

zwei auf einander folgende um weniger als  $180^\circ$  von einander entfernt sind. Nur in manchen Fällen, wo äußere Einwirkungen nach gewissen Richtungen

Fig. 34.

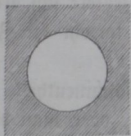


Fig. 35.

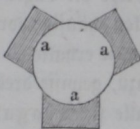
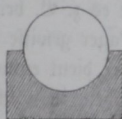


Fig. 36.



nicht zu erwarten sind oder von vornherein durch überwiegende äußere Kräfte aufgehoben werden, kann eine Stützung genügen, bei welcher jene Bedingung nicht erfüllt ist. So z. B. ist es meistens ausreichend, die Zapfen schwerer Wasserräder nur auf ihrer unteren Fläche durch halbcylindrische Lager zu stützen, Fig. 36, da das bedeutende Gewicht des Rades in der Regel jede durch störende äußere Einwirkungen angestrebte Hebung der Zapfen von vornherein verhindert.

Die Länge der Zapfen, d. h. ihre in der Axe gemessene Dimension kann, abgesehen von praktischen Rücksichten und wenn man nur die Möglichkeit der Drehbewegung ins Auge faßt, beliebig groß gemacht werden, da bei der Drehung eines Körpers um eine Umdrehungsaxe sämmtliche Punkte der letzteren in Ruhe verbleiben. Man kann daher auch von einem um die Drehaxe *A* gedachten Umdrehungskörper beliebige Stücke herausgreifen und sie zu besonderen Zapfen ausbilden, indem man jedem Stücke sein Lager giebt, und wendet dieses Mittel in allen den Fällen an, wo ein in Umdrehung zu setzender Maschinenteil aus praktischen Gründen der Festigkeit u. eine Unterstützung an verschiedenen Stellen bedarf. Als eine unumgängliche Bedingung für alle derlei Constructionen ergiebt sich natürlich die Regel, daß alle mit demselben Maschinenteile verbundenen Zapfen Umdrehungskörper zu derselben geometrischen Axe sein müssen, weil sonst eine Umdrehung des Körpers gar nicht, oder doch nur in Folge entsprechender Verbiegungen und Pressungen der einzelnen Theile möglich wäre.

**Axen.** Derjenige Körper, welcher in eine relative Umdrehung gegen §. 2. die ihn unterstützenden Theile gebracht wird und zu diesem Zwecke mit Zapfen versehen ist, wird Axe genannt, weil derselbe gewissermaßen eine Verkörperung der geometrischen Drehaxe darstellt. Bei der Häufigkeit drehender Bewegungen bei den Maschinen bilden die Axen mit ihren Zapfen und Lagern sehr wichtige Maschinenteile, welche zunächst einer näheren Betrachtung unterworfen werden mögen. Wenn dabei von einer Drehung der Axe beziehungsweise der Zapfen die Rede ist, so hat man sich darunter immer die

relative Bewegung derselben gegen die Lager vorzustellen, denn wenn auch meistens die Lager absolut festgehalten werden und die Axe allein die Drehung erhält, so wird doch an dem Charakter der Bewegung nichts geändert, wenn bei festgehaltener Axe die Lager um die letztere sich drehen, oder wenn, wie es z. B. bei Gelenken häufig vorkommt, sowohl die Zapfen als auch die Lager gewisse Drehungen erhalten.

Eine Axe dient entweder dazu, gewisse drehbare Maschinentheile zu tragen oder zu stützen, in welchem Falle sie Tragaxe heißt, oder man bedient sich ihrer zur Fortpflanzung oder Uebertragung der drehenden Bewegung zwischen zwei auf ihr befestigten Theilen, wie z. B. Rädern, und nennt sie dann Welle oder Transmissionswelle.

Zu den Tragaxen gehört z. B. die Axe einer Leitrolle, über welche ein Seil geführt ist, sowie die Axe eines Hebels oder Balanciers einer Dampfmaschine. Hat die Axe hierbei eine horizontale Lage, so wird sie sowohl durch das Eigengewicht der getragenen Theile (Rolle, Balancier) wie auch durch äußere darauf einwirkende Kräfte, z. B. durch die Seilspannungen, den Druck des Dampfes auf den Kolben *rc.*, auf Bruch beansprucht, und sind daher ihre Dimensionen nach den Regeln der relativen Festigkeit zu bestimmen. Oft sind die Eigengewichte der getragenen Theile unbedeutend im Vergleiche mit den an letzteren wirkenden äußeren Kräften, z. B. bei Scharnieraxen und Gelenkbolzen, wogegen wieder bei anderen Tragaxen, z. B. den Laufaxen der Eisenbahnwagen, die Beanspruchung durch die getragene Last die überwiegende ist. Bei einer verticalen Axe wirkt das Eigengewicht der getragenen Theile auf ein Zerdrücken beziehungsweise Zerknicken der ersteren und gilt ein Gleiches auch von den in die Verticale fallenden Componenten der äußeren Kräfte, falls letztere in schiefer Richtung gegen die Axe wirken.

Die den Druck in der Axenrichtung aufnehmenden Zapfen stehender Wellen pflegt man Spurzapfen zu nennen, im Gegensatz zu welchen die Zapfen horizontaler und geneigter Tragaxen wohl Tragzapfen genannt werden.

Als die vorzüglichsten Beispiele von Wellen hat man diejenigen Axen anzusehen, welche in den Fabriken so allgemein angewandt werden, um die Bewegung von den Kraftmaschinen nach den Arbeitsmaschinen oft auf große Entfernungen hin zu übertragen. Wegen dieser größeren Länge ist bei ihnen eine Unterstützung in zwischen den Enden angeordneten Zwischenlagern häufiger erforderlich als dies bei den Tragaxen der Fall ist, für welche letzteren in der Regel zwei Unterstützungen, also zwei Zapfen genügen. Eine Welle, welche zwischen zwei Punkten *A* und *B* ein bestimmtes Kraftmoment zu übertragen hat, wird durch dieses Moment auf Torsion in Anspruch genommen. Diese Anstrengung erstreckt sich auf die ganze Länge, welche zwischen den beiden Punkten enthalten ist, wo einerseits (bei *A*) der Motor die Welle antreibt und andererseits (bei *B*) die Arbeitsmaschine von der

Welle ihren Betrieb empfängt. Alle zwischen diesen Stellen des Kraftertritts und Kraftertritts gelegenen Zapfen sind dieser Torsion ausgesetzt, nicht aber die außerhalb *A* oder *B* angeordneten Endzapfen, welche nur durch transversale Drucke und Eigengewichte ebenso wie die Zapfen der Tragaxen auf Abbrechen belastet werden. Diese Endzapfen heißen wohl speciell Stirnzapfen, im Gegensatze zu den zwischen der Krafterein- und Austrittsstelle gelegenen sogenannten Halszapfen.

Streng genommen werden auch alle Transmissionswellen und deren Zapfen außer auf Torsion noch auf Bruch durch die Eigengewichte, Räderdrucke und Riemen Spannungen zc. angegriffen, doch ist in der Regel die relative Inanspruchnahme gering im Vergleiche mit der aus dem Verdrehungsmomente folgenden, und kann gegen letztere vernachlässigt werden. Ebenso werden streng genommen auch alle Tragaxen und die Endzapfen der Wellen außer auf Zerbrechen resp. Zerknicken noch auf Verdrehen in geringem Maße durch den Widerstand der Reibung beansprucht, welche an den Zapfen sich einstellt. Dieser Widerstand ist aber fast immer ganz unerheblich im Vergleiche mit der Bruchbelastung. Es können indessen wohl Fälle vorkommen, wo eine Aze sowohl auf Bruch wie auf Verdrehung durch erhebliche Kräfte beansprucht wird, so daß die Dimensionen nach den Regeln der zusammengesetzten Festigkeit zu bestimmen sind. Ein solcher Fall ist z. B. bei einer Wasserradwelle vorhanden, die zwischen ihren zwei Lagern durch das schwere Wasserrad belastet wird, und welche die daselbst aufgenommene Arbeit durch ein Zahnrad fortpflanzt, das auf der Wellenverlängerung außerhalb des einen Lagers angebracht ist. Der Halszapfen zwischen Wasserrad und Zahnrad wird in diesem Falle auf Torsion und Bruch belastet, während der jenseitige Stirnzapfen nur auf Abbrechen beansprucht wird. Es ist klar, daß bei solcher Construction, bei welcher das Zahnrad direct mit dem Wasserradfranze verbunden ist, eine Torsionswirkung auf die Welle nur in dem unbedeutenden Maße eintreten kann, wie sie aus dem Momente der Zapfenreibung resultirt. Man wählt daher oftmals bei Wasserrädern sowie Windetrommeln derartige Constructionen, um die betreffende Aze einer Torsion nicht auszusetzen.

**Stärke der Tragzapfen.** Die Form der Zapfen an Tragaxen ist in §. 3. der Regel eine cylindrische, und pflegt man eine unbeabsichtigte Verschiebung der Aze nach ihrer Länge durch Anläufe oder Verstärkungen an einer Seite wie bei *B* Fig. 37 (a. f. S.) oder beiderseits wie bei *A* und *B* Fig. 38 zu verhindern. Den Durchmesser *d* eines solchen Zapfens bestimmt man aus dem Drucke *P*, welchem derselbe ausgesetzt ist, nach der bekannten Festigkeitsformel eines einseitig befestigten Balkens:  $M = k \frac{W}{e}$  (s. I, §. 235).