeordnet, indem dazu ein umgekehrtes Bocklager benutzt wurde. Die Welle hängt hier in dem Lagerdeckel, und das unbeabsichtigte Lösen der Schrauben ist hier durch Splinte verhindert worden, welche unmittelbar unter den Muttern der Deckelschrauben durch diese letztgenannten durchgesteckt sind.

Eine andere vom Verfasser ausgeführte Konstruktion ist auf Taf. 29. Fig. 5 dargestellt. Das Hängelager ist zweiseitig; der Hängebock aber unabhängig von dem eigentlichen Zapfenlager, indem letzteres durch die Deckelschrauben, welche hier zugleich als Befestigungsschrauben dienen, auf dem Hängebock angebolzt ist. Fig. 5a ist eine Vorderansicht, Fig. 5b ist eine Seitenansicht.

Taf. 29.
Fig. 5.

Taf. 29. Fig. 6 zeigt die Konstruktion eines Hängelagers von Schmiedeeisen, welche der Verfasser öfter angewandt hat, und die in vielen Fällen einfacher und billiger ist, als ein Hängebock von Gufseisen. Fig. 6a ist die Vorderansicht, Fig. 6b die Seitenansicht. Ein Stück Flacheisen von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und 2 Zoll Breite ist nach der Form des Hängebockes gebogen und das Metallfutter unmittelbar in den untern Theil des schmiedeeisernen Bügels eingelegt. Da kein nach oben gerichteter Druck vorhanden ist, so ist die obere Hälfte des Metallfutters fortgelassen, und die Welle nur durch einen quer durch den Bügel gezogenen Bolzen gegen Herausspringen bei etwaigen zufälligen Stößen gesichert. Um dem Ganzen mehr Steifheit gegen Seitenschub zu geben, ist oben zwischen den Schenkeln des Bügels noch ein Querriegel von Schmiedeeisen eingenietet.

Taf. 29.
Fig. 6.

Taf. 29. Fig. 7 ist ein kleines Hängelager von Gufseisen, bei welchem das Metallfutter ebenfalls nur den untern Theil des Zapfens umschließt, und die Welle in ähnlicher Weise, wie in Fig. 6 gegen das Herausspringen geschützt ist. Das Lager ist in der Fabrik von F. Wöhlert in Berlin für die Kölnische Baumwollspinnerei angefertigt, und dient zur Unterstützung der Welle der Leitrollen für Riemscheiben. Auf der $\frac{5}{4}$ Zoll starken Welle sitzt eine Leitrolle von 11 Zoll Durchmesser und 4 Zoll Breite. Die Welle ist nicht länger als erforderlich ist, um diese Rolle aufzunehmen, und die Hängelager für die beiden Endzapfen der Welle liegen einander folglich so nahe, daß man beide Hängeböcke mit der Befestigungsplatte in einem Stück darstellen konnte. Fig. 7a zeigt die Ansicht nach der Richtung der Welle, Fig. 7b die Ansicht normal dazu, Fig. 7c den Vertikalschnitt durch die Lager mittelst einer Ebene, die durch die Axe der Wellen geht, und

Taf. 29.
Fig. 7.

Fig. 7d einen Horizontalschnitt nach der Richtung *tu* in Fig. 7a und zwar von unten nach oben gesehen. Jedes Lager ist mit einem kleinen Schmiernapf versehen.

Taf. 30. Fig. 1 zeigt noch ein einfaches Hängelager von Gufeisen. Dasselbe ist einseitig, der Hängebock und das Lager sind aus einem Stück, das Metallfutter ist besonders eingesetzt, und der Deckel ist auf eigenthümliche Weise an den Hängebock befestigt, indem er seitwärts angeschraubt ist. Dies ist nur zulässig, wenn gegen den Deckel kein erheblicher Druck statt findet. Fig. 1a ist eine Ansicht nach der Richtung der Welle, Fig. 1b eine Ansicht normal zu dieser Richtung, Fig. 1c ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die durch die Axe des Zapfens geht.

Es ist schon früher bemerkt worden, das man die Hängeböcke auch aus Holz konstruiren könne, und Figur 2 und 3 auf Tafel 30 geben hierzu Beispiele. Diese Figuren sind, wie sämtliche Figuren der Tafel 30, in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Taf. 30. Fig. 2 zeigt ein zweiseitiges Hängelager aus Holz von sehr einfacher Konstruktion; es ist aus zwei Kreuzhölzern von 4 Zoll im Quadrat gebildet, welche mit den obern Enden an den unterstützenden Balken angeblattet, und mit den untern Enden gegenseitig überblattet und verbolzt sind. Das hölzerne Lagerfutter ist zwischen beide Schenkel des Hängelagers eingelegt. Fig. 2a ist eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 2b ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die durch die Axe des Zapfens geht, und Fig. 2c eine obere Ansicht des hölzernen Lagerfutters.

Taf. 30. Fig. 3 stellt einen etwas stärker konstruirten Hängebock von Holz dar. Das Zapfenlager ist von Gufeisen, ohne besondere Lagerfutter; es ist auf einem hölzernen Stege befestigt, welcher in der früher (§ 117) beschriebenen Weise durch Keile seitwärts verstellbar ist. Der Steg wird an jedem Ende von zwei Hängesäulen umschlossen, welche aus 4- und 5zölligem Kreuzholz gebildet, sowohl an den Etagenbalken als am untern Ende mit einander verbolzt, und durch starke Streben abgesteift sind. Das Hängelager ist von dem Verfasser für die liegende Welle eines hölzernen Rofswerkes ausgeführt worden. Fig. 3a zeigt die Ansicht in der Richtung der Welle; Fig. 3b einen Vertikalschnitt durch die Axe der Welle.

Kombinierte Hängelager.

§ 127. Wenn ein und derselbe Hängebock zur Unterstützung mehr als eines Zapfenlagers dienen soll, so richtet sich die Konstruktion desselben wesentlich nach der Lage der Zapfen, beziehlich der Wellen, denen diese angehören, gegen einander, und nach der Richtung des Druckes, welcher auf die Zapfen einwirkt. Da hiernach die Bedingungen für die Anordnung eines Hängebockes sich sehr compliciren können, so müssen wir uns hier darauf beschränken, nur einige der am häufigsten vorkommenden Anordnungen als Beispiele aufzuführen. Wir wählen dazu folgende Fälle aus:

a) Hängelager für zwei Zapfen, deren Axen parallel sind und vertikal über einander liegen:

— — (Anordnung in der Vertikalebene).

b) Hängelager für drei Zapfen, von denen der eine einer stehenden Welle angehört, die beiden anderen aber die Endzapfen zweier in ein und derselben Richtung liegender Wellen sind:

— | — (Anordnung in der Vertikalebene).

c) Hängelager für zwei Zapfen, deren einer der obere Endzapfen einer stehenden Welle, der andere ein Halszapfen einer liegenden Welle ist:

| (Anordnung in der Vertikalebene).

d) Hängelager für drei Zapfen, die sämtlich liegenden Wellen angehören; zwei dieser Wellen liegen in ein und derselben Richtung; die dritte ist normal zu dieser Richtung:

— | — (Anordnung in der Horizontalebene).

Taf. 30. Fig. 4 stellt die unter a) erwähnte Anordnung eines Zapfenlagers aus der Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts zu Berlin dar. Fig. 4a ist die Ansicht in der Richtung der Wellen, Fig. 4b ein Vertikalschnitt in einer Ebene durch die Axen der beiden parallelen Wellen. Die Figuren sind in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Hängebock ist zweiseitig, das obere Lager ist mit dem Hängebock aus einem Stück, das untere ist ein gewöhnliches, unabhängiges Zapfenlager, welches auf der untern Platte des Hängebockes besonders aufgeschraubt ist, und zwar in der Weise, daß die Deckelschrauben zugleich als Befestigungsschrauben dienen. Die bogenförmigen Verstärkungsrippen, welche das obere Lager tragen, würde man auch dann anordnen, wenn man nur das untere Lager brauchen wollte; das heißt: man ver-

strebt die Schenkel des Hängebockes durch derartige Querrippen selbst bei einfachen Hängelagern, wenn die Mittellinie der Welle sehr tief unter der Befestigungsebene des Hängebockes liegt.

Taf. 30.
Fig. 5.

Taf. 30. Fig. 5 zeigt ein Hängelager für die oben unter b) erwähnte Anordnung. Dasselbe ist in der Maschinenfabrik von F. Wöhlert in Berlin für die Kölnische Baumwollenspinne-
rei ausgeführt worden. Fig. 5a ist die Ansicht in der Richtung der liegenden Wellen, Fig. 5b ist zur Hälfte eine Ansicht, zur Hälfte ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die durch die Axe der liegenden und der stehenden Welle geht, Fig. 5c ist ein Horizontalschnitt, und zwar die linke Hälfte der Figur mit einer Ebene durch die Axe der liegenden Welle, und die rechte Hälfte mit einer Ebene durch die Mitte des Halslagers der stehenden Welle. Beide Hälften sind von unten nach oben gesehen. Die Befestigungsplatte des Hängelagers wird durch sechs Bolzen unter den Etagenbalken festgeschraubt; dieselbe hat in der Mitte eine mit hochkantiger Verstärkungsrippe eingefasste Durchbohrung, um die stehende Welle durchgehen zu lassen, und ist mit den Hängeböcken der beiden Lager für die liegenden Wellen aus einem Stück gegossen. Diese Hängeböcke bilden unten zugleich die Lagerkörper, in welche die Metallfutter unmittelbar eingelegt sind; die oberen Hälften der Lagerfutter sind durch Deckel gehalten, deren jeder mittelst zweier eiserner Keile in eigenthümlicher Weise angezogen werden kann. Die Durchbohrung der Verstärkungsrippe des Hängebockes, welche man unterhalb der Lagerkörper in jedem Hängebock bemerkt, dient zur Aufnahme eines kleinen Gefäßes aus Weisblech, in welchem sich die abtropfende Schmiere sammelt. Das Halslager für die stehende Welle befindet sich unmittelbar über den Lagern für die liegenden Wellen; es wird durch einen achteckigen Kasten gebildet, dessen eine Hälfte mit den Hängeböcken und den Befestigungsplatten aus einem Stück gegossen ist (vergl. Fig. 5c), dessen andere (vordere) Hälfte aber durch vier Schrauben an dieser ersten befestigt ist. Der Kasten hat vier Abtheilungen zur Aufnahme von vier Metallfuttern, welche den Hals der stehenden Welle umschließen, und von denen jedes durch zwei Stellschrauben centriert werden kann. Damit diese Futter nicht nach unten herausgleiten, ist eine aus zwei Hälften bestehende gusseiserne Bodenplatte (Fig. 5c links) von unten her unter den Kasten geschraubt. Die sämtlichen Figuren sind in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Größe gezeichnet.

In der eben beschriebenen Anordnung unterbricht die stehende Welle die Richtung der liegenden Welle; die oben unter c) erwähnte Anordnung unterscheidet sich von dieser dadurch, daß die liegende Welle nicht unterbrochen ist, sondern über der stehenden fortgeht; ein Beispiel hierzu giebt die auf Taf. 31. Fig. 1 gezeichnete Konstruktion. Dieselbe stellt in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse ein kombiniertes Hängelager vor, welches in der Maschinenbauanstalt von F. Wöhlert in Berlin für die Fabrik der Herrn Lindgens und Söhne in Mühlheim an der Ruhr ausgeführt ist. Fig. 1a ist eine Ansicht in der Richtung der liegenden Welle, Fig. 1b eine Ansicht normal dazu, Fig. 1c ein Vertikalschnitt durch die Axe der liegenden Welle, Fig. 1d zur Hälfte (links) eine Ansicht des Lagers von unten nach oben, zur andern Hälfte ein Horizontalschnitt durch die Mitte des Zapfenlagers für die stehende Welle (nach *ab* in Fig. 1a). Der Hängebock für die liegende Welle ist mit dem Lagerkörper desselben aus einem Stück, und würde ein einfaches, zweiseitiges Hängelager bilden, wenn nicht unterhalb des Lagers für die liegende Welle der Lagerkörper für die stehende Welle, und zwar in der gewöhnlichen Konstruktion eines einfachen Zapfenlagers gleich angegossen wäre. Dieser Lagerkörper läßt sich im Gußmodell leicht von dem Lagerbock trennen, und letzterer kann dann allein eingeformt und gegossen werden. Für die genannte Fabrik wurden im Ganzen geliefert: zwei kombinierte Lager, wie sie hier gezeichnet, für eine liegende Welle von $2\frac{1}{2}$ Zoll und für eine stehende Welle von 2 Zoll Durchmesser: ein kombiniertes Lager für eine stehende Welle von $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und für eine liegende Welle, die ebenso stark ist, welches nur durch Veränderung der Bohrung im Lagerfutter hergestellt wurde, und ein einfaches Hängelager für eine dreizöllige liegende Welle, wozu ebenfalls dasselbe Modell benutzt werden konnte.

Taf. 31.
Fig. 1.

Taf. 31. Fig. 2 zeigt in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse die oben (S. 347) unter d) erwähnte Anordnung. Von einer liegenden Hauptwelle von $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser werden links und rechts zwei liegende Nebenwellen von $2\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser getrieben. Das hier in $\frac{1}{6}$ der natürlichen Gröfse gezeichnete Lager ist in der Fabrik von F. Wöhlert in Berlin für die Kölnische Baumwollenspinnelei ausgeführt worden. Fig. 2a ist eine Ansicht in der Richtung der Hauptwelle, Fig. 2b eine Ansicht in der Richtung der Nebenwellen, Fig. 2c ein Horizontalschnitt mit einer Ebene, die durch die Linie *ef* (ganz oben) in Fig. 2b geht, und zwar so, daß die

Taf. 31.
Fig. 2.

Durchschnittsfigur in der Zeichnung umgelegt ist, Fig. 2d ist ein Horizontalschnitt, und zwar die eine Hälfte (links) nach der Richtung *ab*, die andere Hälfte (rechts) nach der Richtung *cd* in Fig. 2a. Die Grundplatte des Hängelagers ist mit vier Bolzen an den Etagenbalken befestigt; mit derselben aus einem Stück gegossen ist der Hängebock mit dem Lagerkörper für die Hauptwelle. Der Lagerdeckel dieses Lagers ist mittelst zweier Deckelschrauben an dem Lagerkörper befestigt (Fig. 2a). Die beiden Schenkel des Lagerbockes für die Hauptwelle tragen die Zapfenlager der beiden Nebenwellen, und zwar jedes mittelst zweier Schrauben. Die Zapfenlager für die Nebenwellen (Fig. 2b) sind also als besondere Theile konstruirt, die Deckel derselben sind mit je einer Deckelschraube befestigt. Man sieht übrigens aus Fig. 2a und 2b, daß sowohl unter dem Lager für die Hauptwelle, als auch unter denjenigen der Nebenwellen in dem Hängebock Aussparungen angebracht sind, in welche man Kästchen von Weißblech zur Aufnahme der abtropfenden Schmiere einstellen kann.

Noch andere Konstruktionen von Hängelagern wird man aus den Beispielen für Konsollager, welche in dem nächsten Paragraphen folgen, ableiten können.

Anordnung der Konsollager. Einfache Konsollager.

§ 128. Wenn die Wellenleitung in einer Höhe durchgeführt wird, welche eine Unterstüztung von unten, oder ein Anhängen der Lager an die Decke nicht gestattet, oder wenn aus irgend welchen andern Gründen die Unterstüztung der Zapfenlager von der Seite her wünschenswerth ist, so sucht man entweder die Umfassungsmauern oder auch einzelne zum Tragen der Decke bestimmte Säulen oder Stiele zur Befestigung der Zapfenlager zu benutzen. Man pflegt dann die Lager auf Konsole zu stellen, welche man an den Wänden oder an den Säulen befestigt, oder man pflegt die gegossenen eisernen Säulen gleich so zu gestalten (Blatt 34), daß sie ohne besonders angeschraubte Konsole geeignet sind zur Befestigung der Zapfenlager zu dienen. Wenn die Lager mit besonderen Konsolen versehen sind, so nennt man sie Konsollager, wenn dagegen die Säulen unmittelbar zur Unterstüztung des Lagers eingerichtet sind, so pflegt man die Lager Säulenlager zu nennen.

Sowohl die Konsollager als die Säulenlager können entweder einfache oder kombinirte sein; sie können ferner entweder so eingerichtet sein, daß das Konsol mit dem Lagerkör-

per aus einem Stück, oder so, daß das Konsol als besonderer Maschinentheil dargestellt ist, auf welchem dann das Zapfenlager befestigt wird.

Die einfachen Konsollager und Säulenlager dienen nur zur Unterstützung eines einzigen Zapfenlagers; die kombinirten zur Unterstützung mehrerer Zapfenlager. Die einfachen Konsollager unterscheiden sich in ihrer Anordnung noch durch die Richtung, welche die zu unterstützende Welle gegen die Mauer hat, die zur Unterstützung des Lagers dienen soll. Die am häufigsten vorkommenden Fälle sind:

- a) die Richtung der Wellenleitung ist parallel mit der Mauer, durch welche das Lager unterstützt werden soll, und
- b) die Richtung der Wellenleitung ist normal zu der unterstützenden Mauer.

Im ersten Falle heißen die Lager vorzugsweise Konsollager, im andern Falle nennt man sie auch Wandlager oder Mauerlager.

Taf. 32. Fig. 1 bis 4 stellen verschiedene einfache Konsollager, Fig. 5 und 6 zwei einfache Wandlager dar, und Taf. 32. Fig. 7, sowie Taf. 33 zeigen verschiedene kombinirte Konsollager.

Die sämmtlichen Figuren der Tafel 32 sind in $\frac{1}{8}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Taf. 32. Fig. 1 ist ein einfaches Konsollager für eine Welle von 2 Zoll Durchmesser. Das Konsol ist mit drei Schrauben an der Säule oder an der Mauer befestigt, und das eigentliche Zapfenlager ist an demselben festgeschraubt, indem man die Deckelschrauben zugleich als Befestigungsschrauben benutzt hat. Um die untere Mutter dieser Schrauben anziehen zu können, ist die Rippe des Konsols an den betreffenden Stellen ausgespart worden. Ueber die Konstruktion des Konsols sind schon im I. Theil S. 184 Angaben gemacht, und man könnte hier in Bezug auf die Befestigung des Zapfenlagers auf der Konsolplatte, sowie in Bezug auf die Befestigung des Konsols an der Wand oder an der Säule eine der auf Taf. 11. Fig. 12 dargestellten, und am angeführten Orte beschriebenen Konstruktionen wählen. Das hier gezeichnete Konsollager ist aus der Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts zu Berlin hervorgegangen, und zwar ist Fig. 1a eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 1b eine solche normal dazu.

Taf. 32.
Fig. 1.

Taf. 32. Fig. 2 ist ein, in der Maschinenfabrik von F. Wühler in Berlin angefertigtes Konsollager, welches für eine $2\frac{1}{2}$ Zoll

Taf. 32.
Fig. 2.

starke Welle bestimmt ist. Dasselbe ist im Charakter der auf Taf. 29. Fig. 3, Taf. 30. Fig. 5, Taf. 31. Fig. 2 gezeichneten, für die Kölnische Baumwollenspinnerei bestimmten Lager gehalten. Der Lagerkörper ist mit dem Konsol aus einem Stück gegossen; der Lagerdeckel ist durch Schrauben an dem Lagerkörper befestigt, indessen fehlt in dem Lagerdeckel das Metallfutter, da der auf die Welle einwirkende Druck nur nach unten gerichtet ist. Unterhalb des Zapfens ist die Konsolrippe durchbrochen, um einem Kasten zur Aufnahme der abtropfenden Schmiere Platz zu geben. Das Konsollager wiegt, ohne Metalleinlage, 30 Pfund; es ist zur Befestigung an einer runden, hohlen, eisernen Säule bestimmt; diese ist an der entsprechenden Stelle mit einer ebenen Ansatzplatte versehen, welche an dem obern und untern Rande vorspringende Knaggen hat, gegen welche die Vertikalplatte des Konsols durch Keile eingestellt werden kann. Hat man hierdurch das Lager in die richtige Lage gebracht, so wird es durch zwei Befestigungsschrauben angezogen und festgestellt. Fig. 2a ist eine Ansicht, Fig. 2b ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die durch die Axe des Zapfens geht.

Taf. 32.
Fig. 3. Taf. 32. Fig. 3 ist ein Konsollager von der Wellenleitung zum Betriebe der mechanischen Werkstatt des Königl. Gewerbe-Instituts zu Berlin. Fig. 3a ist eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 3b ein Vertikalschnitt mit einer Ebene durch die Axe des Zapfens. Die Sohlplatte des wie ein gewöhnliches Zapfenlager konstruirten Lagers ist mit einem angegossenen konsolartigen Ansatz versehen, dessen Vertikalplatte nach der Rundung der Säule ausgebogen ist; diese Höhlung der Konsolplatte umfaßt die 6 Zoll starke eiserne Säule, und wird durch zwei Schraubenbolzen, welche quer durch die ganze Säule und durch das Konsol gehen, festgeklemmt.

Taf. 32.
Fig. 4. Taf. 32. Fig. 4 ist ein Konsollager für eine Ausladung von 12 Zoll. Der Zapfen hat $2\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Der Lagerkörper ist mit dem Konsol aus einem Stück gegossen. Die Form des Lagerkörpers stimmt mit der auf Taf. 28. Fig. 2 gezeichneten, von dem Verfasser festgestellten Normalform (S. 332) in der Hauptsache überein; die Sohlplatte des Lagers geht hier in das Konsol über. Das Konsol ist durch drei Befestigungsschrauben entweder an einer Säule, oder an einer Mauerplatte von Gufseisen befestigt. Diese in Fig. 4a und 4b sichtbare Mauerplatte wird durch vier Bolzen oder Maueranker an der Wand befestigt, und ist mit entsprechenden Knaggen versehen, um das Konsollager mittelst Keile, die

gegen diese Knaggen getrieben werden, in die richtige Lage bringen zu können. Fig. 4a ist eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 4b eine Ansicht normal dazu.

Taf. 32. Fig. 5 ist ein Mauerlager für den Fall, daß die Richtung der Welle normal zur Richtung der unterstützenden Mauer ist (s. oben S. 351). Dasselbe stellt eine in den berliner Königlichen Mühlen vielfach angewandte, von der Maschinenfabrik von F. A. Egells in Berlin ausgeführte Konstruktion dar. Fig. 5a ist eine Ansicht in der Richtung der Welle, Fig. 5b eine Ansicht normal dazu. Das durch drei Maueranker oder Bolzen an der Mauer befestigte Konsol trägt ein gewöhnliches Zapfenlager, das durch zwei Keile, die sich gegen entsprechende Knaggen der horizontalen Konsolplatte setzen, in horizontaler Richtung verstellbar ist. Taf. 32.
Fig. 5.

Geht die Welle durch die Mauer hindurch, so pflegt man häufig das Lager nicht vor der Mauer, sondern in derselben anzubringen. Zu dem Zwecke ist die Mauer durchbrochen, und die Oeffnung mit einem gemauerten Bogen überspannt; auf der Sohle der Maueröffnung befestigt man eine Grundplatte, und auf dieser das Lager. Ist die Mauer schwach, oder kann man einen gemauerten Bogen über dem Lager nicht anbringen, so mauert man wohl einen vollständigen eisernen Rahmen, eine Zarge, nach Art der Thürzargen ein, und befestigt in diesem das Lager. Ein Beispiel für solche Konstruktion zeigt Taf. 32. Fig. 6 und zwar ist Fig. 6a eine Ansicht eines solchen Mauerkastens, Fig. 6b ein Vertikalschnitt mit einer Ebene durch die Axe des Zapfens. Der Rahmen hat unten zwei Lappen (Fig. 6a) durch welche Maueranker zur Befestigung des Rahmens gezogen sind (der Lappen rechts ist in Fig. 6a abgebrochen gedacht, wegen Mangels an Raum auf der Tafel). In dem Rahmen befindet sich eine horizontale Querwand, auf welcher ein gewöhnliches Zapfenlager befestigt ist. Dasselbe ist in gewöhnlicher Weise durch Keile verstellbar. Taf. 32.
Fig. 6.

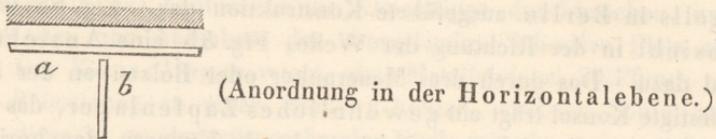
Kombinierte Konsollager.

§ 129. Die Anordnung der kombinierten Konsollager ist nicht nur nach denselben Rücksichten zu bemessen, welche wir bereits in § 127 bei der Anordnung der kombinierten Hängelager als maafsgebend angeführt haben, sondern es kommt hier zu der Lage der Wellen gegeneinander noch ein neues Element hinzu, nämlich die Lage der Wellen gegen die Richtung der Mauer, welche zur Unterstützung und Befestigung des Konsols dienen soll. Hierdurch compliciren sich die möglichen einfachen Fälle schon sehr

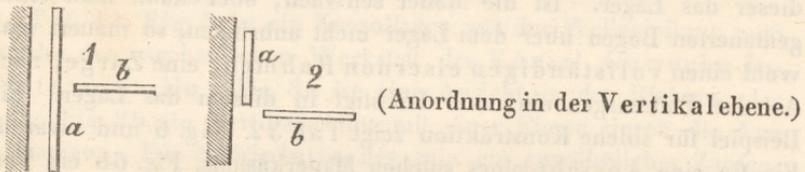
beträchtlich, und wir müssen uns daher darauf beschränken, nur einige dieser Fälle als Beispiele für die Anordnung derartiger Lager hier vorzuführen.

Die hier behandelten Fälle sind folgende:

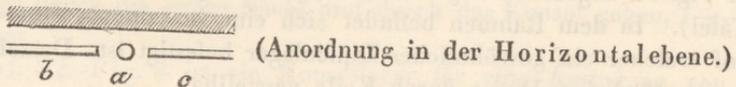
a) Konsollager für zwei liegende Wellen, von denen eine (a) mit der Mauer parallel, die andere (b) aber normal zu der Mauer ist (Taf. 32. Fig. 7):



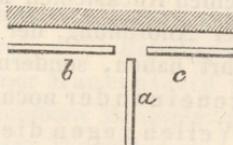
b) Konsollager für zwei Wellen, von denen die eine vertikal (a), die andere (b) horizontal, und letztere zur Mauer normal ist. Hier sind zwei Fälle behandelt, nämlich 1) der Fall, wo die stehende Welle an der liegenden vorbeigeht (Taf. 33. Fig. 1), und 2) der Fall, wo die stehende Welle neben der liegenden anfängt (Taf. 33. Fig. 2):



c) Konsollager für drei Wellen, von denen die eine vertikal (a), die beiden andern aber horizontal (b und c) und mit der Mauer parallel sind (Taf. 33. Fig. 3):



d) Konsollager für drei Wellen, die sämtlich horizontal sind; die eine davon (a) ist normal zur Mauer, die beiden andern (b und c) sind parallel mit der Mauer (Taf. 33. Fig. 4):



Tafel 32. Fig. 7 zeigt ein kombinirtes Konsollager für zwei liegende Wellen (Anordnung a. s. oben) von denen die eine von $3\frac{1}{2}$ Zoll Zapfendurchmesser parallel mit der Wand ist und die Hauptwelle darstellt, während die andere von $2\frac{1}{4}$ Zoll Zapfendurchmesser von dieser als Nebenwelle abgezweigt, und normal zur Wand ist. Fig. 7a ist eine Ansicht in der Richtung der Hauptwelle, Fig. 7b eine solche in der Richtung der Nebenwelle, und Fig. 7c eine Ansicht von oben nach Abnahme der beiden Lagerdeckel. Das hier gezeichnete Lager ist in der Fabrik von F. Wöhler in Berlin ausgeführt. Das Konsol ist unabhängig von den beiden Zapfenlagern, welche durch Schrauben auf demselben befestigt sind, und zwar hat das Zapfenlager der Hauptwelle vier und das der Nebenwelle zwei Befestigungsschrauben. Die Sohlplatte des erstgenannten Lagers ist zur Aufnahme der vier Befestigungsschrauben in der Richtung der Welle erweitert (Fig. 7c); auch sieht man aus Fig. 7c, daß die Oeffnungen für die Befestigungsschrauben länglich sind, und zwar sowohl die Oeffnungen in der Sohlplatte des Lagers, als diejenigen in der Horizontalplatte des Konsols; jedoch so, daß die Längenrichtungen je zweier korrespondirenden Oeffnungen sich rechtwinklig kreuzen. Hierdurch ist das Lager vor der Befestigung in der Horizontalebene nach allen Richtungen ein wenig verschiebbar, und läßt sich leicht in die richtige Lage bringen. Beide Zapfenlager sind durch Keile, welche sich gegen Knaggen an der Horizontalplatte des Konsols legen verstellbar. Das Konsol selbst wird durch drei Mauer-Anker oder Schraubenbolzen an der Mauer befestigt. Die Figuren 7a, 7b und 7c sind sämtlich in $\frac{1}{8}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Tafel 33. Fig. 1 und 2 sind kombinirte Konsollager für eine stehende und eine liegende Welle nach der oben unter b) angedeuteten Anordnung. Fig. 1 entspricht dem Falle, wo die stehende Welle ihrer ganzen Länge nach an der liegenden vorbeigeht, und Fig. 2 dem Falle, wo die stehende Welle an dem Konsollager erst beginnt. Für beide Anordnungen ist genau dasselbe Gufsmodell brauchbar, nur ist das Lager in Fig. 2 dadurch von oben in Fig. 1 verschieden, das erstes gerade die umgekehrte Stellung hat, so daß die Unterkante der Fig. 1 in Fig. 2 Oberkante ist, und daß ferner das Halslager der stehenden Welle in Fig. 1 mit einem Spurlager in Fig. 2 vertauscht ist. Mit Rücksicht auf diesen zwiefachen Gebrauch ist das Konsol konstruirt. Man sieht in Fig. 1b, daß das Halslager für die stehende Welle ein gewöhnliches Zapfenlager ist, welches man seitwärts

an eine Rippe des Konsols angeschraubt hat, während das Spurlager: Fig. 2 ein einfaches Spurlager ist, dessen Sohlplatte auf der Horizontalplatte des Konsols ruht. Fig. 1a ist eine Ansicht des Konsollagers nach der Richtung der liegenden Welle, Fig. 1b ist ein Vertikalschnitt mit einer Ebene, die durch die Axen der beiden Wellen geht. Fig. 1c ist eine obere Ansicht des Konsollagers, doch nur zur Hälfte (links) der Anordnung der Fig. 1 entsprechend; die andere Hälfte der Figur (rechts) ist eine obere Ansicht des Konsollagers, wenn es der Anordnung der Fig. 2 entsprechend in umgekehrter Stellung für ein Spurlager benutzt wird. Fig. 2 zeigt einen Vertikalschnitt für diese letztgedachte Anordnung, und zwar wieder mittelst einer Ebene geschnitten, welche durch die Axe beider Wellen geht. Sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet. Das Konsol ist durch vier Maueranker an der Wand befestigt; die Horizontalplatte des Lagers ist sowohl oben als unten mittelst zweier Rippen an die Vertikalplatte angeschlossen; sie hat eine Durchbrechung, um für die Anordnung in Fig. 1 die stehende Welle durchgehen zu lassen; diese Durchbrechung ist hinreichend schmal, damit die Sohlplatte des Spurlagers bei der Anordnung in Fig. 2 noch die nöthige Unterstützung durch die Horizontalplatte findet.

Taf. 33.
Fig. 3.

Taf. 33. Fig. 3 zeigt ein kombinirtes Konsollager für eine stehende Welle, und zwei liegende Wellen, welche beide mit der unterstützenden Wand parallel sind; es ist dies die oben (S. 354) unter *c* angedeutete Anordnung. Das Konsol ist durch vier Schrauben oder Maueranker an der Wand befestigt; die Vertikalplatte des Konsols hat zwei vorspringende Konsolrippen, die in zwei verschiedenen Horizontalebene zur Unterstützung von Horizontalplatten dienen. In der obern Horizontalebene liegen die Platten ausserhalb der Konsolrippen und nehmen die Lager für die beiden liegenden Wellen auf; zwischen den Konsolrippen entspricht diesen Platten eine horizontale Verbindungsrippe; in der untern Horizontalebene liegt die Platte zwischen den beiden Konsolrippen; sie dient zur Befestigung des Lagers für die stehende Welle. Dieses Lager kann nur ein Spurlager sein, welches sich auf der Horizontalplatte ohne Schwierigkeit würde befestigen lassen, oder es kann, wie in der Figur ein Halslager sein; es ist folglich auch bei dieser Konstruktion das Konsol sowohl für den Fall zu brauchen, wo die stehende Welle erst auf dem Konsol anfängt, als auch für den hier gezeichneten Fall, wo die stehende Welle sich unterhalb des Konsols fortsetzt; man hat aber nicht nöthig

wie bei der Konstruktion in Fig. 1 und 2 das Konsol umzukehren, wenn man ein Spurlager darauf befestigen will. Das hier gebrauchte Halslager ist abweichend von der gewöhnlichen Anordnung der Zapfenlager konstruirt; es besteht aus zwei halbkreisförmigen Ringen, in welche die Lagerfutter eingelegt sind, und die mittelst vorspringender Lappen durch Schraubenbolzen vereinigt werden können; an jeden dieser beiden Halbringe, ist eine horizontale Sohlplatte angegossen, welche auf der Horizontalplatte des Konsols durch je zwei Schraubenbolzen befestigt werden kann. (Vergl. Fig. 3a und 3c.) Die Horizontalplatte des Konsols hat von aussen her einen Einschnitt, um die stehende Welle bequem einlegen zu können, auch ist sie mit Knaggen versehen, gegen welche sich, behufs Einstellung und Befestigung des Lagers Keile eintreiben lassen. Fig. 3a ist eine Ansicht normal gegen die unterstützende Wand, Fig. 3b eine Ansicht in der Richtung der liegenden Welle, und Fig. 3c eine obere Ansicht; sämtliche Figuren sind in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Taf. 33. Fig. 4 giebt die Konstruktion eines Konsollagers für drei liegende Wellen nach der oben (S. 354) angegebenen Anordnung. Zwei von diesen Wellen sind mit der unterstützenden Mauer parallel die dritte ist normal dazu. Die drei Lager werden sämtlich auf derselben Horizontalplatte des Konsols befestigt; die Horizontalplatte hat zwischen den Lagern Durchbrechungen, ist aber unter jedem Lager durch eine besondere Konsolrippe unterstützt, so daß dann drei vorhanden sind. Die Vertikalplatte des Konsols ist durch vier Maueranker oder Schraubenbolzen an der unterstützenden Wand befestigt. Die Befestigungsschrauben für die Zapfenlager gehen entweder durch die Verstärkungsrippen, beziehlich die Konsolrippen durch, oder sie endigen in Verstärkungen, welche diese Rippen an den betreffenden Stellen erhalten (Vergl. Fig. 4b) Fig. 4a ist eine Ansicht normal zur unterstützenden Wand, Fig. 4b eine Ansicht parallel mit der unterstützenden Wand, und Fig. 4c eine obere Ansicht. Sämtliche Figuren sind in $\frac{1}{2}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Säulenlager.

§ 130. Wir haben in § 128 unter Säulenlagern solche Lager verstanden, die unmittelbar von einer Säule oder einem Stiel getragen werden, welcher zur Unterstützung des Gebäudes dient. Diese Lager bilden gewissermaassen den Uebergang zu den Bock-

lagern, welche durch besondere Gerüste, die von unten aufgebaut sind, getragen werden; sie unterscheiden sich von denselben dadurch, daß diese Gerüste bei den Säulenlagern noch einen andern wichtigen Zweck erhalten, als allein den das Lager zu tragen.

Die Säulen, welche als Baukonstruktion zur Unterstützung des Gebäudes gehören, können nämlich in verschiedener Weise benutzt werden, um Lager daran zu befestigen.

1) Die einfachste Methode ist die, daß man die Sohlplatte eines gewöhnlichen Zapfenlagers unmittelbar in vertikaler Lage an die Säule anschraubt. Diese Methode ist jedoch nur dann anzuwenden, wenn die Mittellinie der Wellenleitung nahe genug an der Säule vorbeiführt, und wenn der Druck gegen das Lager nicht in der vertikalen Richtung erfolgt. Es wird nämlich bei dieser Konstruktion die Lagerfuge vertikal, und man vermeidet es gern, das Lager so anzuordnen, daß der Druck gegen die Lagerfuge gerichtet ist, weil man nach dieser Richtung durch Nachziehen der Deckelschrauben nicht den Schluß des Lagers herstellen kann, wo selbiges abgenutzt ist.

2) Eine andere Methode die Säulen des Gebäudes zur Unterstützung des Lagers zu benutzen, beruht auf der Anwendung von Konsols.

3) Ferner kann man die Säulen selbst unmittelbar zur Aufnahme des Lagers einrichten, und dies sind die eigentlichen Säulenlager.

4) Endlich konstruirt man auch wohl so, daß man zwischen zwei benachbarten Säulen einen Balken (Steg) anordnet, welcher das Lager trägt.

Die unter No. 1 angeführte Methode ist so einfach, daß sie kaum einer besonderen Erläuterung durch Zeichnung bedarf.

Die unter No. 2 angegebene Anordnung setzt die Anwendung von Konsols voraus. Es sind dergleichen Konsols, welche sich zur Befestigung an Säulen eignen, bereits oben abgehandelt worden, und namentlich gehören dahin die einfachen Konsols auf Taf. 32. Fig. 1 bis 4. Um aber noch eine Zusammenstellung einer Säule mit einem Konsol zur Unterstützung eines Zapfenlagers zu geben ist die auf Taf. 34. Fig. 1 gezeichnete Anordnung ausgewählt.

Taf. 34.
Fig. 1. Taf. 34. Fig. 1 zeigt die Konstruktion, welche in der großen Reparaturwerkstatt der Stargard-Posener Eisenbahn zu Stargard in Anwendung ist. Die hohle gußeiserne Säule ist unten mit einem Schraubenbolzen auf dem Fundament befestigt, (Fig. 1d) oben

trägt sie einen hölzernen Unterzug für die Etagenbalken, welcher mittelst zweier Schraubenbolzen auf der Kopfplatte der Säule befestigt ist; zur Verstärkung dieser Befestigung, und zugleich um den Etagenbalken, welcher unmittelbar über der Säule auf dem Unterzug ruht mit der Säule in feste Verbindung zu bringen, sind auf der Kopfplatte noch zwei gußeiserne Futterstücke angebracht (Fig. 1g im Detail), welche einmal unter sich und mit dem Unterzuge durch zwei horizontale Schraubenbolzen verbunden sind, und sodann zwischen der Kopfplatte und dem Etagenbalken durch zwei vertikale Schraubenbolzen (für jedes Futterstück einer) eingeklemmt werden. Da wo das Konsollager an der Säule befestigt werden soll, ist diese mit einer vertikalen vorspringenden Platte versehen, die genau gehobelt ist, und auf welche die Vertikalplatte des Konsols, die gleichfalls gehobelt ist, genau paßt. Das Konsol ist an der Platte durch vier Schraubenbolzen befestigt; das Lager auf dem Konsol, ebenfalls mit gehobelten Flächen aufliegend, durch zwei dergleichen. Um das Lager sehr genau einstellen zu können sind zwei Systeme von Stellschrauben vorhanden. Das eine System hat seine Muttern in der vorspringenden Platte der Säule, und dient dazu das ganze Konsol mit dem Lager in vertikaler Ebene zu verstellen; das andere System hat seine Muttern in Vorsprüngen der Horizontalplatte des Konsols, und dient dazu das Lager auf dem Konsol in horizontaler Richtung zu verstellen. So exakt sich durch diese beiden Systeme von Stellschrauben, namentlich, da die Berührungsflächen in den Fugen sämtlich gehobelt sind die beabsichtigten Einstellungen vornehmen lassen, so bleibt doch noch die Schwierigkeit übrig, bei Aufstellung mehrerer Säulen für dieselbe Richtung der Wellenleitung, die vorspringenden Platten der Säulen genau in parallele Vertikalebene zu bringen. Sind nämlich diese vorspringenden Platten auch nur ein wenig verdreht gegen einander, selbst wenn sie genau vertikal sind, so ist eine Regulierung dieses Fehlers äußerst schwierig, und kann durch die vorhandenen Stellvorrichtungen nicht bewirkt werden.

Fig. 1a zeigt eine Ansicht der Säule mit dem Konsol in der Richtung der Wellenleitung, Fig. 1b ein Ansicht normal zu dieser Richtung, Fig. 1c eine obere Ansicht des Säulenkopfes mit dem Unterzug und dem Etagenbalken, Fig. 1d ein Horizontalschnitt der Säule in der Ebene des Fußbodens mit einer Ansicht der Fußplatte der Säule, Fig. 1e die obere Ansicht der Kopfplatte, Fig. 1f ein Vertikalschnitt des untern und des obern Theils der Säule, und Fig. 1g Details der Futterstücke, welche

auf der Kopfplatte der Säule befestigt sind (s. oben). Die Figuren sind in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Die oben (S. 358) unter No. 3 erwähnte Anordnung der Säulenlager, nach welcher die Säule selbst, ohne Anwendung besonderer Konsols zur Aufnahme der Zapfenlager vorgerichtet ist, wird auf Taf. 24 durch die beiden Konstruktionen Fig. 2 und Fig. 3 repräsentirt, und zwar zeigt Fig. 2 ein einfaches, Fig. 3 ein kombiniertes Säulenlager. Beide sind in der Maschinenfabrik von A. Borsig in Moabit bei Berlin ausgeführt, und hier in $\frac{1}{4}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Taf. 34.
Fig. 2.

Taf. 34. Fig. 2 ist ein einfaches Säulenlager, welches dadurch gebildet ist, dafs die Säule, welche einen kreuzförmigen Querschnitt hat, an dem oberen Theile mit einem konsolartigen Arm versehen ist, der in bekannter Weise zwischen Knaggen das Zapfenlager aufnimmt. Die Säule ruht unten mit einer verbreiteten quadratischen Fußplatte (Fig. 2e) auf dem Fundament, oben hat sie eine oblonge Kopfplatte, (2b) auf welcher der aus zwei parallelen Holzarmen bestehende Unterzug mittelst vier Bolzen befestigt ist. Diese Bolzen reichen zugleich durch die beiden Etagenbalken, welche unmittelbar über der Säule liegen, und welche so mit dem Unterzug und der Kopfplatte fest verbunden werden. Braucht man zwischen der Säule noch Stützpunkte für die Lager, so wendet man Hängelager an. Das zu der hier gezeichneten Säulenkonstruktion gehörige Hängelager ist in Fig. 2f und 2g besonders dargestellt. Fig. 1a ist eine Ansicht der Säule mit dem Arm in der Richtung der Wellenleitung, Fig. 2b ein Horizontalschnitt unmittelbar über der Kopfplatte der Säule, Fig. 2c ein solcher unmittelbar über dem Arm, Fig. 2d ein Horizontalschnitt durch die Säule, aus welchem man zugleich sieht, wie an einzelnen Stellen die vier Kreuzflügel des Querschnitts durch horizontale Zwischenplatten verstärkt sind. Fig. 2e ist ein Horizontalschnitt unmittelbar über der Fußplatte der Säule, mit einer Ansicht dieser Fußplatte, Fig. 2f ist die Ansicht des zugehörigen Hängelagers in der Richtung der Wellenleitung, und Fig. 2g ist eine Ansicht desselben normal zu dieser Richtung.

Taf. 34.
Fig. 3.

Taf. 34. Fig. 3 ist ein kombiniertes Säulenlager. Die Säule ist am obern Theile zur Aufnahme von drei Zapfenlagern eingerichtet. Die Richtung der Hauptwellenleitung geht gerade durch die Mittellinie der Säulen, und da hiernach diese Wellenleitung die Säule schneidet, so ist letztere an dem oberen Theile in zwei Schenkel gespalten; durch deren gabelförmigen Zwischenraum die

Welle hindurchgeführt ist. Zwischen diesen Schenkeln befindet sich eine Horizontalplatte, welche nach der Richtung der Hauptwellenleitung über der Säule hervorgekragt ist. Diese Horizontalplatte nimmt bei *a* das Lager für die Hauptwelle, bei *bb'* die Zapfenlager für die beiden Nebenwellen, welche rechtwinklig zur Hauptwelle sind, auf. Die Lager werden durch Schraubenbolzen auf der Horizontalplatte befestigt. Die Säule hat, wie in der vorigen Konstruktion einen kreuzförmigen Querschnitt; die Fußplatte ist rund, und ruht auf dem achteckigen Fundamentstein, auf welchem sie mit zwei Schraubenbolzen befestigt ist (Fig. 3e). Die Etagenbalken sind seitwärts an die Schenkel des obern Theils der Säule angeschraubt. Fig. 3a ist eine Ansicht der Säule nach der Richtung der Hauptwellenleitung, Fig. 3b eine Ansicht nach der Richtung der Nebenwellenleitung, Fig. 3c ein Horizontalschnitt durch die Etagenbalken und zwar in der Ebene, welche durch die obersten Befestigungsbolzen geht, Fig. 3d ein Horizontalschnitt durch die beiden Schenkel der Säule, und zwar etwa in der Mitte derselben; man sieht die Horizontalplatte, welche die drei Lager aufnimmt im Grundriss. Fig. 3e ist ein Horizontalschnitt unmittelbar über der Fußplatte der Säule. In Fig. 1a ist übrigens der vordere Etagenbalken fortgenommen gedacht.

Säulenlager für Dampfmaschinen.

§ 131. Bei der Konstruktion von Dampfmaschinen ist oft die Aufgabe zu lösen: Zapfenlager in ziemlich beträchtlicher Höhe über dem Niveau des Maschinenraumes so zu unterstützen, dafs auch nach den Seiten hin, und über dem Lager ein hinreichend grofser freier Raum bleibe. Diese Bedingungen sind sowohl bei derjenigen Anordnung der Dampfmaschinen zu erfüllen, wo die Schwungradwelle unmittelbar über dem Cylinder liegt, und folglich die Zapfenlager derselben in solcher Höhe unterstützt werden müssen, dafs der Cylinder mit der Stopfbuchse, die Kolbenstange, Lenkerstange und Kurbel noch unter dem Lager Platz finden: als auch bei denjenigen Maschinen, welche die Uebertragung der Bewegung des Kolbens an die Kurbel durch einen über dem Cylinder liegenden Balancier vermitteln. In letzterem Falle müssen die Axlager des Balanciers eine entsprechende Unterstützung erhalten.

Einige Beispiele von Konstruktionen der Lagergerüste für den

genannten Zweck geben die Figuren 1 und 2 auf Tafel 35 und Figur 1 auf Tafel 36.

Taf. 35.
Fig. 1.

Taf. 35. Fig. 1 ist ein Säulenlager für eine Dampfmaschine, und zwar ist Fig. 1a die Vorderansicht, Fig. 1b eine Seitenansicht der Hälfte des obern Theils der Säule mit dem einen Zapfenlager, Fig. 1c eine obere Ansicht eines Viertels der Säule mit der Hälfte des einen Lagers, Fig. 1d ist die Hälfte eines Horizontalschnittes nach der Linie *ab* in Fig. 1a, und Fig. 1e ist ebenfalls die Hälfte eines Horizontalschnittes der Säule nach der Linie *cd* der Fig. 1a. Sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{24}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Die Unterstützung der beiden Zapfenlager ist hier durch eine hohle gufseiserne Säule von der Form eines abgestumpften Kegels gebildet. Die Wandungen dieser Säule sind zur Verminderung des Aufwandes an Material, und auch zu dem Zwecke, um auf bequeme Weise in das Innere der Säule gelangen zu können, mit Durchbrechungen versehen, deren Ränder mit vorspringenden Rippen eingefasst sind, wie dies die Figuren 1, 1d und 1e zeigen. Bei der Bearbeitung werden diese Ränder blank polirt, die Wandungen der Säule aber mit einem Anstrich von Oelfarbe, am besten bronzegrün versehen, was einen sehr gefälligen Eindruck macht. Die Säule hat unten einen Flansch, mit welchem sie auf der Fundamentplatte mittelst Schraubenbolzen oder Maueranker gehörig befestigt ist.

Der obere Rand der Säule trägt zwei Zapfenlager; deren Axen mit dem Durchmesser der Säule zusammenfallen. Die Zapfenlager sind durch Keile, die gegen die hervorspringenden Knaggen des Säulenwerks wirken, verstellbar, und lassen sich, wenn sie die richtige Stellung angenommen haben, durch Schraubenbolzen befestigen. Diese Zapfenlager können die Axe eines Balanciers tragen, wenn man eine Balancier-Maschine zu konstruiren hat; in diesem Falle steht der Dampfeylinder in angemessener Entfernung neben der Säule, und das Zapfenlager der Schwungradwelle liegen ebenfalls in der entsprechenden Entfernung auf der entgegengesetzten Seite der Säule; es müssen aber der Cylinder, die Säule, und die Zapfenlager der Schwungradwelle auf ein und derselben Fundamentsplatte befestigt werden.

Das hier gezeichnete Säulenlager ist aber auch ganz besonders für den Fall brauchbar, wo die Schwungradwelle der Dampfmaschine über dem Cylinder liegen soll. Der Cylinder wird dann in dem Inneren der Säule aufgestellt, und an der Fundament-

platte der Säule befestigt; die Schwungradwelle ist eine sogenannte Krummaxe, d. h. sie hat einen Bug, welcher die Kurbel darstellt, während sie mit ihren Zapfen zu beiden Seiten dieses Bugs in den Zapfenlagern ruht, über das eine, oder über beide Lager hinaus ist die Kurbelwelle verlängert, und trägt aufserhalb der Säule das Schwungrad. Das Innere der Säule ist ganz geeignet die zur Gradführung der Kolbenstange nöthigen Maschinentheile aufzunehmen, auch ist zwischen den Lagern hinreichend Platz, um die zur Steuerung und für die Expansion bestimmten Excentriks aufnehmen zu können.

Die Anordnung dieses Säulenlagers ist bei mehreren Dampfmaschinen aus der Fabrik von A. Borsig in Berlin ausgeführt.

In Fig. 2 auf Taf. 35 geben wir eine andere Anordnung einer Unterstützung für die Zapfenlager der Schwungradwelle einer Dampfmaschine. Diese Anordnung zeichnet sich durch grossen Reichthum in der Ausstattung aus, und eignet sich für solche Fälle, wo die Dampfmaschine gewissermaassen den Mittelpunkt einer zierlich und elegant ausgeführten Maschinenanlage bilden soll. Die Konstruktion ist von einer englischen Maschine entnommen; die Haupttheile der Dampfmaschine sind zum bessern Verständniß des Ganzen durch punktirte Linien angedeutet worden. Fig. 2a ist die Hauptansicht der ganzen Anlage, Fig. 2b ein vertikaler Durchschnitt in einer durch die Axe der Schwungradwelle gehenden Ebene.

Taf. 35.
Fig. 2.

Die Architektur des Lagergerüsts ist den gothischen Formen nachgebildet. Die beiden Mittelsäulen *aa* tragen einen horizontalen Steg von Gufseisen *b*, welcher durch Schraubenbolzen zwischen den obern Enden der Säulen befestigt ist, und auf welchem das Zapfenlager *c* für die Schwungradwelle *d* ruht; dasselbe ist durch Keile verstellbar und wird mittelst Schraubenbolzen, die mit Splinten in den verstärkten Theilen des Steges befestigt sind, gehalten. Die Kurbel ist auf einen über das Lager hervorragenden Kopf der Schwungradwelle aufgesetzt.

Das ganze Gerüst stützt sich seitwärts gegen die Seitenmauern des Maschinenraumes, indem unmittelbar an diesen Mauern zu beiden Seiten halbe Säulen *ee*, den Mittelsäulen *aa* ähnlich aufgestellt sind. Zur Verstrebung zwischen den Mittelsäulen *aa* und diesen Endpfeilern *ee* dienen drei Spitzbögen aus Gufseisen. Diese bestehen aus je zwei Halbbögen *f.f.f.*, von denen die beiden an die Endpfeiler grenzenden Halbbögen mit diesen in einem Stück gegossen sind, während die vier neben den Mittelsäulen stehenden

Halbbögen besonders gegossen, und durch Schraubenbolzen an den Mittelsäulen befestigt sind. Die Bekrönung der Spitzbögen stellt einen horizontalen, durchbrochenen Querbalken dar, mit dessen Oberkante in gleicher Höhe ein Fußboden liegt, der noch durch zwei T-förmige Querbalken ununterstützt wird, die an den Steg *b* angebolzt sind: Wie aus Fig 2a ersichtlich ist, führt von dem Fußboden des Maschinenraumes eine leichte Wendeltreppe auf den von der Säulenstellung getragenen Fußboden; mittelst dieser Treppe kann man leicht zu dem Zapfenlager gelangen, um es zu schmieren.

Der Dampfmaschinencylinder steht vor der Mittellinie zwischen beiden Mittelsäulen; das zur Gradführung der Kolbenstange dienende Hebelsystem ist dem sogenannten Evanschen Parallelogramm, welches auf dem Gesetz beruht, daß der Winkel im Halbkreise ein Rechter ist, nachgebildet, weicht aber dadurch von der Genauigkeit der Evanschen Gradführung ab, daß der Stützpunkt des einen Hebels an die eine Mittelsäule verlegt ist, während er in der Projektion, welche Fig. 2a darstellt, mit der Mittellinie des Cylinders zusammenfallen mußte. Dadurch ist auch bedingt, daß dieser an der Mittelsäule befestigte Hebel länger geworden ist, als die Hälfte des andern Hebels, und daß sein Angriffspunkt an diesen andern Hebel, nicht in der Mitte desselben liegt. Das Ende dieses letzgenannten, größern Hebels gleitet in einen, von einem Konsol getragenen, an der Seitenmauer des Maschinenraumes befestigten Konsol. Endlich ist noch zu erwähnen, daß das Lagergerüst bei *c* zur Unterstüztung der Regulatorwelle dient.

Taf. 36.
Fig. 1.

Ein drittes Beispiel für die Unterstüztung der Zapfenlager bei Dampfmaschinen giebt die Figur 1 auf Tafel 36. Das Lager gehört schon in die Gruppe der in dem folgenden Paragraphen näher erörterten Bocklager. Fig. 1a stellt die Vorderansicht, Fig. 1b die Seitenansicht, Fig. 1c einen Horizontalschnitt durch das Gerüst nach der Linie *ab* in Fig. 1a dar; sämmtliche Figuren sind in $\frac{1}{16}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Um die beiden Zapfen der Kurbelwelle, oder der Axe des Balanciers einer Dampfmaschine zu unterstützen, werden zwei solcher Lagerböcke parallel mit einander aufgestellt, und auf einer gemeinschaftlichen Fundamentplatte befestigt; außerdem bringt man die beiden Böcke durch Querstangen, die durch die beiden Ansätze *xx* gesteckt und verschraubt sind, mit einander in fester Verbindung. Der Lagerkörper des Zapfenlagers ist mit dem Bockgerüst in einem Stück gegossen; die Kurbel wird auf einem, über das vordere Bockgerüst hervorragenden Kopfe der Kurbelwelle befestigt, und der Cylinder

steht dann vor dem vordern Bockgerüst, an welchem man auch die zur Gradführung der Kolbenstange dienenden Maschinetheile befestigt. Man kann auch den Cylinder zwischen zwei solcher Bocklager stellen und eine Krummaxe anwenden. In allen Fällen muß aber der Cylinder mit den beiden Böcken auf ein und derselben Fundamentplatte stehen. Endlich kann man noch die Anordnung so treffen, daß man nur eines der beiden Lager der Kurbelwelle durch ein Bockgerüst, das andere aber durch eine Begrenzungsmauer des Maschinengerüset unterstützt; indessen ist es auch für diesen Fall rathsam, das Bockgerüst gegen die Mauer mit Hilfe der Ansätze xx durch eiserne Stangen abzustreben.

Berechnung und Verhältnisse der Bocklager.

§ 132. Die Bocklager (§ 116. S. 278) wendet man an, wenn man Zapfenlager unmittelbar von unten her zu unterstützen hat, und wenn die Entfernung von dem Niveau der Aufstellungsebene so beträglich wird, daß man mit der einfachen Höhe des Lagerkörpers nicht mehr ausreicht. Man stellt in solchem Falle das Zapfenlager auf ein Gerüst, das Lagergerüst, oder Bockgerüst, auch der Lagerbock genannt, welches seinerseits auf dem Fundament befestigt ist. Bei größern Höhen des Lagermittels über dem Niveau der Aufstellungsebene kann man die Lagergerüste auch durch Säulen ersetzen, und die Konstruktion geht dann in diejenige über, welche wir in den beiden letzten Paragraphen bereits besprochen haben.

Der Körper des Zapfenlagers ist entweder mit dem Bockgerüst in einem Stück gegossen, oder man setzt das Zapfenlager, welches die früher erörterte einfache Form hat (§ 124. S. 323) als besonderen Theil auf den Lagerbock auf, richtet es so ein, daß es durch Keile verstellbar ist, und durch Schrauben befestigt werden kann. Die auf Tafel 37 dargestellten Bocklager zeigen durchweg die erstgenannte Anordnung, bei welcher das Lager mit dem Bockgerüst in einem Stück gegossen ist.

Die Form der Bockgerüste wird durch die Bedingungen, welche sie etwa noch aufser derjenigen, daß sie das Zapfenlager tragen sollen, zu erfüllen haben, bedingt, oft werden an dem Bockgerüst noch Gradführungen, Hebel etc. angebracht, oft muß zwischen den Füßen des Bockgerüset noch hinreichender Platz bleiben, um für ein Rad, oder einen andern Maschinetheil den nöthigen Raum zur Bewegung zu gestatten, oft endlich dient ein und dasselbe Bock-

gerüst zur Unterstützung von mehr als einem Zapfenlager (kombinierte Bocklager). Nach allen diesen Rücksichten, und auch nach der Gefälligkeit der äußern Erscheinung ist die Form des Bocklagers zu bemessen, und dabei noch ganz besonders zu beachten, nach welcher Richtung der resultirende Druck, und das resultirende Kräftepaar, aus allen auf das Bocklager angebrachten Kräften wirksam sind. Diesen Richtungen entsprechend muß die Form des Bocklagers, sowie die Dimensionen desselben so gewählt werden, daß es mit möglichster Oekonomie an Material hinreichende Widerstandsfähigkeit gewährt.

Man übersieht leicht, daß es nach Maafsgabe dieser Bedingungen, die sich außerordentlich compliciren können, eine unendliche Mannigfaltigkeit in der Anordnung der Bocklager geben könne. Man wird, wenn man ein Bocklager zu konstruiren hat, und dabei mit einer gewissen Gründlichkeit verfahren will, im Allgemeinen in folgender Art zu operiren haben:

Zuerst reduzirt man die sämtlichen auf das System wirkenden Kräfte auf den Mittelpunkt des Zapfens, den man als fixen Punkt betrachtet, wobei die in den §§ 79 und 80, sowie in § 91 der „Grundlehren der Mechanik“ gegebenen Regeln zur Anwendung kommen, alsdann hat man die Dimensionen des Gerüsts so zu bestimmen, und die Formen desselben so zu wählen, daß, indem man das Fundament als fixes System betrachtet, und das Gerüst als bewegliches System ansieht, weder ein Kippen, noch ein Gleiten, noch eine Trennung beider Systeme (§ 93 u. f.) möglich ist, und daß auch das System selbst keine bleibende Formveränderung erleiden kann.

Dies würde das Verfahren sein, welches anzuwenden ist, wenn man ein Bockgerüst für einen bestimmten Fall zu konstruiren hat. Allein die Oekonomie in den Gußmodellen, welche eine Maschinenfabrik vorrätzig zu halten hat, bedingt auch hier ähnliche Rücksichten, wie wir sie bereits in § 123 bei Gelegenheit der Konstruktion der einfachen Zapfenlager näher entwickelt haben. Man begnügt sich oft damit, Bockgerüste zu konstruiren, welche für möglichst viele Fälle brauchbar sind, und welche man daher ein für alle Male für die ungünstigste Lage des Druckes stark genug macht. Indem wir den in § 123. S. 322 für die Zapfenlager ausgesprochenen Grundsatz auch hier gelten lassen, wollen wir die Dimensionen der Bocklager unter der Voraussetzung zu ermitteln suchen:

daß sämtliche Theile des Bockgerüsts in Bezug auf ihre Festigkeit dieselbe Widerstandsfä-

Betrachtung innerhalb dieser Grenzen, weil, wenn wir die Richtung des Druckes noch weiter gedreht denken, die Einflüsse auf die beiden Schenkel des Gerüsts sich nur umkehren, in absoluter Beziehung aber dieselben bleiben, wie innerhalb der angenommenen Grenzen:

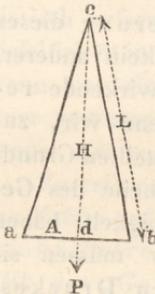
Es bezeichne:

$A = ab$ die Länge der Grundlinien des Gerüsts,

$H = cd$ die Höhe des Gerüsts,

$L = ab = ac$ die Länge eines Schenkels des Gerüsts.

1) Der Druck P ist vertikal abwärts gerichtet.



Der Druck läßt sich sodann nach der Richtung der beiden Schenkel in zwei Komponenten zerlegen, von denen jede durch p bezeichnet werde. Es ist alsdann

$$p = \frac{1}{2} P \cdot \cos \angle (acd) = \frac{1}{2} P \cdot \frac{H}{L}.$$

Die beiden Schenkel werden sodann auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen, und sind nach Bewandnis der Umstände auf Zerknicken, oder auf Zerknicken zu berechnen. Wir müssten für diesen letzten Fall setzen (I S. 227).

$$p = \frac{B \cdot E}{L^2} = \frac{1}{2} \frac{P \cdot H}{L} = \frac{1}{2} 736,5 d^2 \frac{H}{L}.$$

1)
$$B = \frac{368}{E} d^2 H \cdot L$$

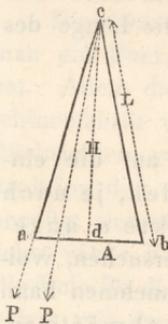
worin B das Biegemoment des Querschnittes; E den Elastizitätsmodul des Materials bezeichnet. Für Gußeisen ist $E = 17\,000\,000$, folglich hat man

$$2) B = \frac{d^2}{46200} \cdot H \cdot L = \frac{d^2}{46200} \cdot H \cdot \sqrt{(H^2 + \frac{1}{4}A^2)}.$$

Ein Bestreben auf Kippen, Gleiten, oder Abheben des Systems findet in diesem Falle nicht statt.

2) Der Druck P wird aus dieser Lage (No. 1) immer weiter nach links gedreht, bis er endlich in die Richtung ac fällt.

Sobald der Druck die vertikal abwärts gehende Richtung verläßt, und sich dem Schenkel ac mehr nähert, wird die Komponente nach ac immer größer, diejenige nach bc immer kleiner. Es kann daher der Schenkel bc in seinen Dimensionen schwächer werden, der Schenkel ac muß aber stär-



ker werden, da er in immer höherem Maasse auf rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen wird. In dem Augenblick, wo der Druck P mit der Richtung ac zusammenfällt ist die Komponente nach $bc = 0$, und man hat für den Widerstand gegen Zerknicken (I. S. 227).

$$P = \frac{B \cdot E}{L^2},$$

folglich

$$3) \quad B = \frac{P \cdot L^2}{E} = \frac{736,5 d^2 \cdot L^2}{E}$$

und wenn man wieder den Elasticitätsmodul des Gufseisens einführt:

$$4) \quad B = \frac{d^2}{23100} \cdot L^2 = \frac{d^2}{23100} \cdot (H^2 + \frac{1}{4}A^2).$$

Dieses Biegemoment ist unter allen Umständen gröfser, als das in dem vorigen Falle gefundene, und folglich bekommt der Schenkel ac in diesem Falle gröfsere Querschnittsdimensionen, als in dem vorigen Falle. Soll nun das Bockgerüst symmetrisch konstruirt werden, so dafs es genügende Sicherheit gewährt, gleichviel, ob der Druck P nach der Richtung des einen, oder des andern Schenkels fällt, so müssen beide Schenkel gleiche Querschnittsdimensionen bekommen, und es ist dann dieser Fall als ein mehr ungünstiger, als der vorige (No. 1) anzusehen.

Sobald aber die Richtung des Druckes die Vertikale cd verläfst, tritt ein Bestreben auf Gleiten ein, und es ist dann zu untersuchen, ob die Reibung allein diesem Bestreben genügenden Widerstand leistet, oder, ob noch besondere Vorkehrungen durch die Befestigung des Gerüsts auf der Unterlage getroffen werden müssen, die hinreichende Widerstandsfähigkeit gegen gleitende Verschiebung darbieten. (Vergl. § 97. S. 201 und I. § 5. S. 7 und I. § 43. S. 84.) Man hat die Richtung des Druckes P da wo sie die Basis ab schneidet, in eine horizontale Komponente, die auf Verschieben wirkt, und in eine vertikale Komponente, welche Reibung erzeugt, zu zerlegen.

3) Die Richtung des Druckes P verläßt die Richtung des Schenkels ac , und fällt außerhalb des Gerüsts.

In diesem Falle läßt sich die Richtung von P stets in zwei Komponenten nach der Richtung der Schenkel ac und bc zerlegen; die Komponente nach ac nimmt diesen Schenkel auf rückwirkende Festigkeit; die andere Komponente nimmt den Schenkel bc auf absolute Festigkeit in Anspruch. Nennt man

γ den Winkel acd , d. i. den Winkel, den die beiden Schenkel einschließen,

β den Winkel, welchen die Richtung von P mit der Richtung des Schenkels ac macht,

p den Werth der Komponente nach ac ,

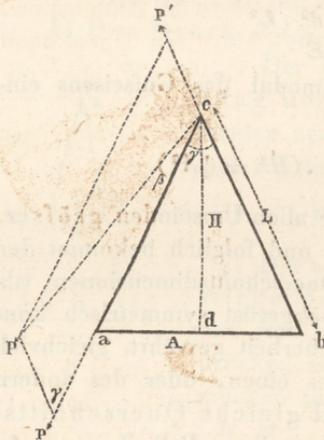
p' den Werth der Komponenten nach bc ,

so ist nach Gleichung 58 (S. 34 und § 33. S. 36)

$$\frac{P}{p} = \frac{\sin \gamma}{\sin (\beta + \gamma)}; \quad \frac{P}{p'} = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta}$$

folglich:

$$p = P \cdot \frac{\sin (\beta + \gamma)}{\sin \gamma}; \quad p' = P \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}$$



Wenn der Winkel γ gegeben ist, so nehmen die Drucke p und p' die größten Werthe an, wenn für den Druck p der

$$\sin (\beta + \gamma) = 1$$

und für den Druck p'

$$\sin \beta = 1$$

ist; das heißt:

Die **rückwirkende** Festigkeit des, der Druckrichtung zunächst liegenden Schenkels wird am stärksten in Anspruch genommen, wenn der auf den Zapfen wirkende resultirende Druck auf der Richtung des andern Schenkels normal ist, und die **absolute Festigkeit** des von der Druckrichtung entfernter liegenden Schenkels wird am stärksten in Anspruch genommen, wenn die Richtung des auf den Zapfen wirkenden resultirenden Druckes auf dem dieser Richtung zunächst liegenden Schenkel normal ist.

In beiden Fällen drückt sich die auf die Schenkel wirkende Komponente aus durch

$$p = p' = \frac{P}{\sin \gamma}$$

Es ist aber:

$$\begin{aligned} \sin \gamma &= 2 \sin \frac{1}{2} \gamma \cos \frac{1}{2} \gamma \\ &= 2 \cdot \frac{1}{2} \frac{A}{L} \cdot \frac{H}{L} = \frac{A \cdot H}{L^2} \end{aligned}$$

folglich

$$5) \quad p = p' = \frac{P \cdot L^2}{A \cdot H} = 736,5 \frac{d^2 \cdot L^2}{A \cdot H}$$

Wenn nun das Bockgerüst für eine möglichst vielfache Verwendung konstruirt werden soll, so werden wir es im Allgemeinen für diese beiden ungünstigsten Fälle zu konstruiren haben, dann ist es stark genug, dem größten Druck, welchen der Zapfen mit Sicherheit auszuhalten vermag gehörig zu widerstehen, sowohl

a) wenn dieser Druck in der ungünstigsten Richtung auf **Zerreissen** des einen Schenkels wirkt, als auch

b) wenn dieser Druck in der ungünstigsten Richtung auf **Zerknicken** des andern Schenkels wirkt:

dann hat das Bockgerüst auch genügende Widerstandsfähigkeit, für alle günstigeren Richtungen des Druckes.

Der Druck, welchem das Bockgerüst genügenden Widerstand leisten soll, drückt sich in beiden Fällen aus nach Gleichung 5) und ist folglich seinem Werthe nach abhängig von dem Verhältnifs zwischen Grundlinie und Höhe des Bockgerüstes, nennt man nämlich dieses Verhältnifs α , also:

$$\frac{\text{Grundlinie des Bockgerüstes}}{\text{Höhe des Bockgerüstes}} = \frac{A}{H} = \alpha$$

so hat man

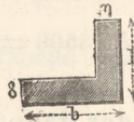
$$6) \quad \begin{aligned} A &= \alpha H \\ L^2 &= H^2 + \frac{1}{4} A^2 = H^2 (1 + \frac{1}{4} \alpha^2) \end{aligned}$$

und nach Gleichung 5)

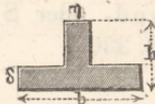
$$7) \quad p = p' = P \cdot \frac{1 + \frac{1}{4} \alpha^2}{\alpha} = 736,5 d^2 \cdot \frac{1 + \frac{1}{4} \alpha^2}{\alpha}$$

Die am häufigsten vorkommenden Querschnittsformen der Schenkel für Bockgerüste sind folgende:

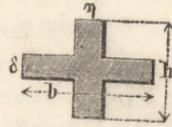
1) der L-förmige Querschnitt



2) der T-förmige Querschnitt



3) der kreuzförmige Querschnitt



Diese Querschnitte werden durch je zwei Rippen gebildet, deren größte Dimensionen b und h normal zu einander sind; die kleinsten Dimensionen der Rippen, δ und η wollen wir die Dicke der Rippen nennen, während wir b und h die Breite der Rippen nennen.

Die Dimensionen b , h , δ , η , müssen nun so bestimmt werden, daß der auf Zerreißen in Anspruch genommene Schenkel selbst bei der ungünstigsten Richtung des Druckes p' gehörigen Widerstand leiste, und daß andererseits der auf Zerknicken in Anspruch genommene Schenkel, selbst bei der ungünstigsten Richtung des Druckes keinerlei Biegung erleiden könne (I. S. 227).

a) Berechnung des Bockgerüsts auf Abreißen.

Es sei F der Flächeninhalt des Querschnittes, so ist zu setzen:

$$F \cdot k = p'$$

wenn $k = 3500$ Pfund die Belastung ist, welche das Gußeisen pro Quadrat Zoll mit Sicherheit gegen Zerreißen tragen kann.

Gewöhnlich sieht man diejenige Rippe, deren Breite mit der Axe des Zapfenlagers parallel ist, als Hauptrippe an, die andere aber als Verstärkungsrippe, und man pflegt dann wohl nur den Querschnitt der Hauptrippe in Betracht zu ziehen, wenn es sich um die Berechnung auf absolute Festigkeit handelt. — Es möge b die Dimension sein, welche mit der Axe des Lagers parallel ist, dann hat man

$$8) \quad b \delta \cdot 3500 = p' = 736,5 d^2 \cdot \frac{1 + \frac{1}{4} \alpha^2}{\alpha}$$

Die Breite der Hauptrippe b kann man passend gleich der Breite der Grund- oder Sohlplatte des Lagers machen, und diese ist nach S. 330

$$b = \frac{7}{6} a$$

folglich hat man

$$\delta = \frac{736,5}{3500 \cdot \frac{7}{6}} \cdot d \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

$$9) \quad \delta = \frac{1}{5,54} d \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

Differenziert man den Ausdruck $\frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$ nach α und setzt man die erste Ableitung gleich 0, so folgt

$$\partial \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha} = \frac{\frac{1}{4}\alpha^2 - 1}{\alpha^2} = 0$$

folglich, wenn man α entwickelt

$$9a) \quad \alpha = 2.$$

Dieser Werth von α liefert für δ ein Minimum; da nun aber ein gleichschenkliges Dreieck, bei welchem die Basis gleich der doppelten Höhe ist, nur stattfinden kann, wenn der Winkel in der Spitze ein rechter ist, so folgt aus dieser Entwicklung folgender Satz:

Die Form eines Bockgerüstes, welches einem in ungünstigster Richtung auf **Zerreissen** wirkenden Drucke mit dem geringsten Querschnitt, also auf die vortheilhafteste Weise genügenden Widerstand leistet, ist ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Basis gleich der doppelten Höhe ist, dessen Winkel an der Spitze also einen Rechten beträgt.

Für verschiedene Werthe von α geht nun der Werth von

$$\delta = d \cdot \frac{1}{5,54} \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

in diejenigen über, welche folgende Tabelle enthält.

Tabelle

über die Dicken der Hauptrippen von Bockgerüsten, welche auf die ungünstigste Weise auf Zerreißen in Anspruch genommen werden.

(Die Breite der Hauptrippe beträgt $\frac{7}{6} d$.)

$\alpha =$ Grundlinie Höhe	$1 + \frac{1}{4}\alpha^2$ α	Winkel in der Spitze γ	Dicke der Hauptrippe δ
$\frac{1}{2}$	2,125	28° —	0,384 <i>d</i>
$\frac{5}{6}$	1,750	34° 40'	0,316 <i>d</i>
$\frac{3}{4}$	1,521	41° —	0,274 <i>d</i>
$\frac{7}{8}$	1,361	47° 20'	0,245 <i>d</i>
1	1,250	53° —	0,226 <i>d</i>
$\frac{2}{3} \frac{3}{0} = \frac{2}{3} \sqrt{3}$	1,155	60° —	0,209 <i>d</i>
$\frac{5}{4}$	1,113	64° —	0,201 <i>d</i>
$\frac{1}{7} = \sqrt{2}$	1,060	70° 40'	0,191 <i>d</i>
$\frac{3}{2}$	1,042	73° 40'	0,188 <i>d</i>
$\frac{7}{4}$	1,009	82° 20'	0,182 <i>d</i>
2	1,000	90° —	0,180 <i>d</i>

Es sei z. B. ein Bockgerüst auf den Widerstand gegen Zerreißen zu berechnen, wenn der Durchmesser des Zapfens 4 Zoll beträgt, und wenn die Basis $\frac{3}{4}$ von der Höhe des Gerüsts beträgt:

Die Hauptrippe bekommt folgende Dimensionen.

Breite (parallel mit der Axe des Zapfens) = $\frac{7}{6} \cdot 4 = 4\frac{2}{3}$ ''.

Dicke $0,274 \cdot 4 = 1,096 = 1,1$ ''.

Ist das Verhältniß der Grundlinie zur Höhe $\frac{2}{3} \frac{3}{0}$, welches stattfindet, wenn das Gerüst ein gleichseitiges Dreieck bildet, so würde sein:

Breite (wie vorhin) = $4\frac{2}{3}$ ''.

Dicke = $0,226 \cdot 4 = 0,9$ ''.

Es kann die Aufgabe gestellt werden:

Bei gegebener Höhe dasjenige Verhältniß zwischen Grundlinie und Höhe des Bockgerüsts zu bestimmen, welches, wenn das Gerüst genügenden Widerstand gegen **Zerreißen**, selbst bei der ungünstigsten Richtung des Druckes gewährt, gleichwohl den **geringsten Aufwand** an Material erfordert.

Der Querschnitt des Bockgerüsts drückt sich aus durch

$$b\delta = \frac{7}{6} d \cdot d \cdot \frac{1}{5,54} \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

multiplizieren wir mit der Länge des Schenkels L so ist $b\delta \cdot L$ das Volum eines Schenkels, oder, da $L = H \sqrt{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}$ nach Gleichung b , so ist das Volum:

$$b\delta \cdot L = \frac{7}{6 \cdot 5,54} d^2 \cdot H \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}$$

Der Ausdruck

$$\frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{4}\alpha^2} = \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{3}{2}}}{\alpha}$$

ist also zu einem Minimum zu machen, indem man nach α die Ableitung nimmt, und diese gleich Null setzt.

Es ist

$$\partial \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{3}{2}}}{\alpha} = \frac{\alpha \cdot \frac{3}{2} (1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{2}\alpha - (1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{3}{2}}}{\alpha^2}$$

woraus folgt:

$$\frac{3}{4} \alpha^2 - (1 + \frac{1}{4}\alpha^2) = 0$$

$$10) \quad \alpha = \sqrt{2}$$

Daher findet unter den Bedingungen der obigen Aufgabe der geringste Aufwand an Material statt, wenn sich die Grundlinie zur Höhe verhält wie

$$\sqrt{2}:1 \text{ oder nahe wie } 10:7.$$

b) Berechnung des Bockgerüsts auf Zerknicken.

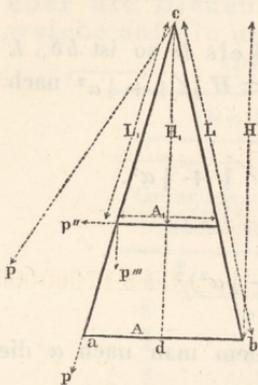
Nach dem Obigen wird der eine Schenkel des Bockgerüsts auf die ungünstigste Weise auf Zerknicken in Anspruch genommen, wenn die Richtung des auf den Zapfen reducirten Druckes normal ist zu der Richtung des andern Schenkels.

Die Gröfse dieses Druckes ist dann nach Gleichung 7)

$$p = P \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha} = 736,5 d^2 \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

Dieser Druck darf nicht so groß sein, dass unter seiner Einwirkung eine Ausbauchung des Bockgerüsts stattfinden kann. Da die Gefahr des Ausbauchens mit dem Quadrat der freistehenden Länge des Schenkels wächst, so ist es zweckmäßig bei größeren Längen

dem Gerüste Querrippen zu geben, wodurch der auf Zerknicken in Anspruch genommene Schenkel an den andern Schenkel angehängt wird. Den Punkt nun wo der auf Zerknicken in Anspruch genommene Schenkel durch eine solche Querrippe festgehalten wird, sehen wir als festen Stützpunkt an, und betrachten nur die freie Länge L' als diejenige, welche bei dem Widerstand gegen Zerknicken in Rechnung zu stellen ist.



In dem Angriffspunkt der Querrippe läßt sich der Druck p in zwei andere zerlegen, von denen der eine p'' nach der Richtung der Querrippe wirkt, und diese auf Zerreißen in Anspruch nimmt, der andere p''' aber normal zur Querrippe ist, und auf Verschiebung derselben wirkt. Diese beiden Drucke kommen nur zur Geltung, wenn wirklich der Schenkel grade an dieser Stelle sich ausbauchen wollte; welches Bestreben nicht nothwendig eintritt; ist ein solches Bestreben nun nicht vorhanden, so wird der ganze Druck p auf den untern Theil des Schenkels weiter übertragen, und es ist daher der untere Theil des Schenkels auf denselben Druck p gegen Zerknicken zu berechnen, welcher auch für den obern Theil des Schenkels gilt.

Die Drucke p'' p''' ergeben sich gewöhnlich so gering, daß die Dimensionen, welche man aus konstruktiven Gründen der Querrippe geben muß, viel beträchtlicher sind, als die, welche aus der Berechnung dieser Drucke sich ergeben würden.

Setzen wir nunmehr die Gleichung an, welche (nach I. S. 227) den Druck ergibt, den der freistehende Theil des Schenkels, dessen

$$\text{Länge} = L,$$

$$\text{Biegemoment} = B,$$

$$\text{Elasticitätsmodul} = E,$$

sein mag, mit Sicherheit gegen Zerknicken tragen kann, so ergibt sich

$$p = \frac{B \cdot E}{L^2}$$

und mit Hilfe der Gleichung 7 folgt:

$$11) \quad B = \frac{736,5 d^2}{E} \cdot \frac{1 + \frac{1}{4} a^2}{\alpha} \cdot L^2.$$

Bezeichnen wir mit

A_i die Länge der Querrippe,

H_i der Abstand derselben vom Scheitel des Gerüsts,

so ist offenbar

$$12 \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{A_i}{H_i} = \frac{A}{H} = \alpha \text{ und} \\ L_i^2 = H_i^2 (1 + \frac{1}{4} \alpha^2) \end{array} \right.$$

folglich hat man

$$B = \frac{736,5}{E} \cdot d^2 \cdot H_i^2 \frac{(1 + \frac{1}{4} \alpha^2)^2}{\alpha}$$

und wenn man den Elasticitätsmodulus des Gußeisens gleich 17 000 000 Pfund nimmt, so ist

$$13) \quad B = \frac{d^2}{23100} \cdot H_i^2 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4} \alpha^2)^2}{\alpha}.$$

Will man denjenigen Werth von α bestimmen, für welchen B , das Biegemoment, also auch die Dimensionen des Querschnitts ein Minimum werden, so hat man nach α zu differenzieren. Es ergibt sich:

$$d \frac{(1 + \frac{1}{4} \alpha^2)^2}{\alpha} = \frac{\alpha^2 (1 + \frac{1}{4} \alpha^2) - (1 + \frac{1}{4} \alpha^2)^2}{\alpha^2} = 0$$

woraus folgt:

$$14) \quad \alpha = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{2}{3} \sqrt{3} = \text{nahe } \frac{2 \cdot 3}{3}.$$

Dieses Verhältniß ist kein anderes, als welches zwischen Grundlinie und Höhe des gleichseitigen Dreiecks besteht, und es folgt daher der Satz:

Die Form des Bockgerüsts, welches einem in ungünstigster Richtung auf **Zerknicken** wirkenden Drucke mit dem geringsten Biegemoment, also auf die vortheilhafteste Weise genügenden Widerstand leistet, ist ein gleichseitiges Dreieck.

Um nun die Dimensionen des Querschnitts zu berechnen, müssen wir in Gleichung 14 die Werthe der Biegemomente, wie sie in Theil I. S. 208 zusammengestellt sind einsetzen. Wir gestatten uns jedoch hier folgende, zur Vereinfachung der Rechnung beitragende Voraussetzung:

Wir nehmen an, daß die Hauptrippe sowohl, als die Verstärkungsrippe für sich allein stark genug sein sollen, um den ganzen Druck, der auf Zerknicken wirkt mit Sicherheit

aufzunehmen, daß aber die gegenseitige Wirkung der beiden Rippen auf einander darin bestehe, daß jede Rippe verhindert, daß die andere nach der Richtung ihrer kleinsten Dimension ausgebaucht werde. Unter dieser Voraussetzung werden wir nicht wie es sonst bei der Bestimmung des Biegemoments bei der Berechnung auf Zerknicken geschehen mußte, die kleinste Dimension jeder Rippe, sondern deren größere Dimension in der höheren Potenz einzuführen haben.

Wir haben also zu setzen

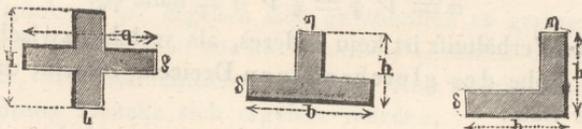
$$B = \frac{1}{12} \delta b^3 = \frac{1}{12} \eta h^3$$

woraus folgt:

$$15) \quad \frac{\delta}{\eta} = \frac{h^3}{b^3}$$

das heißt:

Wenn das Bockgerüst sowohl nach der Richtung der Breite als nach der Richtung der Dicke der Hauptrippe gleiche Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken besitzen soll, so müssen sich die Dicken der beiden Rippen umgekehrt verhalten, wie die Kuben ihrer Breiten, oder es müssen sich die Breiten der Rippen umgekehrt verhalten, wie die Kubikwurzeln aus den Dicken derselben.



Es sei wieder

$$b \text{ die Breite der Hauptrippe} = \frac{7}{6} d$$

$$\frac{h}{b} = q \text{ das Verhältniß der Breiten der beiden Rippen,}$$

folglich:

$$h = \frac{7}{6} d \cdot q$$

$$\eta = \frac{\delta}{q^3}$$

Man hat also nach Gleichung 13

$$\frac{1}{12} \delta b^3 = \frac{1}{12} \left(\frac{7}{6}\right)^3 \delta d^3 = \frac{d^2}{23100} \cdot H_1^2 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4} \alpha^2)^2}{\alpha}$$

und daraus

$$16) \delta = \frac{1}{3000} \frac{H_i^2}{d} \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha} = \frac{d}{3000} \cdot \left(\frac{H_i}{d}\right)^2 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha}$$

Vergleichen wir diesen Werth für die Dicke der Hauptrippe mit dem in Gleichung 9) bei der Berechnung auf Zerreißen gefundenen, und untersuchen wir, unter welchen Umständen beide Werthe gleich groß werden, und wann sich der eine größer als der andere findet. Zu diesem Zwecke setzen wir die Werthe für δ aus den Gleichungen 9 und 16 einander gleich:

$$\frac{d}{3000} \cdot \frac{H_i^2}{d^2} \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha} = \frac{d}{5,54} \cdot \frac{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}{\alpha}$$

daraus folgt

$$\frac{H_i^2}{d^2} = \frac{3000}{5,54} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}$$

$$17) \frac{H_i}{d} = 23,27 \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}} = 46,54 \cdot \sqrt{\frac{1}{4 + \alpha^2}}$$

Die Berechnung auf Zerreißen, und diejenige auf Zerknicken liefern also gleiche Resultate für die Stärke der Rippe, wenn die vertikale Höhe des freistehenden Theils des Schenkels das

$\left[\frac{46,54}{\sqrt{4 + \alpha^2}} \right]$ fache des Zapfendurchmessers ist; wenn diese Höhe größer ist, so liefert die Berechnung auf Zerknicken größere Resultate, ist dagegen diese Höhe geringer, so liefert die Berechnung auf Zerreißen größere Resultate.

Für verschiedene Werthe von α ergeben sich nach Gleichung 17 folgende Beziehungen:

Die Berechnungen auf Zerreißen und auf Zerknicken geben gleiche Resultate für die Dicke der Hauptrippe.

Für ein Verhältniß $\frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe}}$.	Wenn die Höhe des freistehenden Theils des Schenkels gleich ist.
$\alpha = \frac{1}{2}$	$H_i = 22,6d$
$\alpha = \frac{5}{8}$	$H_i = 22,1d$
$\alpha = \frac{3}{4}$	$H_i = 21,8d$
$\alpha = \frac{7}{8}$	$H_i = 21,3d$

Für ein Verhältniß $\frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe.}}$	Wenn die Höhe des freistehenden Theils des Schenkels gleich ist.
$\alpha = 1$	$H_1 = 20,8d$
$\alpha = \frac{2,3}{2,0} = \frac{2}{3} \sqrt{3}$	$H_1 = 20,1d$
$\alpha = \frac{5}{4}$	$H_1 = 19,8d$
$\alpha = \frac{1,0}{7} = \sqrt{2}$	$H_1 = 19,0d$
$\alpha = \frac{3}{2}$	$H_1 = 18,6d$
$\alpha = \frac{7}{4}$	$H_1 = 17,5d$
$\alpha = 2$	$H_1 = 16,4d$

Ist also die Höhe des freiliegenden Theils eines Gerüstschenkels gröfser als etwa das 16,4fache, beziehlich das 22,6fache des Zapfendurchmessers, so hat man die Dicke der Hauptrippe nach der Gleichung 16 zu berechnen:

$$\delta = \frac{d}{3000} \cdot \left(\frac{H'}{d}\right)^2 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha}$$

Den Coëfficienten

$$\frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha}$$

für verschiedene Werthe von α ausgerechnet, giebt folgende Tabelle.

$\frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe.}}$	Werth von $\frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha}$
$\alpha = \frac{1}{2}$	2,2578
$\alpha = \frac{5}{6}$	1,9278
$\alpha = \frac{3}{4}$	1,7347
$\alpha = \frac{7}{8}$	1,6222
$\alpha = 1$	1,5633
$\alpha = \frac{2,3}{2,0} = \frac{2}{3} \sqrt{3}$	1,5396 Minimum
$\alpha = \frac{5}{4}$	1,5471
$\alpha = \frac{1,0}{7} = \sqrt{2}$	1,5750
$\alpha = \frac{3}{2}$	1,6276
$\alpha = \frac{7}{4}$	1,8325
$\alpha = 2$	2,0000

Auch hier kann die Aufgabe gestellt werden:

Bei gegebener Höhe, dasjenige Verhältniss zwischen Grundlinie und Höhe eines Bockgerüsts zu bestimmen, welches, wenn das Gerüst genügenden Widerstand gegen **Zerknicken** selbst bei der ungünstigsten Richtung des Druckes gewährt, gleichwohl den **geringsten Aufwand an Material** erfordert.

Da sich der Querschnitt des Bockgerüsts ausdrückt durch

$$b \delta = \frac{7}{6} d \cdot \frac{d}{3000} \cdot \left(\frac{H_1}{d}\right)^2 \cdot \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha}$$

so ist, wenn L die Länge des Schenkels bezeichnet: (abgesehen von der Verstärkungsrippe)

$$b \delta \cdot L$$

das Volum des Gerüstschenkels, und da $L = H \sqrt{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}$ ist, so ist das Volum des Gerüstschenkels

$$b \delta \cdot L = \frac{7}{6} d \cdot \frac{d}{3000} \cdot \left(\frac{H_1}{d}\right)^2 \cdot H \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^2}{\alpha} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{4}\alpha^2}.$$

Differenzieren wir nach α , so ergibt sich

$$\frac{\partial}{\partial (\alpha)} \frac{(1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{5}{2}}}{\alpha} = \frac{\frac{5}{4}\alpha^2 (1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{3}{2}} - (1 + \frac{1}{4}\alpha^2)^{\frac{5}{2}}}{\alpha^2} = 0$$

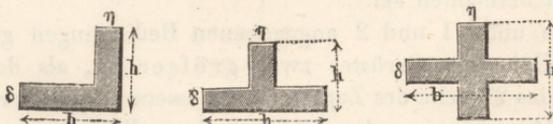
$$\frac{5}{4}\alpha^2 - (1 + \frac{1}{4}\alpha^2) = 0$$

$$18) \quad \alpha = 1.$$

Daher findet unter den Bedingungen der obigen Aufgabe, der geringste Aufwand an Material statt, wenn die Grundlinie gleich der Höhe ist.

c) Konstruktion der Verstärkungsrippe.

Wir haben gesehen, daß die üblichen Querschnittsformen für Bockgerüste, die nachstehenden sind:



Die Rippe, deren Breite mit der Axe des Zapfens parallel ist, haben wir als Hauptrippe bezeichnet; ihre Breite ist

$$b = \frac{7}{6} d .$$

ihre Dicke δ ist nach den Gleichungen 9 und 16 zu bestimmen. Die zweite Rippe, deren Dimensionen h und η sind, gilt als Verstärkungsrippe. Da die Hauptrippe nach den obigen Berechnungen für sich allein einen genügend großen Querschnitt bekommen soll, um die nöthige Sicherheit gegen Zerreißen des betreffenden Schenkels darzubieten, so können wir bei der Konstruktion der Verstärkungsrippe von dem Widerstande gegen Abreißen ganz absehen, und haben nur nöthig derselben diejenige Form zu geben, welche dem Widerstande gegen Zerknicken am passendsten entspricht. Die Verstärkungsrippe kann daher auch als Körper von gleicher Widerstandsfähigkeit konstruirt werden, indem man gewöhnlich ihre Dicke konstant, und etwa gleich der Dicke der Hauptrippe macht, während man die Breite derselben von unten nach oben hin nach einer entsprechenden Kurve abnehmen läßt.

d) Resultate.

Betrachten wir nur die Werthe von $\alpha = \frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe}}$, welche zwischen den Grenzen $\frac{1}{2}$ und 2 liegen, aus denen man bei der Konstruktion von Lagergerüsten nicht hinaus zu gehen pflegt, so wird man folgende Regeln zu beachten haben.

1) Beträgt die Höhe des Gerüsts weniger als das 16fache des Zapfendurchmessers so sind die Dimensionen des Gerüsts stets nach der Gleichung 9 auf Zerreißen zu berechnen.

2) Beträgt die Höhe des Gerüsts mehr als das 16fache, aber weniger als das 23fache des Zapfendurchmessers, so entscheidet die Gleichung 17 und die daraus berechnete Tabelle (S. 369), ob bei dem angenommenen Verhältniß zwischen Grundlinie und Höhe, die Dicke der Hauptrippe auf Zerreißen (Gl. 9) oder auf Zerknicken (Gl. 16) zu berechnen sei.

3) Die unter 1 und 2 angegebenen Bedingungen gelten auch, wenn die Höhe des Gerüsts zwar größer ist, als das 16fache, beziehlich das 22fache des Zapfendurchmessers, wenn aber die Schenkel durch Querrippen verbunden sind, deren Entfernung vom Schei-

tel des Gerüsts das 16fache, beziehlich das 22fache des Zapfendurchmessers nicht übersteigt.

4) Wird das Gerüst auf Zerreißen berechnet, so bekommt man die geringste Dicke der Hauptrippe, wenn die Schenkel einen rechten Winkel einschließen (Gl. 9a), und man bekommt den geringsten Aufwand an Material, wenn sich die Grundlinie des Gerüsts zu dessen Höhe vertheilt, wie die Diagonale eines Quadrats zur Seite desselben Quadrats (Gl. 10).

5) Wird das Gerüst auf Zerknicken berechnet, so bekommt man die geringste Dicke der Hauptrippe, wenn die Schenkel einen Winkel von 60 Grad einschließen (Gl. 14), und man bekommt den geringsten Aufwand an Material, wenn die Grundlinie gleich der Höhe ist (Gl. 18).

6) Die nachfolgende Tabelle giebt die Verhältnisse der Dicke der Hauptrippe zum Durchmesser des Zapfens für verschiedene Werthe des Verhältnisses $\frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe}} = \alpha$ und für verschiedene Werthe des Verhältnisses $\frac{\text{freie Höhe der Hauptrippe}}{\text{Zapfendurchmesser}}$. Unter freier Höhe der Hauptrippe ist die vertikale Entfernung des Zapfenmittelpunktes von der Mittellinie der Querrippe verstanden.

α	$\frac{\text{freie Höhe der Hauptrippe}}{\text{Zapfendurchmesser}}$	α	$\frac{\text{freie Höhe der Hauptrippe}}{\text{Zapfendurchmesser}}$	α	$\frac{\text{freie Höhe der Hauptrippe}}{\text{Zapfendurchmesser}}$
0.50	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70
0.55	0.55	0.65	0.65	0.75	0.75
0.60	0.60	0.70	0.70	0.80	0.80
0.65	0.65	0.75	0.75	0.85	0.85
0.70	0.70	0.80	0.80	0.90	0.90
0.75	0.75	0.85	0.85	0.95	0.95
0.80	0.80	0.90	0.90	1.00	1.00
0.85	0.85	0.95	0.95	1.05	1.05
0.90	0.90	1.00	1.00	1.10	1.10
0.95	0.95	1.05	1.05	1.15	1.15
1.00	1.00	1.10	1.10	1.20	1.20
1.05	1.05	1.15	1.15	1.25	1.25
1.10	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30
1.15	1.15	1.25	1.25	1.35	1.35
1.20	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40
1.25	1.25	1.35	1.35	1.45	1.45
1.30	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50
1.35	1.35	1.45	1.45	1.55	1.55
1.40	1.40	1.50	1.50	1.60	1.60
1.45	1.45	1.55	1.55	1.65	1.65
1.50	1.50	1.60	1.60	1.70	1.70
1.55	1.55	1.65	1.65	1.75	1.75
1.60	1.60	1.70	1.70	1.80	1.80
1.65	1.65	1.75	1.75	1.85	1.85
1.70	1.70	1.80	1.80	1.90	1.90
1.75	1.75	1.85	1.85	1.95	1.95
1.80	1.80	1.90	1.90	2.00	2.00
1.85	1.85	1.95	1.95	2.05	2.05
1.90	1.90	2.00	2.00	2.10	2.10
1.95	1.95	2.05	2.05	2.15	2.15
2.00	2.00	2.10	2.10	2.20	2.20
2.05	2.05	2.15	2.15	2.25	2.25
2.10	2.10	2.20	2.20	2.30	2.30
2.15	2.15	2.25	2.25	2.35	2.35
2.20	2.20	2.30	2.30	2.40	2.40
2.25	2.25	2.35	2.35	2.45	2.45
2.30	2.30	2.40	2.40	2.50	2.50
2.35	2.35	2.45	2.45	2.55	2.55
2.40	2.40	2.50	2.50	2.60	2.60
2.45	2.45	2.55	2.55	2.65	2.65
2.50	2.50	2.60	2.60	2.70	2.70
2.55	2.55	2.65	2.65	2.75	2.75
2.60	2.60	2.70	2.70	2.80	2.80
2.65	2.65	2.75	2.75	2.85	2.85
2.70	2.70	2.80	2.80	2.90	2.90
2.75	2.75	2.85	2.85	2.95	2.95
2.80	2.80	2.90	2.90	3.00	3.00
2.85	2.85	2.95	2.95	3.05	3.05
2.90	2.90	3.00	3.00	3.10	3.10
2.95	2.95	3.05	3.05	3.15	3.15
3.00	3.00	3.10	3.10	3.20	3.20
3.05	3.05	3.15	3.15	3.25	3.25
3.10	3.10	3.20	3.20	3.30	3.30
3.15	3.15	3.25	3.25	3.35	3.35
3.20	3.20	3.30	3.30	3.40	3.40
3.25	3.25	3.35	3.35	3.45	3.45
3.30	3.30	3.40	3.40	3.50	3.50
3.35	3.35	3.45	3.45	3.55	3.55
3.40	3.40	3.50	3.50	3.60	3.60
3.45	3.45	3.55	3.55	3.65	3.65
3.50	3.50	3.60	3.60	3.70	3.70
3.55	3.55	3.65	3.65	3.75	3.75
3.60	3.60	3.70	3.70	3.80	3.80
3.65	3.65	3.75	3.75	3.85	3.85
3.70	3.70	3.80	3.80	3.90	3.90
3.75	3.75	3.85	3.85	3.95	3.95
3.80	3.80	3.90	3.90	4.00	4.00
3.85	3.85	3.95	3.95	4.05	4.05
3.90	3.90	4.00	4.00	4.10	4.10
3.95	3.95	4.05	4.05	4.15	4.15
4.00	4.00	4.10	4.10	4.20	4.20
4.05	4.05	4.15	4.15	4.25	4.25
4.10	4.10	4.20	4.20	4.30	4.30
4.15	4.15	4.25	4.25	4.35	4.35
4.20	4.20	4.30	4.30	4.40	4.40
4.25	4.25	4.35	4.35	4.45	4.45
4.30	4.30	4.40	4.40	4.50	4.50
4.35	4.35	4.45	4.45	4.55	4.55
4.40	4.40	4.50	4.50	4.60	4.60
4.45	4.45	4.55	4.55	4.65	4.65
4.50	4.50	4.60	4.60	4.70	4.70
4.55	4.55	4.65	4.65	4.75	4.75
4.60	4.60	4.70	4.70	4.80	4.80
4.65	4.65	4.75	4.75	4.85	4.85
4.70	4.70	4.80	4.80	4.90	4.90
4.75	4.75	4.85	4.85	4.95	4.95
4.80	4.80	4.90	4.90	5.00	5.00
4.85	4.85	4.95	4.95	5.05	5.05
4.90	4.90	5.00	5.00	5.10	5.10
4.95	4.95	5.05	5.05	5.15	5.15
5.00	5.00	5.10	5.10	5.20	5.20

T a.

über das Verhältniß $\left\{ \frac{\text{Durchmesser des Zapfens}}{\text{Dicke der Hauptrippe}} \right\}$ für Bockgerüste,
genommen werden, der gleich demjenigen ist, den ein schmiede-
heit aus-

(Die Breite der Hauptrippe gleich

Verhältniß: $\left\{ \frac{\text{Freie Höhe des Gerüsts}}{\text{Zapfendurchmesser}} \right\} = \frac{H_i}{d}$	Verhältniß			
	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{H_i}{d} = 16$ (und weniger)	0,384	0,316	0,274	0,245
$\frac{H_i}{d} = 17$	0,384	0,316	0,274	0,245
18	0,384	0,316	0,274	0,245
19	0,384	0,316	0,274	0,245
20	0,384	0,316	0,274	0,245
21	0,384	0,316	0,274	0,245
22	0,384	0,316	0,283	0,277
23	0,398	0,340	0,306	0,286
24	0,434	0,370	0,333	0,311
25	0,470	0,402	0,361	0,338
26	0,509	0,434	0,391	0,366
27	0,549	0,469	0,422	0,394
28	0,590	0,504	0,453	0,424
29	0,633	0,540	0,486	0,455
30	0,677	0,578	0,521	0,487
31	0,723	0,618	0,556	0,520
32	0,770	0,658	0,592	0,553
33	0,820	0,700	0,630	0,589
34	0,870	0,793	0,669	0,625
35	0,922	0,787	0,708	0,662
36	0,975	0,833	0,750	0,700
37	1,030	0,880	0,792	0,740
38	1,087	0,928	0,835	0,781
39	1,145	0,976	0,880	0,822
40	1,204	1,028	0,925	0,865

belle

welche auf die ungünstigste Weise durch einen Druck in Anspruch eiserner Zapfen von gegebenem Durchmesser mit genügender Sicherheit halten kann.

$\frac{7}{6}$ vom Zapfendurchmesser.)

$\left\{ \frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe}} \right\}$ des Gerüstes = α .

1	$\frac{2}{3} = \frac{2}{3}\sqrt{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{1}{7} = \sqrt{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{7}{4}$	2
0,226	0,209	0,201	0,191	0,188	0,182	0,180
0,226	0,209	0,201	0,191	0,188	0,182	0,193
0,226	0,209	0,201	0,191	0,188	0,198	0,216
0,226	0,209	0,201	0,191	0,196	0,221	0,241
0,226	0,209	0,206	0,210	0,217	0,244	0,267
0,230	0,226	0,227	0,232	0,239	0,269	0,294
0,255	0,251	0,253	0,257	0,266	0,299	0,327
0,276	0,272	0,273	0,278	0,287	0,323	0,353
0,300	0,296	0,297	0,302	0,313	0,352	0,384
0,326	0,321	0,322	0,328	0,339	0,382	0,417
0,352	0,347	0,349	0,355	0,367	0,413	0,451
0,380	0,374	0,376	0,383	0,396	0,445	0,486
0,408	0,402	0,404	0,412	0,425	0,479	0,523
0,438	0,432	0,433	0,441	0,456	0,514	0,561
0,469	0,462	0,464	0,473	0,488	0,550	0,600
0,500	0,493	0,496	0,504	0,521	0,587	0,641
0,534	0,526	0,528	0,538	0,556	0,626	0,683
0,567	0,559	0,562	0,572	0,591	0,665	0,726
0,602	0,593	0,596	0,607	0,627	0,706	0,771
0,638	0,629	0,632	0,643	0,665	0,748	0,817
0,675	0,665	0,668	0,680	0,703	0,792	0,864
0,713	0,703	0,706	0,719	0,743	0,836	0,913
0,752	0,741	0,745	0,758	0,782	0,882	0,963
0,792	0,781	0,784	0,799	0,824	0,929	1,014
0,834	0,821	0,823	0,840	0,866	0,978	1,067

Anmerkung: Die stärker gezogenen Linien geben die Grenze an, zwischen der Berechnung der Dicke der Hauptrippe auf Zerreißen, und auf Zerknicken.

Beispiel: Für einen Zapfen von 6 Zoll Durchmesser, soll ein 12 Fufs hohes Gerüst konstruirt werden; die Basis des Gerüsts soll 8 Fufs messen.

Es ist

$$\frac{H_1}{d} = \frac{12 \cdot 12}{6} = 24$$

ferner ist

$$\alpha = \frac{8}{12} = \frac{3}{4}$$

folglich, wenn man keine Querrippe giebt ist

die Breite der Hauptrippe $b = \frac{7}{6} d = 7$ Zoll,

die Dicke der Hauptrippe $\delta = 0,333d = 2$ Zoll,

giebt man aber eine Querrippe, welche nicht über $21d$, d. h. nicht über $10\frac{1}{2}$ Fufs vom Zapfenmittelpunkt entfernt ist, so wird zwar die Breite der Hauptrippe wie vorhin 7 Zoll, aber die Dicke der Hauptrippe $\delta = 0,274d = 1,644$ oder etwa $1\frac{5}{8}$ Zoll.

Die Länge jedes Schenkels ist $\sqrt{(12^2 + 4^2)} = 12,65$ Fufs oder 151,80 Zoll, folglich das Volum jedes Schenkels bei einer Breite der Rippe von 7 Zoll

bei 2 Zoll Dicke: $7 \cdot 2 \cdot 151,8 = 7 \cdot 303,6$ Kubikzoll,

bei $1\frac{5}{8}$ Zoll Dicke: $7 \cdot 1 \cdot \frac{5}{8} \cdot 151,8 = 7 \cdot 216,7$ Kubikzoll.

Wollte man dem Gerüst die geringste Dicke der Hauptrippe geben, wenn es keine Querrippe hat, so müfste es ein gleichseitiges Dreieck werden, folglich würde bei 12 Fufs Höhe, die Basis $\frac{2}{3} \cdot 12 = 13,8$ Fufs = 165,6 Zoll; die Dicke der Hauptrippe würde sodann nach der Tabelle, weil $\frac{H_1}{d}$ nach wie vor = 24 ist

$$\delta = 0,296 \cdot 6 = 1,776 \text{ Zoll,}$$

folglich das Volum eines Schenkels

$$7 \cdot 1,776 \cdot 165,6 = 7 \cdot 294,1 \text{ Kubikzoll.}$$

Wenn dagegen unter derselben Voraussetzung, daß das Gerüst keine Querrippe haben soll, das Gewicht des Schenkels möglichst klein ausfallen soll, so wird die Basis gleich der Höhe,

nämlich 12 Fufs = 144 Zoll, und man findet, da $\frac{H_1}{d}$ wie vorhin = 24 ist, in diesem Falle n. d. Tabelle

$$\delta = 0,300 \cdot 6 = 1,8 \text{ Zoll.}$$

Da nun hier die Länge des Schenkels = $\sqrt{12^2 + 6^2} = 13,416$ Fufs = 161 Zoll ist, so ist das Volum des Schenkels

$$7 \cdot 1,8 \cdot 161 = 7 \cdot 289,8 \text{ Kubikzoll.}$$

Giebt man dem Gerüst eine Querrippe, die nicht über 21 d = 10½ Fufs von dem Scheitel entfernt ist, so ist es auf Zerreißen zu berechnen, und man findet dann für diejenige Form, welche die geringste Dicke der Rippe liefert $\alpha = 2$, folglich nach der Tabelle

$$\delta = 0,180 \cdot 6 = 1,08 \text{ Zoll}$$

und da hier die Länge des Schenkels = $\sqrt{2 \cdot 12^2} = 16,97$ Fufs = 203,64 Zoll, so ist das Volum des Schenkels

$$7 \cdot 1,08 \cdot 203,64 = 7 \cdot 219,9 \text{ Kubikzoll.}$$

Um nun schliesslich noch das kleinste Volum des Schenkels zu finden, wenn man eine Querrippe anwendet, müfste man das Verhältnifs zwischen Höhe und Basis = $\sqrt{2}$ machen; für diesen Fall ist die Dicke der Hauptrippe

$$\delta = 0,191 \cdot 6 \text{ Zoll} = 1,146 \text{ oder } 1,15 \text{ Zoll}$$

und als Volum, da die Basis = 12 . $\sqrt{2}$ folglich die Länge des Schenkels = $\sqrt{12^2 + 2 \cdot 6^2} = 14,70$ Fufs = 176,4 Zoll

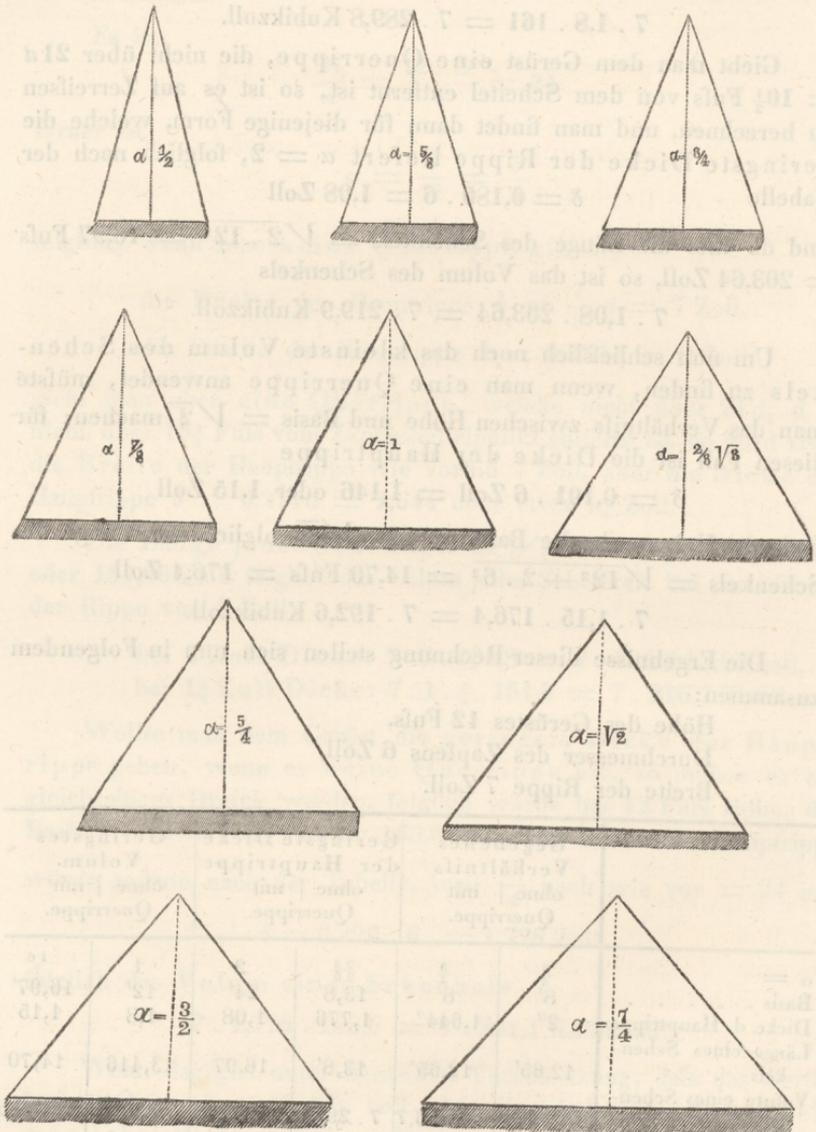
$$7 \cdot 1,15 \cdot 176,4 = 7 \cdot 192,6 \text{ Kubikzoll.}$$

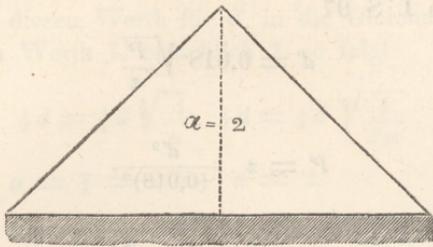
Die Ergebnisse dieser Rechnung stellen sich nun in Folgendem zusammen:

Höhe des Gerüsts 12 Fufs,
 Durchmesser des Zapfens 6 Zoll,
 Breite der Rippe 7 Zoll.

	Gegebenes Verhältnifs		Geringste Dicke der Hauptrippe		Geringstes Volum.	
	ohne Querrippe.	mit Querrippe.	ohne Querrippe.	mit Querrippe.	ohne Querrippe.	mit Querrippe.
$\alpha =$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	2	1	$\frac{1}{7}$
Basis	8'	8'	13,8'	24'	12'	16,97'
Dicke d. Hauptrippe	2''	1,644''	1,776	1,08	1,8	1,15
Länge eines Schenkels	12,65'	12,65'	13,8'	16,97	13,416	14,70
Volum eines Schenkels	7. 303,6	7. 216,7	7. 294,1	7. 219,9	7. 289,8	7. 192,6

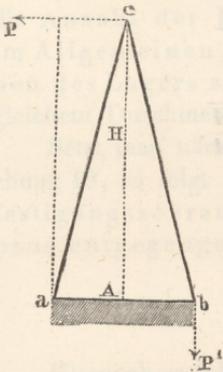
Um die Verhältnisse, welche das Bockgerüst bekommt bei den verschiedenen Werthen von α , welche die Tabelle enthält anschaulich zu machen, folgt hier eine Zusammenstellung der verschiedenen Formen, in denen überall die Höhe gleich groß angenommen worden ist:





e) Berechnung der Bocklager auf Kippen.

Wenn die Richtungslinie des Druckes, der in dem Scheitel des Gerüsts angebracht ist, außserhalb der Schenkel des Gerüsts fällt, so wirkt derselbe auf Kippen des Systems (§ 99). Dies Kippen kann nur um die Kante *a* des Gerüsts erfolgen, und der Hebelarm der auf Kippen wirkenden Kraft ist offenbar die von der Axe des Kippens *a* auf die Richtung der Kraft *P* gezogenen Normale. Wie sich leicht übersehen läßt, ist das auf Kippen wirkende Moment am größten, wenn der Druck *P* parallel mit der Basis des Gerüsts ist. In diesem Falle ist der Hebelarm gleich *H* und das Moment, welches auf Kippen wirkt ist



$$P \cdot H = 736,5 \cdot d^2 \cdot H \text{ (S. 371).}$$

Die Kräfte, welche dem Kippen entgegenwirken sind theils das Gewicht des Gerüsts, theils der Widerstand, welcher von den Befestigungsmitteln herrührt, die man zur Befestigung des Gerüsts auf der Unterlage angebracht hat. Da man stets einen Ueberschufs an Widerständen gegen das Kippen haben muß, so lassen wir das Moment des Gewichtes des Gerüsts außser Berechnung, und setzen nur das Moment der Befestigungsmittel gleich dem auf Kippen wirkenden Moment. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, dafs das Gerüst bei *b* durch Schraubenbolzen befestigt sei, und dafs diese Schraubenbolzen mit genügender Sicherheit einen Druck = *P'* auf Zerreißen aushalten können. Hieraus ergibt sich das Moment des Widerstandes der Schraubenbolzen in Bezug auf die Axe des Kippens

$$A \cdot P'$$

und wenn z Schraubenbolzen, jeder vom Durchmesser d' vorhanden sind, so ist nach I. S. 97

$$d' = 0,018 \sqrt{\frac{P'}{z}}$$

folglich

$$P' = z \cdot \frac{d'^2}{(0,018)^2}$$

und man hat

$$AP' = Az \cdot \frac{d'^2}{(0,018)^2}.$$

Setzen wir das auf Kippen wirkende Moment gleich dem Moment des Widerstandes der Schraubenbolzen, so hat man

$$PH = AP'$$

$$763,5 d'^2 \cdot H = Az \cdot \frac{d'^2}{(0,018)^2}$$

folglich

$$d' = d \cdot 0,018 \cdot \sqrt{\frac{736,5}{z}} \cdot \sqrt{\frac{H}{A}}$$

Nun ist (S. 371)

$$\frac{A}{H} = \alpha,$$

folglich hat man

$$d' = 0,49 d \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha \cdot z}}$$

wofür wir rund setzen:

$$19) \quad d' = \frac{1}{2} d \cdot \sqrt{\frac{1}{\alpha \cdot z}}$$

Die Schraubenbolzen, welche zur Befestigung des Bocklagers gegen Kippen dienen, müssen aber auch für den Fall hinreichend stark sein, wenn der Druck P' von unten nach oben wirkend, die Schraubenbolzen auf Abreißen in Anspruch nimmt. Für diesen Fall sind die Schraubenbolzen lediglich nach den auf S. 326, 327 und 329 angegebenen Verhältnissen zu berechnen. Man hat daher auf jeder Seite des Lagergerüsts wenigstens

entweder eine Schraube deren Durchmesser $= \frac{1}{3} d$

oder zwei Schrauben - - - - - $= \frac{1}{4} d$

ist anzuordnen, und zwar gilt die erste Anordnung bei Zapfen-

durchmessern bis zu 4 Zoll, die letzte bei Zapfendurchmessern über 4 Zoll.

Setzt man diesen Werth für d' in die Gleichung 19, und zugleich für z den Werth 1, beziehlich 2, so folgt

$$\frac{1}{3}d = \frac{1}{2}d \sqrt{\frac{1}{\alpha}}; \quad \frac{1}{4}d = \frac{1}{2}d \sqrt{\frac{1}{2\alpha}}$$

$$\alpha = \frac{9}{4} = 2,25; \quad \alpha = 2.$$

Es werden also die gewöhnlichen Befestigungsschrauben, welche an Zahl und Durchmesser gleich den Deckelschrauben des Lagers gemacht werden, dem Bestreben zu Kippen nur dann genügenden Widerstand darbieten, wenn das Verhältniß zwischen Grundlinie und Höhe des Gerüstes = $2\frac{1}{4}$, beziehlich gleich 2 ist.

Da nun dies Verhältniß gewöhnlich nicht erreicht wird, so ist die Anzahl der Befestigungsschrauben des Bockgerüstes im Allgemeinen gröfser, als die Anzahl der Deckelschrauben des Lagers zu machen, wenn man sämtliche Schrauben von gleichem Durchmesser macht.

Setzt man nämlich für d' die Werthe $\frac{1}{3}d$ und $\frac{1}{4}d$ in die Gleichung 19, so folgt durch leichte Umformung die Anzahl der Befestigungsschrauben, welche auf der, der Axe des Kip pens entgegengesetzten Seite anzuordnen sind

$$20) \quad z = \frac{9}{4\alpha} \text{ und } z = \frac{4}{\alpha}.$$

Hiernach ergibt sich für verschiedene Werthe von α , und für verschiedene Durchmesser des Zapfens folgende Anzahl von Schrauben.

Tabelle

über die Anzahl und den Durchmesser von Befestigungsschrauben, zur Befestigung von Bockgerüsten gegen das Bestreben und Kippen.

(Die angegebene Anzahl von Schrauben ist zwar nur auf der Seite erforderlich, welche der Axe des Kippens gegenüber liegt, während auf der anderen Seite nicht mehr Schrauben erforderlich sind, als das Lager auf derselben Seite Deckelschrauben besitzt, allein, man pflegt der Sicherheit wegen auf beiden Seiten des Gerüsts gleich viel, nämlich die größte Anzahl von Schrauben zu wählen.)

Durchmesser des Zapfens in Zollen.	Durchmesser der Befestigungsschrauben in Linien.	Anzahl der Deckelschrauben auf jeder Seite.	Anzahl der Befestigungsschrauben für verschiedene Werthe von $\left\{ \frac{\text{Grundlinie}}{\text{Höhe}} \right\}$ des Gerüsts.											
			$\alpha = \frac{1}{2}$	$\alpha = \frac{2}{5}$	$\alpha = \frac{3}{4}$	$\alpha = \frac{1}{2}$	$\alpha = 1$	$\alpha = \frac{2}{3}, \frac{3}{10}, \frac{2}{5}, \frac{1}{3}$	$\alpha = \frac{5}{4}$	$\alpha = \frac{10}{7}, \frac{1}{2}$	$\alpha = \frac{3}{2}$	$\alpha = \frac{7}{4}$	$\alpha = 2$	
1	4	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
1 1/2	6	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
2	8	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
2 1/2	10	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
3	12	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
3 1/2	14	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
4	16	1	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
4 1/2	13,5	2	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2
5	15	2	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2
5 1/2	16,5	2	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2
6	18	2	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2

Formgebung der Bockgerüste — Beschreibung einiger Beispiele von Bockgerüsten.

§ 133. Nachdem wir im vorigen Paragraphen die Berechnung der Bockgerüste erörtert haben, ist noch Einiges über die Formgebung derselben hinzuzufügen:

Nicht immer sind die Schenkel des Bockgerüsts geradlinig; man ist oft veranlaßt sie mehr oder weniger in geschweiften und

gebogenen Formen zu konstruiren. Ohne besonderen Grund sollte man jedoch nicht von der gradlinigen, als der einfachsten und die größte Steifheit gewährenden Form abweichen, und es ist mindestens als ungerechtfertigt zu bezeichnen, wenn man aus bloßer Liebhaberei an geschweiften Formen die gradlinigen Formen aufgibt.

Als Gründe für die Wahl einer geschweiften Form können etwa folgende vorkommen:

1) Wenn man an dem Bockgerüste an gewissen Stellen noch andere Maschinentheile anzubringen oder zu befestigen hat, und diese Stellen so liegen, daß sie von den gradlinigen Schenkeln nicht aufgenommen werden könnten. Beispiele geben die Figuren 1 und 7 auf Tafel 36.

2) Wenn aus irgend einem Grunde der Platz zwischen den Schenkeln oder auch außerhalb der Schenkel noch anderweitig gebraucht wird, und man bei Anwendung gradliniger Schenkel entweder eine zu schmale oder eine zu breite Basis des Gerüsts bekommen würde. Als Beispiel mag Figur 6 auf Tafel 36 dienen.

3) Wenn das Bockgerüst für mehrere Zapfenlager zugleich dient, und wenn die Lage dieser Zapfenlager eine solche ist, daß man sie durch gradlinige Formen nicht in passender Weise miteinander in Zusammenhang bringen kann. Auch hier diene Figur 6 auf Tafel 36 als Beispiel.

4) Wenn die ganze Maschine sich in ihren einzelnen Theilen so zusammenbaut, daß die gradlinigen Formen des Bockgerüsts unharmonisch und störend erscheinen, und man vielmehr veranlaßt ist mit den Formen des Bockgerüsts den Hauptformen der Maschine zu folgen.

Wenn es nun also auch in den meisten Fällen angemessen sein wird, dem Bockgerüst gradlinige Schenkel zu geben, so ist man, sowohl in den Stellen, wo sich die Lager oder überhaupt die festen Punkte an das Gerüst anschließen, als auch da wo sich die Verbindungsrippen an die Schenkel ansetzen doch veranlaßt abgerundete Formen zu wählen; ja die Querrippen selbst macht man in sehr vielen Fällen in geschweiften und ausgerundeten Begrenzungen. Der Grund von dieser Anordnung ist theils der, daß die gradlinigen Schenkel, leichter und gefälliger durch abgerundete Uebergänge an jene Theile sich anschließen lassen, theils aber auch die allgemeine Regel bei Gussstücken jeden scharfen Knick und alle scharf einspringenden Winkel möglichst zu vermeiden, weil sie sich nur mit Mühe scharf und richtig formen lassen, endlich aber auch die Rücksicht auf die nach dem Erkalten des Gusses ent-

stehenden Spannungsverhältnisse des Gufsstückes. Die gebogenen Rippen geben leichter nach und behalten in der Regel nicht eine so beträchtliche Spannung, als die geradlinigen Rippen, welche die gegenüberliegenden Punkte des Bockgerüsts auf dem kürzesten Wege verbinden.

Jedenfalls erfordert eine zweckmäßige, ansprechende und gefällige Formgebung eines Bockgerüsts eine gewisse Uebung und Umsicht, und einen nicht ungebildeten Sinn für Formen.

In Folgendem sind einige einfache Bockgerüste für Zapfenlager größtentheils ausgeführten Maschinen entnommen, beschrieben.

Taf. 36. Fig. 1. Taf. 36. Fig. 1 ist ein Bockgerüst für die Schwungradwelle einer Dampfmaschine, welches bereits oben S. 383 erörtert worden ist.

Taf. 36. Fig. 2. Taf. 36. Fig. 2 stellt ein Bockgerüst mit zwei Zapfenlagern vor. Fig. 2a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 2b die Seiten-Ansicht, und Fig. 2c ein Durchschnitt nach der Linie *cd* in Fig. 2a um die Querschnittsform der Verstärkungsrippe zu zeigen. Diese drei Figuren sind in $\frac{1}{12}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Das hier dargestellte Bockgerüst dient zur Unterstützung einer Dampfwinde. Das obere Lager nimmt die Zapfen für die Welle der Windetrommel auf, das untere Lager dagegen trägt eine Vorgelegswelle, beide Wellen sind durch Stirnräder mit einander in Zusammenhang gebracht. Es sind zwei solcher Gerüste vorhanden, welche parallel zu einander aufgestellt, und in einem Abstände von 3 Fufs und 10 Zoll von einander befestigt sind. Zwei schmiedeeiserne Spannstangen, welche durch die Ansätze *mn* gehen, sichern die richtige Stellung der Gerüste zu einander. Die untere Welle (Vorgelegswelle) ist zugleich die Kurbelwelle für die zum Betriebe dienenden oscillirenden Dampfmaschinen, welche ihren Platz zwischen den Schenkeln des Gerüsts finden, und mit ihren Kolbenstangen unmittelbar an die Kurbeln greifen, die an den beiden Enden der Vorgelegswelle befestigt sind. Die Stellung der Kurbeln ist, beiläufig bemerkt, so gewählt, dafs sie mit einander einen rechten Winkel bilden, dafs also stets wenn die eine auf dem todtten Punkt ist, die andere sich in voller Wirkung befindet.

Taf. 36. Fig. 3. Taf. 36. Fig. 3 zeigt ein kleines Bockgerüst, und zwar Fig. 3a die Vorder-Ansicht, Fig. 3b die obere Ansicht, und Fig. 3c den Querschnitt eines Schenkels nach der Linie *ef* in Fig. 3a; sämtliche Figuren sind in $\frac{1}{10}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Zwischen den Schenkeln des Bockgerüsts befindet sich in der Basis eine Verbindungsrippe; aber nur die Enden der Flanschen,

mit welchen der Bock aufsteht, sind bearbeitet, während die Verbindungsrippe etwas zurücktritt. Die Zeichnung stellt zugleich dar, wie der Bock auf einem gußeisernen Balken von T-förmigem Querschnitt befestigt ist. Um das Bocklager genau einstellen zu können ist der Balken mit Knaggen versehen, zwischen denen mittelst eingetriebener Keile der Bock seitwärts verschoben werden kann. Die Bolzenlöcher für die Befestigungsschrauben in dem unterstützenden Balken müssen etwas länglich sein.

Taf. 36. Fig. 4 gibt ein kleines kombiniertes Bocklager für zwei liegende Wellen. Fig. 4a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 4b ist ein Horizontalschnitt nach der Linie gk in Fig. 4a; beide Figuren sind in $\frac{1}{6}$ der natürlichen GröÙe gezeichnet. Die Befestigung des Bocklagers auf der Unterlage wird durch 4 Befestigungsschrauben bewirkt, deren Bolzenlöcher in der Fußplatte des Bockgerüsts verstärkt sind, wie dies bei p und q ersichtlich ist. Taf. 36
Fig. 4.

Die in den beiden Lagern befindlichen Drehaxen können beispielsweise Führungsrollen tragen, oder sonst auf irgend eine Weise mit einander im Zusammenhange stehen; jedenfalls ist diese sehr einfache Kombination für mancherlei Fälle brauchbar.

Taf. 36. Fig. 5 zeigt ein starkes Bocklager für einen gußeisernen Zapfen von 10 Zoll Durchmesser. Fig. 5a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 5b ein Vertikalschnitt nach der Linie ik in Fig. 5a und Fig. 5c ein Horizontalschnitt nach der Linie lm in Fig. 5a; alle drei Figuren sind in $\frac{1}{20}$ der natürlichen GröÙe gezeichnet. Taf. 36.
Fig. 5.

Die Lagerfutter bestehen hier aus vier Lagerschaalen, ohne vorspringende Ränder; um jedoch die seitliche Verschiebung aufzuheben, ist jede dieser Lagerschaalen in der Mitte mit einer vortretenden Rippe (Feder) versehen, welche in eine Nuth der Lagerhöhle eingreift. Durch Anziehen der Deckelschrauben wird nun die in dem Lagerdeckel befindliche Lagerschaale nachgespannt, während die Seitenschaalen keine besondere Vorrichtung zum Anziehen besitzen. Es ist also bei der Konstruktion dieses Lagers vorausgesetzt, daß der auf den Zapfen wirkende Druck nur nach oben oder nach unten gerichtet ist, aber nicht seitwärts, und daß die seitwärts eingelegten Lagerschaalen nur zur Führung des Zapfens dienen; gleichwohl ist das Lager durch die schrägen Seitenrippen, auch gegen Seitendruck abgestrebt. Auf dem Lagerdeckel, welcher durch vier Deckelschrauben angezogen werden kann, befindet sich ein geräumiger Schmiernapf.

Taf. 36. Fig. 6 stellt einen Lagerbock für zwei Zapfenlager liegender Wellen vor. Fig. 6a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 6b die Taf. 36.
Fig. 6.

Seiten-Ansicht, Fig. 6c ein Horizontalschnitt nach der Linie no in Fig. 6a. Diese drei Figuren sind in $\frac{1}{12}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Den hier gezeichneten Lagerböcken gegenüber und parallel zu denselben ist ein zweiter Bock aufgestellt, der insofern einfacher ist, als er die beiden Lager nicht zu enthalten braucht, sondern nur den oberen Theil des hier gezeichneten Bockes. Ueber beide Böcke wird oben bei r ein hölzerner Balken gelegt, und durch die Schraubenbolzen ss befestigt. Dieser Balken nimmt in der Mitte seiner Länge das obere Lager einer stehenden Welle auf, die von unten herauf kommt und ein großes konisches Rad trägt, und zwar gerade da, wo der Lagerbock bei AB ausgebogen ist, um für dieses Rad Platz zu gewähren. In das genannte große konische Rad greift ein kleineres konisches Rad ein, welches auf der Welle C sitzt, und die Bewegung mittelst Stirnräder auf eine liegende Welle überträgt, deren Lager bei D ist. Man sieht, wie hier wegen des großen konischen Rades, welches zwischen den Schenkeln des Bockgerüstes Platz finden soll, diese Schenkel zurückgezogen sind, und wie in einfacher Weise das Lager C , das in geringer Entfernung über der Basis des Bockgerüstes angebracht sein muß, an diese Schenkel sich anschließt.

Taf. 36.
Fig. 7.

Taf. 36. Fig. 7 zeigt ein sehr leichtes Bockgerüst für eine Handpumpe. Fig. 7a ist die Vorder-Ansicht, Fig. 7b die Seiten-Ansicht, und Fig. 7c ein Horizontalschnitt nach der Linie pq in Fig. 7a. Diese sämtlichen Figuren sind in $\frac{1}{10}$ der natürlichen Gröfse gezeichnet.

Es sind zwei solche Bockgerüste parallel zu einander aufgestellt, und bei yy' , zz' durch schmiedeeiserne Querbolzen mit einander verbunden. Zwischen beiden Gerüsten steht eine kleine doppelwirkende Druckpumpe, deren Kolbenstange in einer Geradföhrung geht, welche bei xx an den beiden Bockgerüsten angebracht ist. Oben liegt bei w eine gekröpftte Welle, durch welche die Pumpenstange und der Kolben der Pumpe bewegt werden, und zwar durch Arbeiter mittelst Kurbeln, die auf den Enden der Welle w befestigt sind; außerdem sitzt auf dieser Welle ein kleines Schwungrad zur Ausgleichung der Bewegung. Das Ganze ist unter Leitung des Verfassers in der mechanischen Werkstatt des Königlich Gewerbeinstituts zu Berlin konstruirt und ausgeführt worden.