Kapitel VII.

Erleichterung der Konstruktionsteile.

Wie der Konstrukteur bestrebt sein muß, jedes Gramm Material durch Beanspruchung auszunützen, muß er umgekehrt jedes Gramm unnützen Materials vermeiden. Die Konstruktion ergibt oft Formen, die weit mehr Material umfassen als die Beanspruchung bedingt. Dieses überschüssige Material muß durch Bearbeitung wieder entfernt werden. Die betreffenden Konstruktionsteile werden dementsprechend ausgefräßt oder ausgebohrt und so um ein Bedeutendes im Gewicht reduziert. Es erfordert eine gute Überlegung, die Aussparungen an den richtigen Stellen vorzunehmen. Es seien hier einige Beispiele angeführt:

1. Beschläge.

Abb. 106. Durch die Lasche *L* soll eine Verbindung hergestellt werden, derart, daß die Beanspruchung des Organes *O*, durch den die Lasche *L* mit dem benachbarten Organ verbindenden Bolzen *B* übertragen wird. Die

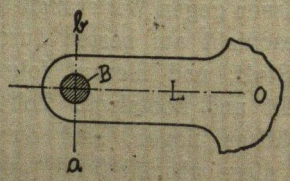

Abb. 106.

Anordnung des Bolzens B macht ein Durchbohren der Lasche notwendig, wodurch der Querschnitt der Lasche L verringert wird. Der Bruch wird, wie wir wissen, am kleinsten Querschnitt erfolgen. Dieser befindet sich in der Quermittellinie $a—b$ des Bolzens B und beträgt die Breite der Lasche minus den Durchmesser des Bolzens mal die Blechstärke. An allen anderen Stellen ist der Querschnitt der Lasche größer und beträgt die Breite der Lasche mal der Blechstärke. Die Differenz der Querschnitte ist überschüssiges Material, was entfernt

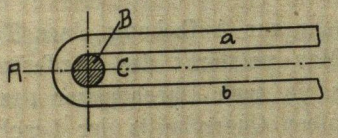

Abb. 107.

werden muß. Nun handelt es sich darum, das überschüssige Material an der richtigen Stelle zu entfernen. Man denkt sich die Lasche als um den Bolzen B gelegtes Band, dessen Breite gleich einem Querschnitt seitlich des Bolzens B der Lasche L (nach Abb. 106) ist.

Abb. 107. Die Beanspruchung wird durch die Enden a und b aufgenommen, während unmittelbar hinter dem Bolzen B keine Beanspruchung auftritt, folglich auch kein Material nötig ist. Jedes Ende a und b wird entsprechend seinem Querschnitt mit P belastet. Die Belastung überträgt sich bis vor den Bolzen auf den Querschnitt $A—C$. Derselbe erhält die Belastung $2P$. Sein

Querschnitt wird folglich auch doppelt so groß sein müssen, wenn man die durch den Lochlaibungsdruck entstehende Flächenreibung vernachlässigt. Diese trägt jedoch wesentlich und mit dem wachsenden Durchmesser

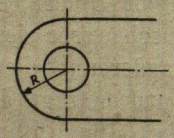

Abb. 108.

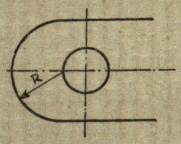

Abb. 109.

des Bolzens mehr zur Aufhebung eines Teiles der Belastung bei. Man verstärkt den vorderen Querschnitt im allgemeinen, je nach Durchmesser des Bolzens um $^1/_4$—$^1/_3$ des halben Querschnitts der Lasche und erhält anstatt Abb. 108 Abb. 109.

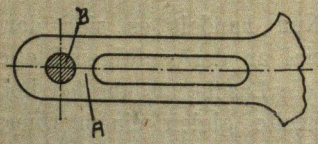

Abb. 110.

Abb. 106 ändert sich nach diesen Betrachtungen auf Folgendes ab (Abb. 110):

Das Material, was hinter dem Bolzen *B* liegt, wird durch Aussparung entfernt, dem Bolzen *B* jedoch ein rückwärtiger Anschlag *A* gelassen. Ist eine zu erleichternde Lasche sehr lang, so unterbricht man die

Aussparung durch Verbindungsstege *S*, um sie nicht unstabil zu gestalten, entweder nach Abb. 111 oder auch nach Abb. 112.

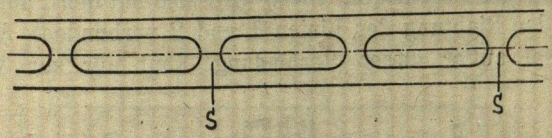

Abb. 111.

Aus Billigkeitsrücksichten ist die Ausführung nach Abb. 112 derjenigen nach Abb. 111 vorzuziehen, da die Herstellung dieser dieselben Bohrungen erfordert wie bei Abb. 112. Diese Regeln kann man auf alle Beschläge anwenden.

Abb. 113 stellt einen Rumpfknotenpunkt dar. Auf dem Längsholm *H* steht der Spantholm *Q*. Beide sind durch einen Beschlag verbunden, der gleichzeitig die Angriffspunkte für die Verspannung in sich schließt.

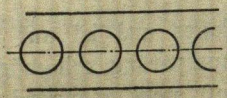

Abb. 112.

Die Holme werden durch die Schrauben *S* mit dem Beschlag verbunden. Die Verspannung greift an den Punkten *A* an. Die Linien 1 und 2 deuten die Richtung der Beanspruchungen P_1 und P_2 an, welche sich im Punkt *O* konzentrieren. Im Punkt *O* kann man sich den

Angriffspunkt der Beanspruchungen auf die Holme denken. Da P_1 und P_2 eine Resultierende nach oben ergeben, erfolgt die Übertragung auf die Holme durch die Grundplatte G des Beschlages. Diese wird also mit den Punkten A in der Richtung der Linien 1 und 2 verbunden. Alles Material außer dieser Verbindung dient nur zur Ver-

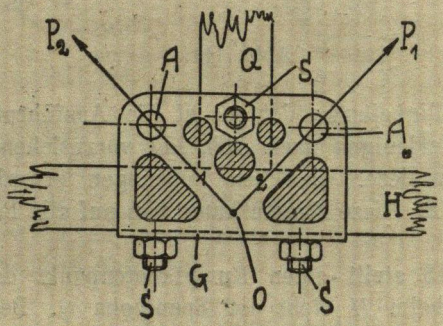

Abb. 113.

steifung des Beschlages und ist auf sein Minimum zu beschränken. Die Aussparung soll möglichst ausgedehnt erfolgen, jedoch muß stets genügend Material für Befestigungsschrauben bestehen bleiben (Schraffierung = Erleichterung).

Wird ein Band an einem Konstruktionsteil mittels 3 mm-Nieten angenietet, so braucht sein Querschnitt nicht größer zu sein als der durch die Nietung am meisten geschwächte, mit anderen Worten: Die Aussparung hat so

groß zu sein, als die Summe der zumeist nebeneinanderliegenden Nietdurchmesser ist (in Abb. 114 = zwei).

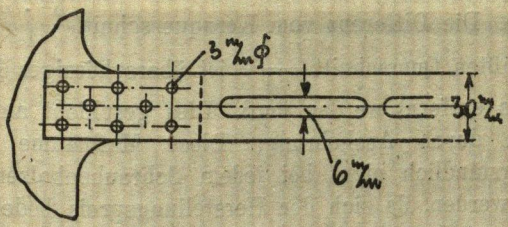

Abb. 114.

2. Schraubenbolzen.

Ein Schraubenbolzen besteht aus dem glatten Schaft *S* (Abb. 115) und dem Gewinde *G*.

Der äußere Gewindedurchmesser *d* ist in der Regel gleich oder nur sehr wenig kleiner als der Durchmesser des glatten Schaftes *D*. Der Kerndurchmesser *K* des Gewindes jedoch ist um ein Bedeutendes geringer als *D*. Der Gewindequerschnitt ist infolgedessen auch weit ge-

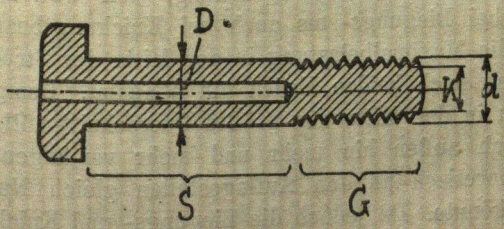

Abb. 115.

ringer als der größte Querschnitt des Bolzens. Der Bruch erfolgt bei einem Schraubenbolzen naturgemäß stets im Gewinde. Die Differenz vom Kernquerschnitt $\frac{K^2 \cdot \pi}{4}$ und dem größten Querschnitt $\frac{D^2 \cdot \pi}{4}$ ist überschüssiges Material, was entfernt werden muß. Dies geschieht am einfachsten durch Ausbohrung. Diese Maßnahme kann selbstverständlich nicht bei jedem Schraubenbolzen getroffen werden, da sich der Herstellungspreis bedeutend erhöhen würde, jedoch ist es sehr lohnend, die Aussparungen bei größeren Bolzen vorzunehmen, da dabei ein erhebliches Gewicht gespart wird. Die Köpfe und Muttern der Schrauben sind, falls sie nicht auf Zug beansprucht werden, möglichst flach zu gestalten.

3. Holme und Streben.

Mit wenigen Ausnahmen werden Holme und Streben im Flugzeug auf Biegung oder Knickung beansprucht. Diese Beanspruchungen ergeben andere Querschnittsverhältnisse als die Zugbeanspruchung. Wir wissen, daß, sowohl bei Biegungs- als auch bei Knickungsbeanspruchung die Maximalbelastung in der Mitte der Strebe erfolgt und nach beiden Enden hin abnimmt. Demgemäß ist auch in der Mitte der größte Querschnitt nötig, der sich nach außen hin mehr und mehr verjüngen kann und theoretisch an den Auflagestellen gleich Null betragen könnte. Da jedoch die Biegungs- und Knickungsbelastung eine Druckbeanspruchung der Auflagestellen

hervorruft, muß ein demgewachsener Querschnitt vorhanden sein. Auf alle Fälle aber muß der Querschnitt einer Strebe von der Mitte aus nach außen hin zugunsten der Leichtigkeit verjüngt werden. Das kann auf verschiedene Arten geschehen. Am einfachsten verfährt man, wie durch Abb. 116 dargestellt. Die Strebe wird nach ihren Enden zu abgehobelt bzw. gefräßt. Diese Art läßt sich bei Streben, die einzig einer Verbindung dienen, ohne weiteres anwenden. Sollen aber an ihr noch andere Teile befestigt werden, so ergibt sich eine teuere Paßarbeit. Ein Flügelholm z. B., an dem die zahlreichen

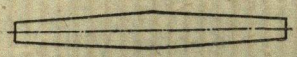

Abb. 116.

Flügelspieren befestigt werden müssen, muß stets ein regelmäßiges Äußeres haben. Die Erleichterung muß hierbei so geschehen, daß die Außenflächen konstant bleiben. Die Aussparung muß also im Kern geschehen, was nach den Regeln der Festigkeitslehre ohnedies weit vorteilhafter für die Ausnützung des Materials ist. Die Holme und Streben werden erfahrungsgemäß aus zwei oder mehreren Teilen verleimt. Unter diesen Umständen kann man die Aufgabe, die Holme von innen auszusparen, ohne weiteres erfüllen. In der Tat geschieht die Erleichterung der Flügelholme und ähnlicher Teile dadurch, daß die Einzelstücke vor dem Verleimen wie durch Abb. 117 dargestellt, ausgefräßt werden.

An Stellen, wo Schrauben und sonstige Befestigungen, wie Stielschuhe und Rohrtüllen, angebracht werden sollen, wird die Aussparung unterbrochen oder es werden nach vollendeter Fräsung Klötzchen eingeleimt. Über die Art der Verleimung siehe Teil II/1.

Abb. 117.

Kapitel VIII.

Federn.

Unter Feder versteht man einen Körper, der bei Steigerung einer auf ihn wirkenden Kraft seine Form mehr und mehr verändert und nach der Entlastung seine Grundform wieder annimmt. Die Funktion einer Feder beruht auf vollkommener Elastizität des Materials.

a. Eisenfedern.

Jeder Eisenstab wirkt bei Zugbelastung unterhalb der Elastizitätsgrenze als Feder. Er verändert seine Länge proportional zur Belastung. Die Dehnung ist proportional der Länge des Stabes, woraus sich folgert, daß, je länger der Stab, der Federweg desto länger ist. Da der Zweck der Feder stets einen möglichst großen