

Dauer die Schrauben nie stärker als mit einem Zehntel bis einem Sechstel desjenigen Drucks zu belasten, durch welchen sie ausgerissen werden würden.

## D. Zusammenkeilen.

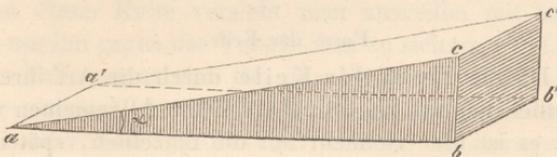
### Prinzip des Zusammenkeilens.

§ 49. Das Zusammenkeilen (fr. *coigner* — engl. *wedging*) findet im Maschinenbau als Befestigungsmittel zwar nicht eine so ausgedehnte Anwendung, wie das Zusammenschrauben, wird indessen in vielen Fällen als Ersatz für das letztere angewendet, da es, wie dieses, den Vortheil einer grossen Haltbarkeit mit der Möglichkeit einer leichten Lösung der Befestigung verbindet.

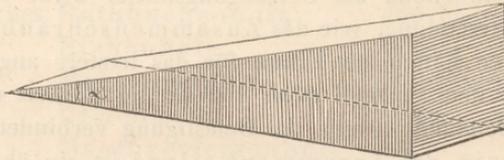
Das Prinzip des Zusammenkeilens ist ein ähnliches, wie dasjenige des Zusammenschraubens, und besteht darin, dass man die, aneinander zu befestigenden Theile mittelst eines Keils (fr. *coin* — engl. *wedge*) fest aneinander presst, so dass die hierdurch erzeugte Reibung gross genug ist, um einer Verschiebung in der Richtung der Fuge zu widerstehen. Die Trennung in einer Richtung normal zur Fuge wird bei diesem Befestigungsmittel gewöhnlich durch eine eigenthümliche Gestaltung der aneinander zu befestigenden Stücke, oder durch eine eigenthümliche Form des Keiles, oder endlich durch ein anderes Befestigungsmittel, gewöhnlich durch Schrauben, verhindert.

Der Keil gehört, in Bezug auf seine statische Bedeutung wie die Schraube, zu den sogenannten einfachen Maschinen, und tritt häufig als selbstständige Maschine auf, z. B. bei Pressen, bei Hebemaschinen, bei schneidenden Werkzeugen, beim Spalten von Holz etc. Jedem Keil liegt eine schiefe Ebene zum Grunde, und ein Befestigungskeil ist eben nur die technische, materielle Darstellung einer schiefen Ebene, entweder aus Eisen oder einem andern Metall, oder auch aus Holz.

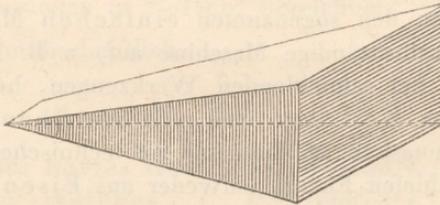
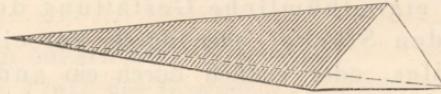
Denkt man sich die schiefe Ebene, welche dem Keil zum Grunde liegt, so nennt man den Winkel  $\alpha$  den Neigungswinkel, oder



den Schneidewinkel des Keils; die Linie  $aa'$  die Schneide oder Schärfe des Keils; die Flächen  $abb'a'$  und  $acc'a'$  die Seiten oder Flanken des Keils; die Ebene  $bcc'b'$  den Rücken oder Kopf des Keils, und endlich den normalen Abstand  $ab$ , des Rückens von der Schneide die Höhe des Keils; während man unter der Dicke die Dimension  $bc$ , unter der Breite des Keils die Dimension  $bb'$  versteht. Ein solcher Keil, dessen eine Flanke normal zum Rücken steht, heißt ein einfacher Keil, im Gegen-



satz zu dem doppelten oder zusammengesetzten Keil, welcher eigentlich aus zwei einfachen, mit der normalen Flanke zusammenhängenden Keilen besteht. Man kann endlich noch einen dreifachen und vierfachen Keil unterscheiden, wenn derselbe die



Gestalt einer dreiseitigen oder vierseitigen Pyramide, oder eines pyramidenähnlichen Körpers bekommt. Als Befestigungskeil ist der einfache und doppelte Keil vorzugsweise üblich.

#### Form der Keile.

§ 50. Da die Form der Keile durch die Art ihrer Verwendung wesentlich bedingt ist, so läßt sich im Allgemeinen wenig darüber sagen; es ist hier vielmehr auf die einzelnen, später abzuhan-

delnden Befestigungsarten zu verweisen. Nur so viel sei hier bemerkt, daß man die Keile behufs ihrer Anwendung entweder:

- a) in einen Spalt, einen Schlitz etc. des einen der zu befestigenden Theile gewöhnlich normal zur Längenrichtung desselben steckt, oder
- b) zwischen die beiden Befestigungstheile, unabhängig von jedem derselben, einklemmt.

Im ersten Falle pflegt man den Keil einen Splint (fr. *clavette* — engl. *splint, peg*) zu nennen; häufig dient ein solcher Splint nur dazu, das Herausfallen oder Herausziehen des einen Theils aus dem andern zu verhüten, und dann nennt man ihn einen Vorstecknagel (fr. *clavette* — engl. *fore-lock*); zuweilen nimmt er in diesem Falle, namentlich bei kleinen Ausführungen, die Gestalt eines konischen Stiftes an, Vorsteckstift (fr. *goupille* — engl. *pin*).

Die Splinte sind gewöhnlich einfache Keile; man benutzt sie nach Art der Fig. 10 auf Taf. 6, um mittelst besonderer Bolzen, Splintbolzen, zwei Stücke aneinander zu befestigen. Diese Befestigungsart wird namentlich dann gewählt, wenn es nicht möglich ist, einen Schraubenbolzen anzuordnen, etwa weil der Raum mangelt, die Mutter anzuziehen, oder, weil es auf eine schnelle und pünktliche Lösung der Befestigung ankommt. Ist es nöthig, zu verhindern, daß der Bolzen sich drehe, so kann man eines der, bei Gelegenheit der Schraubenbolzen angegebenen Mittel anwenden (§ 38 S. 73 und § 47), oder man kann auch, wie in Taf. 6. Fig. 11, in dasjenige Befestigungsstück, gegen welches der Splint anliegt, eine Vertiefung (Bahn, Splintbahn) ausarbeiten, in welche sich der Splint einlegt. Zuweilen ist es nöthig, den Splint bequem herausschlagen zu können, und dann giebt man ihm eine Nase (Taf. 6. Fig. 12).

Taf. 6. Fig. 13 zeigt einen Vorsteckstift.

Die Anwendung eines einfachen Keils zur Befestigung setzt immer voraus, daß auch der anliegende Theil nach der Neigung des Keils bearbeitet sei. Bei Splinten ist es häufig schwierig oder unbequem, die innere Fläche des Schlitzes in dieser Weise abzuschrägen; man hilft sich dann durch zwei einfache Keile, welche mit ihren schrägen Flächen aufeinander liegen (Taf. 6. Fig. 14). Den einen dieser Keile versieht man zuweilen mit hakenförmigen Ansätzen, um ihn gegen das Verschieben zu sichern (Taf. 6. Fig. 15). In diesem Falle nennt man ihn den Hakenkeil oder Gegenkeil (fr. *contre-clavette*), der andere Keil heißt im Gegensatz hierzu der Setzkeil oder Schliefskeil (fr. *clavette de serrage*). Von be-

Taf. 6.  
Fig. 10.

Taf. 6.  
Fig. 11.

Taf. 6.  
Fig. 12  
und 13.

Fig. 6.  
Taf. 14.

Taf. 6.  
Fig. 15.

sonderer Bedeutung ist ein solcher Hakenkeil für den Fall, wo der Keil in einem gabelförmigen Stücke befindlich ist; hier dient derselbe zugleich dazu, die gabelförmigen Enden zusammen zu halten. (Taf. 6. Fig. 16).

Taf. 6. Fig. 16. Will man Keile, welche nicht in Schlitze gesteckt sind, gegen Taf. 6. Fig. 17. das Herausfallen schützen, so giebt man ihnen die in Taf. 6. Fig. 17. angedeutete Form; der Querschnitt ist in diesem Falle ein Parallel-Trapez.

Im Allgemeinen macht man die Keile im Querschnitt quadratisch, rechteckig oder rund. Den Keilen von rechteckigem Querschnitt giebt man ein Seitenverhältniß von 1:2, oder von 3:5, und es richtet sich nach der Art ihrer Verwendung, ob man die kleinere, oder die gröfsere Dimension als Dicke, die andre als Breite des Keils gestaltet; im ersten Falle nennt man den Keil einen flachen (Taf. 6. Fig. 18), im andern einen hohen (Taf. 6. Fig. 19). Den Neigungswinkel des Keils  $\alpha$  macht man etwa  $2^\circ 20'$ , indem man nämlich die vollständige Höhe desselben  $ab$  gleich dem 25fachen seiner Dicke  $ac$ , oder die Ausladung  $a'c = \frac{1}{25} a'b'$  macht.

Taf. 6. Fig. 18 und 19. Die Befestigungskeile laufen selten in eine vollkommene Schneide aus, sondern sind gewöhnlich abgestumpft. Der Querschnitt dieser Abstumpfung hat etwa die halbe Dicke des Keilkopfs, und da hiernach

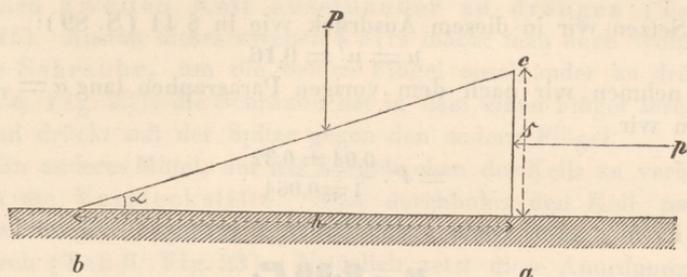
$$b'd = aa' = \frac{1}{2} ac = a'c = \frac{1}{25} l$$

ist, so folgt daraus, dafs man die Länge des Keils  $ad$   $12\frac{1}{2}$ mal so grofs zu machen habe, als seine Dicke am Kopf  $ac$ . Bei den hohen Keilen von dem Seiten-Verhältniß 1:2 des Kopfes ist daher der Querschnitt des verjüngten Endes ein Quadrat. Das Eintreiben der Keile geschieht gewöhnlich mittelst Schläge oder durch den Stofs; in einzelnen Fällen bedient man sich dazu besonderer mechanischer Vorrichtungen, z. B. der Schrauben, der Zahnstangen, Excentriks, Hebel etc.

#### Berechnung des Keils.

§ 51. Die statischen Bedingungen des Keils sind denen der Schrauben analog, da beide auf demselben Prinzip beruhen. Während jedoch bei der Schraube die Wirkung der Kraft in einer Ebene normal zu der Axe, als der Richtungslinie der Last oder des Widerstandes, erfolgt; fällt beim gewöhnlichen Keil die

Kraft, welche hier eine konstante Richtung (mit der Höhe des Keils parallel) hat, mit der Richtungslinie des Widerstandes in eine und dieselbe Ebene.



Nennt man die Höhe des Keils . . . . .  $h$ ,  
 die Dicke desselben . . . . .  $s$ ,  
 den in der Richtung von  $h$  wirkenden Druck . . .  $p$ ,  
 und den Druck in der Richtung normal zu  $h$  . . .  $P$ ,

so hat man nach dem Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten (vgl. Seite 86), ohne Rücksicht auf die Reibungs-Widerstände, für die Bedingung des Gleichgewichts:

$$ph = Ps,$$

$$p = P \frac{s}{h} = P \cdot \tan \alpha,$$

$$P = p \cdot \cot \alpha.$$

Zieht man die Widerstände der Reibung mit in Betracht, so hat man es mit folgenden Reibungen zu thun:

1) Aus dem Druck  $P$  resultirt gegen die Flanke des Keils der Normaldruck  $P \cdot \cos \alpha$ , aus dem Druck  $p$  der Normaldruck  $p \cdot \sin \alpha$ ; und die diesen Drucken entsprechende Reibung ist:

$$(P \cdot \cos \alpha + p \cdot \sin \alpha) \mu.$$

2) Auf der untern Flanke des Keils wirkt der Druck  $P$  mit dem Reibungswerth  $P\mu'$ .

Die Wege dieser Drucke während der Verschiebung des Keils um die Länge  $ab$  sind beziehlich  $bc$  und  $ab$ , und daher nach dem Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten

$$ph = Ps \pm (P \cdot \cos \alpha + p \cdot \sin \alpha) \mu \cdot bc \pm P\mu' \cdot h,$$

worin wieder die obern Vorzeichen gelten, wenn  $p$  den Druck  $P$  bewegen soll, die untern aber, wenn  $p$  nur dem Druck  $P$  das Gleichgewicht halten, oder  $P$  den Druck  $p$  bewegen soll. Es folgt hieraus:

$$p = P \cdot \tan \alpha \pm (P + p \cdot \tan \alpha) \mu \pm P \mu'$$

$$p = P \left\{ \frac{\tan \alpha \pm (\mu + \mu')}{1 \mp \tan \alpha \cdot \mu} \right\}.$$

Setzen wir in diesem Ausdruck wie in § 44 (S. 89):

$$\mu = \mu' = 0,16$$

und nehmen wir nach dem vorigen Paragraphen  $\tan \alpha = \frac{1}{25}$ , so haben wir

$$= P \cdot \frac{0,04 \pm 0,32}{1 \mp 0,064}.$$

Es folgt also, wenn  $p$  den Druck  $P$  erzeugen soll (+)

$$p = 0,36 P,$$

und, wenn  $P$  nur eben von  $p$  im Gleichgewicht gehalten werden soll (—):

$$p = -0,28 P.$$

Mittel, um eine unbeabsichtigte Lösung der Keile zu verhüten.

§ 52. Man sieht hieraus, daß auch bei dem Keil, wie bei der Schraube, ohne Weiteres der Druck  $P$  durch die Reibungs-Widerstände gehalten wird, und daß sogar noch ein Druck in der entgegengesetzten Richtung von  $p$ , welcher etwas über  $\frac{1}{4}P$  beträgt, dem Druck  $P$  zu Hilfe kommen muß, wenn der Keil gelöst werden soll. In den gewöhnlichen Fällen, wo der Druck  $P$  ein ruhiger und konstanter ist, wird man also nicht nöthig haben, den Keil gegen das Zurückgehen zu sichern. Dennoch können Umstände vorkommen, welche hier ähnliche Betrachtungen, wie bei den Schrauben, zulassen (§ 46), wo nämlich durch wiederholte Erschütterungen und Stöße die Reibungs-Widerstände allmählich verringert und überwunden werden, und der Keil sich losrüttelt. Man muß in solchen Fällen Sorge tragen, den Keil in seinem Sitz fest zu halten. Die Mittel, deren man sich hierzu bedient, sind im Wesentlichen folgende:

Eine sehr gewöhnliche Methode, die namentlich bei kleinen Splinten und bei wenig sauberer Arbeit angewendet wird, ist die, den Keil an der Schneide aufzuspalten, und ihn nach dem Eintreiben aufzubiegen (Taf. 6. Fig. 20). Der Keil ist aus weichem Eisen, und die Enden lassen sich, wenn man ihn wieder herausziehen will, zurückbiegen. — Obwohl diese Methode für manche Konstruktionen die einfachste und bequemste ist, so kann man sie doch nicht füg-

lich brauchen, wo das Herausnehmen des Keils häufig wiederholt werden soll. Man zieht es in diesem Falle vor, die aufgespaltenen Enden des Keils federnd zu machen, und sie durch einen eingetriebenen zweiten Keil auseinander zu drängen (Taf. 6. Fig. 21). Anstatt dieses zweiten Keils macht man auch wohl eine kleine Schraube, um die beiden Flügel auseinander zu drücken (Taf. 6. Fig. 22); die Schraube hat in dem einen Flügel ihre Mutter und drückt mit der Spitze gegen den andern Flügel. Taf. 6.  
Fig. 21.  
Taf. 6.  
Fig. 22.

Ein anderes Mittel, um das Zurückgehen des Keils zu verhüten, bilden die Vorsteckstifte. Man durchbohrt den Keil parallel mit den Flanken, und schlägt, nachdem er angetrieben, einen Stift hindurch (Taf. 6. Fig. 23). Natürlich setzt diese Anordnung immer voraus, daß der Keil genau bis zu einem Loch hindurch getrieben sei. Wenn es dabei auf möglichst genaue Stellung des Keils ankommt, so müßte man die Löcher sehr nahe neben einander bohren. Um jedoch mit derselben Entfernung der Löcher eine genauere Stellung des Keils zu erlangen, kann man die Konstruktion der Fig. 24 auf Taf. 6 wählen. Man theilt nämlich die Entfernung, welche auf dem Keil  $n$  Löchern entspricht, in  $n-1$ , oder in  $n+1$  Theile, und bohrt in diesen so gefundenen Entfernungen quer durch den Keilsitz Oeffnungen für den Vorsteckstift. Ist die Entfernung, welche man eingetheilt hatte  $= x$ , so ist die Entfernung der Löcher des Keils von einander  $\frac{x}{n}$ ; die Entfernung der Löcher des Keilsitzes  $\frac{x}{n-1}$ , resp.  $\frac{x}{n+1}$ ; die Differenz beider Entfernungen: Taf. 6.  
Fig. 23.  
Taf. 6.  
Fig. 24.

$$\frac{x}{n-1} - \frac{x}{n} = \frac{x}{n} \cdot \frac{1}{n-1}$$

$$\text{resp. } \frac{x}{n} - \frac{x}{n+1} = \frac{x}{n} \cdot \frac{1}{n+1}$$

Wäre in dem Keilsitz nur eine Oeffnung vorhanden, so würde, wenn eine Oeffnung des Keils mit derselben korrespondirte, eine Verschiebung von  $\frac{1}{n}x$ , gleich der Entfernung zweier Löcher, erforderlich sein, um ein Zusammenfallen der folgenden Keilöffnung mit jener des Keilsitzes zu bewirken. Bei der eben beschriebenen Einrichtung jedoch wird, wenn eine Oeffnung des Keils etwa mit No. 1 des Keilsitzes zusammenfiel, die folgende Oeffnung des Keils nur um  $\frac{x}{n} \cdot \frac{1}{n-1}$ , resp.  $\frac{x}{n} \cdot \frac{1}{n+1}$  von der Oeffnung

No. 2 entfernt sein, so daß es hier nur der Verschiebung dieses geringen Stückes bedarf, um die Oeffnung No. 2 korrespondirend zu machen.

Anstatt des eben angedeuteten Vorsteckstiftes wendet man auch zuweilen eine kleine Druckschraube an, welche man seitwärts gegen den Keil preßt. Taf. 6. Fig. 25).

Taf. 6. Fig. 25. Wo es der Platz gestattet, kann man einen besondern Klemmring um den Keil legen, welcher, nachdem der Keil angetrieben ist, fest geschraubt wird (Taf. 6. Fig. 26). Der Ring  $x$  liegt scharf an den Keilsitz an, und ist durch die Schraube  $y$  an dem Keil festgeklemmt. Wenn man die Oberfläche des Keils, welche durch eine direkt darauf einwirkende Schraube immer etwas leidet, schonen will, so legt man ein besonderes Klemmstück  $x$  ein (Taf. 7. Fig. 1), welches mittelst der Schraube gegen den Keil gedrängt wird.

Taf. 7. Fig. 1. In manchen Fällen ist es passend, das Zurückgleiten des Keils durch eine Sperr-Vorrichtung mit Zähnen zu verhüten (Taf. 7. Fig. 2). Die eine der Flanken des Keils trägt Sperrzähne, und an dem Keilsitz ist ein Sperrkegel befestigt.

Eine sehr gebräuchliche Methode, den Keil festzustellen, ist das Festschrauben desselben durch eine Schraube, welche den Keil nach seiner Längenrichtung drückt, und ihn fest in seinen Sitz schiebt. Gewöhnlich macht man die Schraube mit dem Keil zusammenhängend, indem man die Schneide des Keils in eine cylindrische Schraubenspindel auslaufen läßt. Die Mitte der Schraube muß sich gegen irgend einem festen Punkt, welcher gegen den Keil keine relative Bewegung haben darf, stützen. Gewöhnlich benutzt man den Gegenkeil zu diesem Zweck, indem man demselben eine passende Verlängerung zur Unterstützung der Mutter giebt. Taf. 7. Fig. 3 zeigt diese Anordnung, wie sie z. B. bei Lokomotiven und Dampfmaschinen häufig vorkommt. Ist kein Gegenkeil vorhanden, so umgiebt man den Keil mit einer Hülse, durch welche die Schraube hindurch reicht, und welche der Mutter als Widerlager dient (Taf. 7. Fig. 4).

Taf. 7. Fig. 4 und 5. Endlich kann man sich noch der auf Taf. 7. Fig. 5 dargestellten Anordnung bedienen, indem man den Keil durch einen zweiten quer hindurch getriebenen Keil festsetzt.