

## Drittes Kapitel.

# Keilungen.

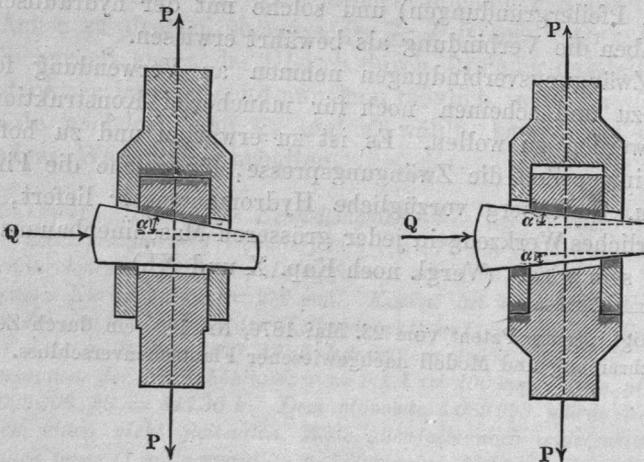
§. 66.

## Der Verbindungskeil.

Die einfachste Keilverbindung oder Keilung besteht aus drei Theilen, nämlich den zwei zu verbindenden Körpern und dem Keil. Mit der Richtung, in welcher beim Gebrauche des Keiles die zu verbindenden Körper aneinander entlang gleiten, schliesst

Fig. 182.

Fig. 183.



der Keil an einer oder an beiden Profilseiten einen stumpfen Winkel oder mit seiner Schubrichtung einen spitzen Winkel ein. Die trigonometrische Tangente dieses Winkels heisst der Anzug des Keiles. Hiernach sind Keilungen mit einseitigem und solche mit

zweiseitigem Anzug zu unterscheiden, siehe Fig. 182 und 183. Für letztere nehmen wir hier die Anzüge an beiden Seiten stets gleich gross an.

- Bezeichnet  $\alpha$  den Anzugswinkel,
- $P$  die von der Keilung auszuübende Kraft,
- $Q$  die den Keil eintreibende, die Verbindung schliessende Kraft, normal zu  $P$  gerichtet,
- $Q'$  die entgegengesetzt gerichtete, die Verbindung lösende Kraft,
- $f = tg \varphi$  den Koeffizienten für die Reibung zwischen den Flächen der drei Theile,

so hat man bei der Keilung mit einseitigem Anzug:

$$\left. \begin{aligned} Q &= P tg (\alpha + 2 \varphi) \\ Q' &= P tg (2 \varphi - \alpha) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (67)$$

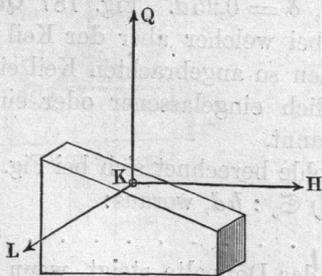
Damit  $Q'$  nicht negativ wird, die Keilung also nicht von selbst aufgeht, muss  $\alpha < 2 \varphi$  sein. Für  $f = 0,1$  ergäbe dies  $tg \alpha < \frac{1}{5}$ . Bei der Keilung mit zweiseitigem Anzug wird (annähernd):

$$\left. \begin{aligned} Q &= P 2 tg (\alpha + \varphi) \\ Q' &= P 2 tg (\varphi - \alpha) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (68)$$

Hier ist somit jeder einzelne Anzug unterhalb des Betrages von  $f$  zu halten, damit die Verbindung sich nicht von selbst öffnet. Der Gesamtanzug kommt also auf ungefähr denselben Minimalwerth zu stehen, wie im vorigen Falle.

In der Praxis findet man bei Keilen, welche eine dauernde Befestigung gewähren sollen, den Gesamtanzug  $\frac{1}{30}$ ,  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{100}$  und gar noch kleiner, bei solchen, welche öfter gelöst werden sollen,  $\frac{1}{24}$  bis  $\frac{1}{12}$  und stellenweise bis  $\frac{1}{6}$ .

Fig. 184.



Die Belastung des Keiles durch die auf Trennung der Verbindung wirkende Kraft  $P$  kann in den verschiedensten Richtungen auf den Keil einwirken, je nachdem man denselben anordnet. Drei Hauptbelastungsrichtungen, jede positiv und negativ, können unterschieden werden. Die erste ist die quer zur

Grundfläche stehende,  $QK$ , Fig. 184, auch  $P$  in Fig. 182 und 183; den für diese Belastungsweise berechneten Keil nennt man einen

Querkeil. Die zweite ist die quer zur Längenebene  $KHQ$  stehende  $KL$ ; einen dafür berechneten Keil nennt man Längskeil. Die dritte Belastungsrichtung ist diejenige quer zur Höhenebene  $QKL$ ,  $HK$ , Fig. 184; man kann entsprechend den beiden üblichen vorgenannten Beziehungen den so belasteten Keil einen Höhenkeil nennen.

## §. 67.

## Querkeilverbindungen.

Die in Fig. 185 dargestellte Querkeilverbindung kommt häufig zur Anwendung. Schmiedeiserne Stange und schmiedeiserne Keil, gusseiserne Hülse. Gleichzeitige Beanspruchungen durch die an der Stange ziehende Kraft  $P$  sind: die des Keiles auf Biegung nach Fall VIII, S. 12 (Spannung  $\mathfrak{S}_1$ ), die des Keiles auf Abscheeren an der inneren Hülsenwand (Spannung  $\mathfrak{S}_2$ ) und die der Stange auf Zug in den segmentförmigen Querschnitten neben dem Keilloch (Spannung  $\mathfrak{S}_3$ ). Setzt man wieder gemäss §. 2  $\mathfrak{S}_2 = 0,8 \mathfrak{S}_1$  und  $\mathfrak{S}_1 = \mathfrak{S}_3$ , so kommt:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{6}{5} d \\ b &= 0,267 d \sim \frac{d}{4} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (69)$$

Wählt man noch  $h_1 = 0,8d$ ,  $h_2 = d$ ,  $\delta = 0,5d$ , so erhält man brauchbare Abmessungen. Fig. 186 Schiftung zweier schmiedeiserne Stangen mittelst zweier Querkeilungen. Hier ist eine schmiedeiserne Hülse vorausgesetzt,  $\delta = 0,25d$ . Fig. 187 Querkeilverbindung ähnlich der ersten, bei welcher aber der Keil vor die Hülse gesetzt ist; man kann den so angebrachten Keil einen Vorsatzkeil nennen. Fig. 188 seitlich eingelassener oder eingestrichener Keil, auch Streifkeil genannt.

Der Flächendruck auf die Keilsole berechnet sich bei Fig. 185 auf  $p = P : bd = (0,785 d^2 - bd) \mathfrak{S}_3 : bd$ , woraus:

$$p = 2,14 \mathfrak{S}_3 \dots \dots \dots (70)$$

ein ziemlich hoher Werth, der auf das Doppelte steigt, wenn wie bei Fig. 186,  $\delta = 0,25d$  gemacht wird. Noch höher steigt der Flächendruck bei dem Streifkeil, Fig. 188, weshalb bei dessen Anwendung  $\mathfrak{S}_3$  besonders niedrig zu wählen ist. Soll die Verbin-

dung öfter gelöst werden, so ist  $p$  jedenfalls klein zu halten. Dies gelingt einestheils durch Herabziehen von  $\mathfrak{S}_3$ , vermöge Anwendung

Fig. 185.

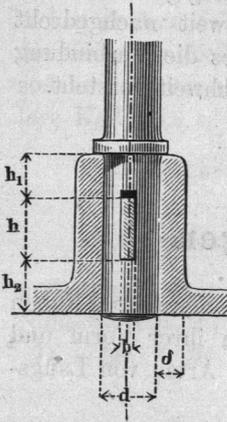


Fig. 186.

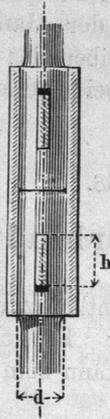


Fig. 187.

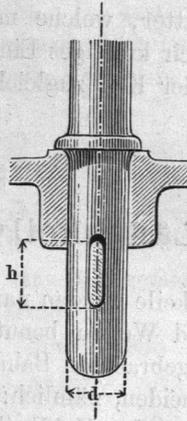
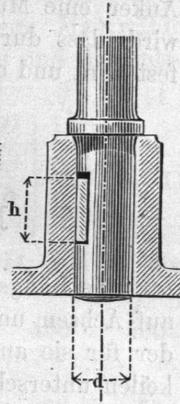


Fig. 188.



eines grösseren Querschnittes neben dem Keilloch, anderentheils durch Einfügung von Unterlegekeilen oder sogenannten Zulagen, siehe Fig. 189. Der Keil kann dann auch niedriger genommen

Fig. 189.

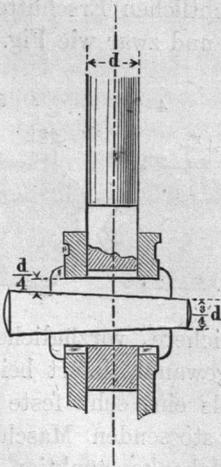
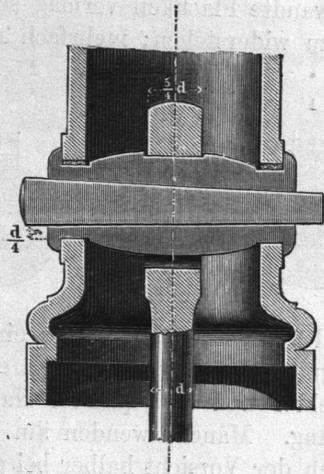


Fig. 190.



werden, als vorhin. Vorliegende Verbindung findet sich u. a. bei Wasserrädern an den Spannstangen benutzt.

Fig. 190 (a. v. S.) Keilverbindung für einen Grundanker. Die Zulagen dienen hier wesentlich zur Verstärkung. Berechnung nach §. 12, am besten indem den drei Stücken gleiche Höhe in der Mitte gegeben wird. Unten in der Grundmauerung gibt man dem Anker eine Mutter, welche mit der Hand soweit nachgedreht wird, dass durch kräftiges Eintreiben des Keiles die Verbindung fest wird und der Keil zugleich beiderseits gleichweit vorsteht.

## §. 68.

## Längskeilverbindungen.

Die Längskeile werden namentlich zur Befestigung von Naben auf Achsen und Wellen benutzt. Hinsichtlich ihrer Form und der für sie angebrachten Bahn kann man drei Arten von Längskeilen unterscheiden, nämlich:

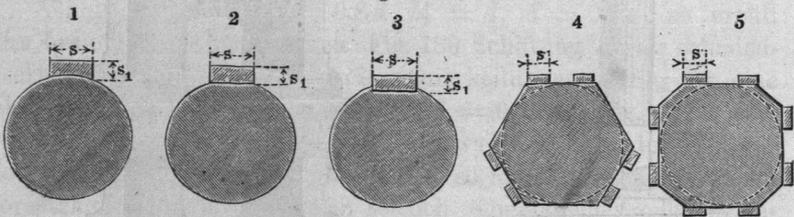
ausgekehlte oder Hohlkeile, Fig. 191, 1;

flach aufgesetzte oder Flachkeile, Fig. 189 2, 4, 5,

und versenkte Keile, Fig. 189, 3.

Der Hohlkeil dient für leicht zu befestigende, stossfrei arbeitende Theile, namentlich die Riemscheiben; er rüft durch seinen Druck die Wirkung einer Zwängung hervor. Der einfach angewandte Flachkeil vermag schon beträchtlichen Erschütterungen zu widerstehen; mehrfach angewandt, und zwar wie Fig. 191,

Fig. 191.



4 und 5 andeuten, liefert er eine völlig sichere, vorzügliche Befestigung. Der versenkte Keil, einfach angewandt, liefert bei ausgedrehter und aufgespaster Nabe ebenfalls eine sehr feste Verbindung. Manche wenden ihn bei stark stossenden Maschinenteilen der Vorsicht halber bei derselben Nabenkonstruktion auch mehrfach an.

In den Abmessungen der Keile finden, da es sich hier um ein fast völlig empirisches Verfahren handelt, starke Schwankun-

gen statt; mit den folgenden Vorschriften reicht man indessen für die gewöhnlichen Fälle aus. Zunächst ist als Material nur Stahl zu empfehlen; sodann ist zu unterscheiden, ob die aufzukeilende Nabe bloss einfach getragen wird, oder ob sie auch die Achse noch auf Torsion beansprucht. Im ersteren Falle mögen die Keile Tragkeile, im zweiten Torsionskeile heissen. Man wähle sodann bei der Achsenkopfdicke  $D$  die Keilbreite  $s$  und die mittlere Keildicke  $s_1$  wie folgt:

$$\left. \begin{array}{l} \text{beim Tragkeil: } s = 6 + \frac{D}{7}, s_1 = 4 + \frac{D}{12} \\ \text{beim Torsionskeil: } s = 4 + \frac{D}{5}, s_1 = 4 + \frac{D}{10} \end{array} \right\} \dots (71)$$

und nehme den Anzug, welcher einseitig gemacht und in die Nabe verlegt wird,  $= \frac{1}{100}$ . Man erhält bei:

$D = 30 \quad 50 \quad 100 \quad 150 \quad 200 \quad 300 \quad 400 \quad 500$

für den Tragkeil:

$s = 10$	13	20	27	35	49	63	77
$s_1 = 7$	8	12	17	21	29	37	46

für den Torsionskeil:

$s = 10$	14	24	34	44	64	84	104
$s_1 = 7$	9	14	19	24	34	44	54

Für  $D < 30$  mm nehme man  $s = \frac{D}{3}$ ,  $s_1 = \frac{D}{5}$ . Wenn mehr als

ein Keil angewandt wird, so behalten Viele doch die Dimensionen des einfachen Keiles bei. An Naben, welche aufgezwingt werden, und deshalb schon ohne Keil fest sitzen, finden sich kleine Dimensionen für die Torsionskeile; man bediene sich dann etwa derjenigen für die Tragkeile.

## §. 69.

### Höhenkeilverbindungen.

Steht die Belastung eines Keiles rechtwinklig zu dessen Höhenebene, so ist der Unterschied zwischen der positiven und negativen Krafrichtung wesentlich. Bei der Belastung  $H$ , Fig. 192 (a. f. S.), ist die Verbindung unsicher. Dieselbe wirkt nur so weit, als der

Keil eine Zwängung zwischen den beiden zu verbindenden Stücken herbeiführt. Die entgegengesetzte Kraft  $H'$  dagegen bewirkt, wenn die Sohlfläche des Keiles rauh, die schräge Fläche glatt ist, eine Schliessung der Verbindung. Eine Anwendung der Höhenkeilung ist in derjenigen des Bogenkeiles von Kernaul zu finden, Fig. 193. Dieselbe dient zur Befestigung von Naben auf Triebwellen. Dreht sich die Hülse gegen den Kern in der Richtung

Fig. 192.

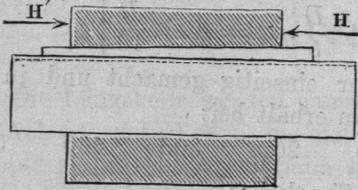
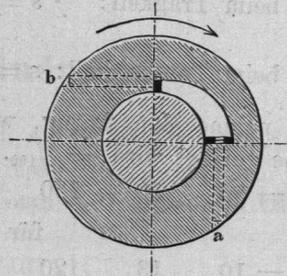


Fig. 193.



des beigezeichneten Pfeiles, so wirkt sie wie  $H'$  in vorigem Falle auf Schliessung und die Verbindung ist brauchbar. Zum Antreiben des Keiles dient die eine versenkte Schraube bei  $a$ , zum Lösen die andere bei  $b$ . Vergl. weiter unten bei den Kupplungen.

## §. 70.

### Keilverbindungen an der Schiffsschraube.

Bei den Triebschrauben der Dampfer werden sehr sorgfältig ausgebildete Keilverbindungen angewandt. Fig. 194 zeigt die Rennie'sche Befestigung der Flügel einer (zweiflügeligen) Griffith-Schraube. Hier ist ein Querkeil angewandt, der durch einen dem Flügel angegossenen cylindrischen Zapfen hindurchgeht und durch vier Stück Querkeile so eingestellt wird, dass die Steigung der Schraube den angemessenen, durch Versuche ermittelten Werth erhält. Die Nebenkeile werden durch aufgeschraubte Kappen in ihrer Lage erhalten, gesichert. (Vergl. §. 71). Flügel und Nabe bestehen aus Bronze.

1. *Beispiel.* Bei einer Ausführung von Penn u. Son ist  $d = 380$ ,  $h = 190$ ,  $b = 64$  mm.

Fig. 194.

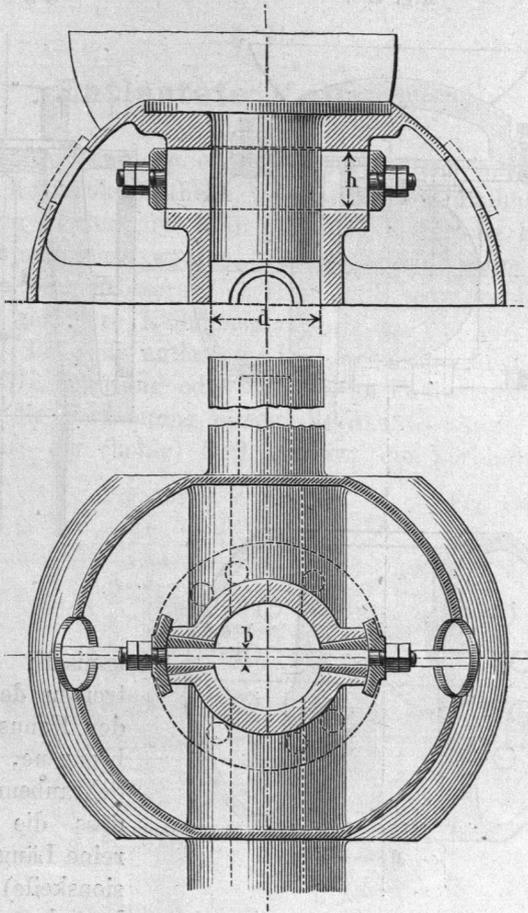


Fig. 195 (a. f. S.). Befestigung der Schraubennabe auf der Welle, angewandt von Maudslay Sons und Field, Ravenhill u. Hodgson u. A. Zwei Streifkeile, welche durch das Auftreiben der Nabe auf den Wellenkopf Querbelastung, durch den Druck des Wassers auf die Schraubenflügel Höhenbelastung erfahren, dienen als Befestigungsteile. Die Nabe besteht aus Bronze.

2. *Beispiel.* Beim „Lord Warden“ ist  $d$  im Mittel 483,  $l = 1346$ ,  $h = 218$ ,  $b = 80$  mm; beim „Lord Clyde“  $d = 512$ ,  $l = 1372$ ,  $h = 254$ ,  $b = 76$  mm.

Fig. 196. Befestigung der Schraubennabe mittelst zweier einander gegenüberstehender Längskeile. Der Wellenkopf ist stark

Fig. 195.

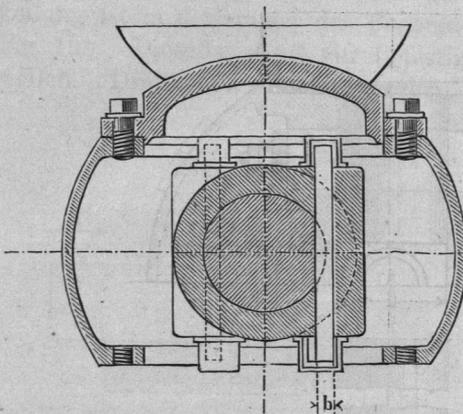
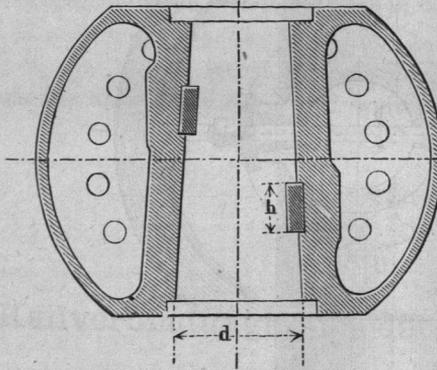
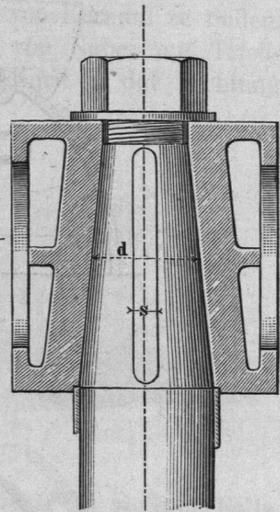


Fig. 196.



konisch; zum Auf-treiben der Nabe auf den Konus dient eine bronzene, achtseitige Schraubenmutter, so-  
dass die Keile als reine Längskeile (Torsionskeile) zur Wirkung kommen.

3. Beispiel. Auf dem „Minotaur“, dessen Maschine von Penn u. Son erbaut, ist  $d$  im Mittel 470,  $l = 1216$ ,  $s = 76$  mm.

Der gewöhnliche Querkeil und der Vorsatzkeil werden ebenfalls zur Befestigung der Schraubennabe benutzt\*).

\*) Vergl. über den Gegenstand N. P. Burgh, Modern Screw Propulsion, London 1869.

## §. 71.

## Entlastete Keilungen.

Die Kraft  $P$ , welche einer Keilverbindung ausgesetzt ist, kann durch Konstruktionsteile, welche vom Keil unabhängig sind, aufgenommen werden; die Keilverbindung als solche kann dann als entlastet angesehen werden. Solche Verbindungen gewähren naturgemäss eine grössere Sicherheit und beanspruchen in der Regel weit geringere Keilabmessungen, als die bis dahin besprochenen. Beispiele entlasteter Keilungen sind folgende.

Fig. 197. Schiftung oder Schloss, an Pumpengestängen gebräuchlich; die Verzahnung nimmt die das Gestänge belastende Zugkraft auf; der (hohle) Keil schliesst die Verbindung, ohne

Fig. 197.

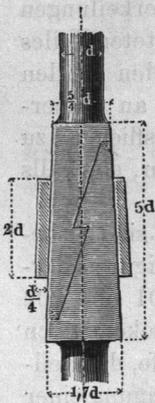


Fig. 198.

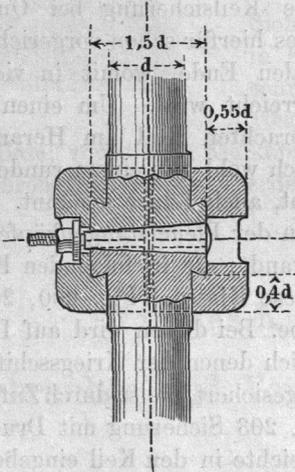
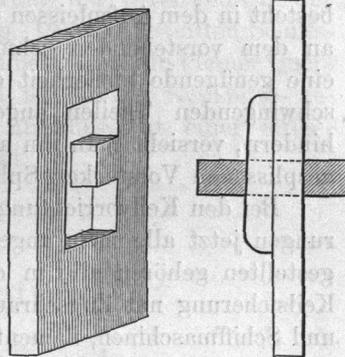


Fig. 199.



von der Zugkraft belastet zu werden. Fig. 198 Gestängeschloss von Wiedenbrück\*). Die Hülse ist hälftig ausgeführt; ihre nach innen tretenden konischen Ränder nehmen die Zugkraft auf. Fig. 199 Verbindung zweier einander kreuzenden flachen Stangen

\*) Deutsches Reichspatent Nr. 1507. Vergl. auch die unter Nr. 510 patentirten Einrichtungen an Gestängeschlossern von H. Rademacher.

von Bayliss\*). Durch Entlastung lässt sich auch die Höhenkeilung Fig. 192 H, zu einer sicheren Verbindung gestalten, wie oft geschieht.

### §. 72.

## Keilsicherungen.

Damit ein Keil nicht durch die ihn statisch belastende Kraft gelöst werde, muss der einseitige Anzug etwas kleiner als  $\frac{2}{10}$ , der symmetrisch angebrachte zweiseitige auf jeder Seite etwas kleiner als  $\frac{1}{10}$  sein, wenn der Reibungskoeffizient  $\frac{1}{10}$  vorausgesetzt wird. Stöße und rüttelnde Bewegungen lösen aber dennoch so eingerichtete Keilverschlüsse, wenn nicht der Anzug bedeutend kleiner, als soeben angegeben, gemacht wird. Um sich dagegen zu schützen und unter Umständen auch beliebig grössere Anzüge benutzen zu können, wendet man Sicherheitsvorkehrungen an.

Die häufigst angewandte Keilsicherung bei Querkeilungen besteht in dem Aufspalten des hierfür schon vorgerichteten Keiles an dem vorstehenden schmalen Ende, womit in vielen Fällen eine genügende Sicherheit erreicht wird. Um einen an umherschwingenden Theilen angebrachten Keil am Herausfliegen zu hindern, versieht man ihn auch wohl mit einem runden, ebenfalls gesplissenen Vorstecker, Splint, auch Lünse genannt.

Bei den Keilvorrichtungen der Pleuelstangenköpfe sind Sicherungen jetzt allgemein angewandt; die in folgenden Figuren dargestellten gehören alle in diese Klasse. Fig. 200, 201, und 202 Keilsicherung mit Zugschraube. Bei diesen wird auf Lokomotiven und Schiffmaschinen, namentlich denen der Kriegsschiffe, die Keilsicherungsschraube abermals gesichert, meist durch Zufügung einer Gegenmutter (Kap. IV.). Fig. 203 Sicherung mit Druckschraube; diese letztere greift in eine seichte in den Keil eingebaute Rinne, welche selbst bei nicht genügendem Festdrücken jedenfalls das Herausfliegen des Keiles hindert, ein. Die Rinne ist auch dafür schon zweckmässig, dass die durch das Anpressen der Schraube etwa entstehenden Gräte nicht im Keillager stören können.

\*) Vom Erfinder für Gitter, Gebege u. dergl. angewandt, s. Pract. Mech. Journal, Vol. III, 3. Ser., S. 342.

Fig. 204 Sicherung mit Klemmschraube. Durch die Schraube werden zwei besondere, durch andere Theile an Längsverschiebung

Fig. 200.

Fig. 201.

Fig. 202.

Fig. 203.

Fig. 204.

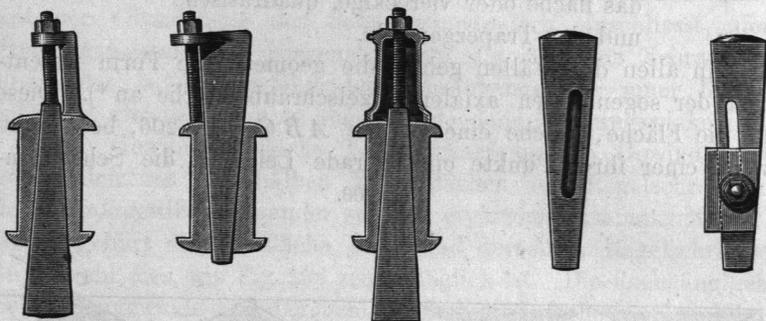
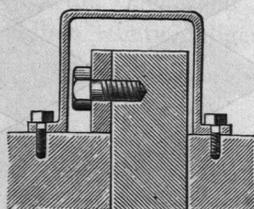


Fig. 205.



gen gehinderte Klötze fest auf den Keil gezwängt; die Schraube geht durch einen den Keil quer durchsetzenden Schlitz.

Fig. 205 zeigt Maudslay's Sicherung der Streifkeile in der in Fig. 195 dargestellten Schiffschraubennabe. Ein kleiner Querriegel ist an die Keilspitze geschraubt, diese, sowie der Keilkopf überdies mit einer aufgeschraubten bronzenen Kappe überdeckt.

schraubt, diese, sowie der Keilkopf überdies mit einer aufgeschraubten bronzenen Kappe überdeckt.

## Viertes Kapitel.

### Schrauben und Verschraubungen.

#### §. 73.

### Geometrische Grundform der Mutterschraube.

Im Maschinenbau werden die Mutterschrauben zu drei Zwecken benutzt: zum Verbinden oder Befestigen, zum Pressen und zum Uebertragen von Bewegungen. Hier werden nur die beiden ersten