

In Abb. 1136 ist ein Schiffshauptdrucklager der AEG, Berlin, mit Umlaufschmierung dargestellt. Die beiderseits des einfachen, auf der Welle sitzenden Druckringes angeordneten Stützflächen ruhen in kugelig abgedrehten Trägern, welche den Druck auf das Lagergehäuse übertragen. Die Schmierung besorgt der Druckring, der das Öl aus dem Bade am Boden des Lagers auf seinen Umfang mitnimmt und hochhebt. Durch einen in seinem Scheitel vorgesehenen Abstreicher und durch Rinnen wird das Öl unter die Traglager geleitet und nun längs der Welle den Druckstücken zugeführt, die auf diese Weise sehr reichlich geschmiert werden. Das Ölbad kann vermittle der eingebauten Kühltülle gekühlt werden.

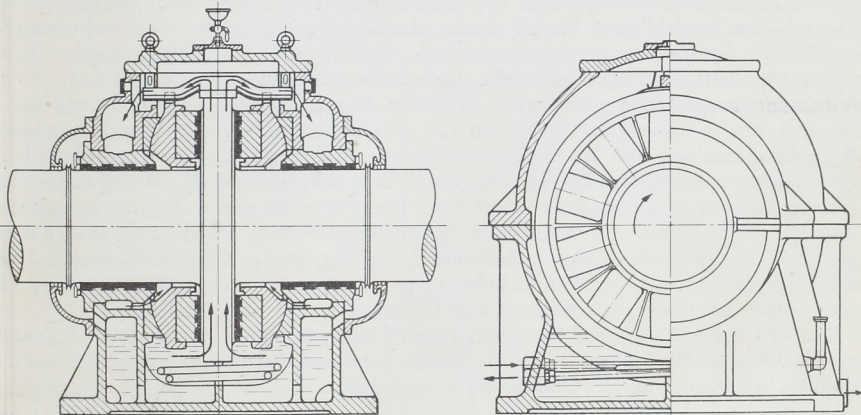


Abb. 1136. Schiffshauptdrucklager der AEG, Berlin.

C. Kugelige Stützzapfen.

Kugelförmige Stützzapfen werden als umlaufende Zapfen vermieden und hauptsächlich in solchen Fällen verwendet, wo eine geringe kippende Bewegung im Raume ermöglicht werden soll, wie an den Drehgestellen von Lokomotiven und Eisenbahnwagen, sowie an manchen im Raum schwingenden Stangen. Die Reibungsarbeit ist meist von untergeordneter Bedeutung, es genügt, den Zapfen auf Flächendruck:

$$p = \frac{P}{f}$$

zu berechnen. Für f' , Abb. 1084, kommt je nach der Druckrichtung eine Kreis- oder Kreisringfläche in Betracht. p kann der Zusammenstellung S. 644 entnommen werden.

VI. Ausführung der Zapfen.

Die wichtigsten Baustoffe für die Zapfen sind die geschmiedeten Stähle Reinheitsgrad B, Zusammenstellung 21, Seite 81 (insbesondere nach dem Siemens-Martinverfahren hergestellt) und die Einsatz- und Vergütungsstähle der Zusammenstellung 22 sowie Sonderstähle. Vgl. auch Zusammenstellung 26.

Was die Bearbeitung anlangt, so genügt bei mäßigen Anforderungen sorgfältiges Abdrehen und Schlichten; bei höheren muß man, wie mehrfach betont, auf größte Glätte Wert legen und zu dem Zwecke die Laufflächen schleifen oder härten und schleifen. Da aber durch und durch gehärtete Stahlzapfen gegen Stöße empfindlich sind, ist es vorteilhafter, weichen (Einsatz-)Stahl oder die mit Nickel und Chrom legierten Sonderstähle zu verwenden, die bedeutende Festigkeit mit sehr großer Zähigkeit verbinden

und sie im Einsatz, d. h. durch Glühen in Kohlenstoff abgebenden Mitteln und nachheriges Abschrecken mit einer glasharten Oberfläche zu versehen, während sie im Innern einen zähen, gegen stoßweise Belastung auf Biegung widerstandsfähigen Kern behalten. Die harte Schicht soll mindestens 1 mm stark sein und allmählich in den zähen Kern übergehen. Vergütungsstähle kann man durch Vergüten auf hohe Festigkeit bringen. Die Vorschriften der Stahlwerke über die Behandlung der erwähnten Sondersorten, die oft mehrmals und bei bestimmten Wärmegraden abgeschreckt werden müssen, sind sorgfältig zu beachten, wenn man gute Ergebnisse erzielen will. Durch Einhüllen in Lehm u. dgl. schützt man Stellen, die nicht hart werden sollen.

Die Art des Zusammenpassens der Zapfen und ihrer Lager oder Büchsen richtet sich nach den betrieblichen Verhältnissen. An den zur Aufnahme wechselnder oder schwellender Kräfte bestimmten Kreuzkopf-, Kurbel- und Kurbelwellenzapfen, ferner an den Spindellagern der Drehbänke und Fräsmaschinen pflegt der Laufsitz der Feinpassung angewendet zu werden. Größere Genauigkeit — engen Laufsitz —, verlangen nur Werkzeugmaschinen, an die sehr hohe Anforderungen gestellt werden, wie Schleifmaschinen und Mechanikerdrehbänke. Andererseits genügt für mehrfach gelagerte Wellen und gewöhnliche Maschinenlager, namentlich, wenn sie ständig nur in einer Richtung belastet sind, leichter Laufsitz. Der weite Laufsitz kommt in Betracht, wenn sich die Teile mit sehr reichlichem Spiel bewegen sollen. Schlichtlaufsitz reicht aus für Wellen mit drei- oder mehrfacher Lagerung, große Kurbelwellenlager, Lager für Kreiselpumpen, weiter Schlichtlaufsitz für Achsbuchsen von Fuhrwerken, für Lager langer Laufwellen an Kranen, für Deckenvorgelege und ähnliches.

Bunde oder Anläufe zur Sicherung gegen Längsverschiebungen und zur Aufnahme geringer Längskräfte können aus dem Vollen herausgearbeitet werden, wie Abb. 1076 an einem Stirnzapfen zeigt. Übliche Maße sind dabei:

$$a = 0,1 d, \quad b = 1 \dots 1,5 a.$$

Die Übergänge zwischen der Lauffläche und den Bunden sind sorgfältig auszurunden, scharfe Eindrehungen nach Abb. 1137 aber wegen der Gefahr des Bruches infolge der Kerbwirkung unbedingt zu vermeiden. Zu große Bunddurchmesser wirken schädlich insofern, als das Öl bei raschem Laufe durch die Fliehkraft stark abgesaugt und weggeschleudert wird.

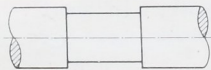


Abb. 1137. Fehlerhafte scharfe Eindrehung an einer Welle.

Ein durch Eindrehen nach Abb. 1077 geschaffener Halszapfen vermindert die Widerstandsfähigkeit der Welle gegen Biegung in erheblichem Maße; wenn beispielweise der Zapfendurchmesser das 0,8fache des Wellendurchmessers beträgt, ist sein Widerstandsmoment nur noch das 0,503fache von dem der Welle. Besser ist es, freilich auch teurer, die seitliche Begrenzung durch aufgeschweißte Bunde zu erreichen. Wenn irgend möglich, wird man mit Stellringen, Abb. 1138, auszukommen suchen, die man u. a. an Triebwerkwellen fast ausschließlich verwendet, um an Bearbeitung zu sparen. Gelegentlich kann ein Stellring durch die Nabe eines Rades oder einer Scheibe ersetzt werden, wenn dieselbe gegen seitliche Verschiebung genügend gesichert ist. Alle Bunde und Stellringe sind so anzubringen, daß die Ausdehnung der Welle nicht gehindert wird. Falsch wäre die Anordnung derselben an einer längeren Welle nach Abb. 1139, weil die Bunde, durch die Ausdehnung der Welle gegen die Lager gepreßt, heiß laufen würden. Gewöhnlich wird eins der Wellenenden festgehalten, dem andern aber freie Ausdehnung gesichert.

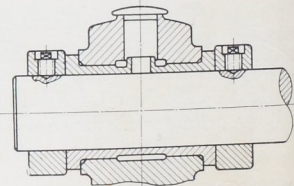


Abb. 1138. Festlegung einer Welle durch Stellringe.

Zapfen werden häufig wegen des Baustoffes, der Herstellung und des Härtens getrennt ausgeführt und in die anschließenden Teile eingesetzt. Dabei ist die größte Sorgfalt

auf richtige Stellung zu verwenden. So müssen an Kurbelwellen die Zapfen- und Wellenachsen genau parallel zueinander laufen, — an zusammengesetzten, gekröpften Wellen die Hauptlagerstellen genau ausgerichtet sein, wenn ein dauernd gutes Laufen erreicht werden soll.

Beispiele für die Befestigung von Stirnzapfen bieten die Abb. 1140 bis 1144. Die konstruktiv einfachste ist das Einschrumpfen oder Einpressen in die bei Gußeisen um 0,125%, bei Flußstahl um 0,5% kleinere Bohrung, Abb. 1140 und 1141. Zur Erhöhung der Sicherheit wird manchmal noch ein Stift quer durch beide Teile hindurchgetrieben oder der Zapfen vernietet, Abb. 1140, oder verbohrt. Bei der letzten Art der Sicherung wird nach Abb. 1141 ein zylindrischer oder schwach kegelliger Stift in ein längs der Fuge gebohrtes Loch getrieben. Freilich wirkt die Bohrung als Kerb und stört den Verlauf der Schrumpfspannungen, die den Zapfen festhalten sollen, um so mehr, je größer und tiefer sie ist. Soweit das Verbohren überhaupt für nötig gehalten wird — höchstens an auf Drehung beanspruchten Zapfen —, sollte es auf ein Drittel bis ein Viertel der

Länge des Schrumpfsitzes beschränkt und an einer Stelle vorgenommen werden, wo die Schwächung weniger bedenklich ist, an Kurbeln zum Beispiel auf der Seite des Armes.

Das Einpressen geschieht mit Schrauben- oder Wasserdruckpressen, wobei die Einführung durch eine kurze, schwach kegellige Andrehung des im übrigen zylindrischen Zapfenendes erleichtert wird. Beim Einschrumpfen bringt man den kalten Zapfen

in die erwärmte Nabe, die beim Abkühlen das Zapfenende fest umspannt. Der Vorsprung a , Abb. 1140, begrenzt den Weg des Zapfens beim Einziehen und sichert die richtige Entfernung der Zapfenmitte von der Nabenfläche. a braucht nur wenige Zehntel Millimeter zu betragen, um die sonst auftretende Kerbwirkung an dieser vielfach auf Biegung und Drehung hoch beanspruchten Stelle zu vermindern. Ein anderes Mittel, die richtige Lage des Zapfens beim Zusammenbau zu prüfen, ist, die Außenflächen bei bb , Abb. 1141, genau miteinander abschneiden zu lassen und das Einpressen an einem darüber gelegten Lineal zu verfolgen. Zur Erzeugung genügender Schrumpfspannungen müssen die Naben kräftig, ihre Außendurchmesser D 1,8- bis 2mal so groß, wie die Bohrungen genommen werden. Als Einschrumpflänge l_1 findet man an Stirnzapfen $l_1 = 1,0$ bis $1,2 d$, an den Zapfen zusammengebauter, gekröpfter Wellen und an den Kurbelnaben $l_1 = 0,7 - 0,8 d$, ausnahmsweise $0,65 d$.

Befestigungen durch Schrauben oder Keile sind lösbar, aber teurer und verlangen kegeliges Einpassen des Zapfens, Abb. 1142 bis 1144. Üblich sind dabei:

die normalen Kegel $\frac{d - a_1}{l_1} = 1:10, 1:15, 1:20, 1:30$ bis $1:50$ der DIN 254,

Kegellängen: $l_1 = 1,5 \dots 1,7 d$,

Gewindedurchmesser: $\approx 0,3 d$.

Keildicken: $0,2 \dots 0,25 d$,

Keilhöhen: $0,3 \dots 0,4 l_1$.

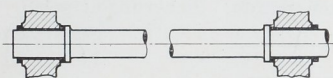


Abb. 1139. Falsche Anordnungen von Bunden.

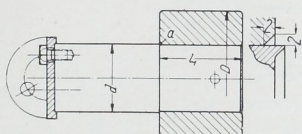
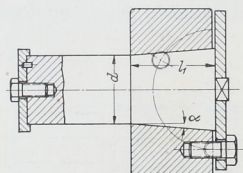


Abb. 1140 und 1141. Befestigen von Stirnzapfen durch Einschrumpfen oder Einpressen.

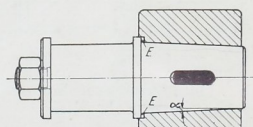
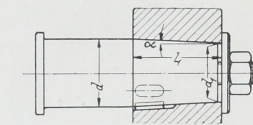


Abb. 1142 bis 1144. Lösbare Stirnzapfenbefestigungen.

Zur Sicherung gegen Mitnahme lösbarer Zapfen durch das Reibungsmoment dient im Falle der Abb. 1143 eine Feder, in Abb. 1142 ein Vierkant, sonst auch eine Nase, Schraube u. dgl.

Für Bunde nach Abb. 1144 sind Eindrehungen *E* vorzusehen, so daß das Verspannen der Kegel nicht gehindert ist.

Zapfenverbindungen an Rohr- und Holzwellen zeigen die Abb. 1145 und 1146.

Die einfachste Form eines Gabelzapfens ist der zylindrische Bolzen, Abb. 1110, 1147 und 1148. In dem Teile, in welchem er festsitzen soll, wird er mit Schiebe- oder Festsitz eingebracht oder durch Stifte u. dgl. festgehalten, im Lager aber mit Laufsitz eingepaßt. Wie dabei die Bolzendurchmesser, je nachdem, ob das Passungssystem der Einheitswelle oder der Einheitsbohrung verwendet wird, zu wählen sind, zeigen die Abb. 1149 und 1150. Im Falle der Einheitswelle kommt man mit einem Absatz aus, weil die Büchse dem Laufsitz entsprechend weiter gebohrt wird. Bei dem System der Einheitsbohrung muß der Bolzen dagegen zwei Absätze erhalten, weil er sonst im rechten Auge zu lose sitzen würde. Sicherungen gegen Längsverschiebungen und gegen Drehen sieht man in Abb.

1147 und 1148. Bei Übertragung großer oder wechselnder Kräfte wird zweckmäßig kegelliger Sitz mit Normkegeln 1:20 oder 1:30 nach

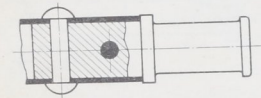


Abb. 1145. Zapfenverbindung an einer Rohrwellen.

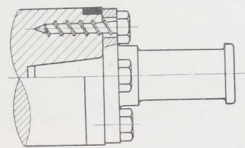


Abb. 1146. Zapfenverbindung an einer Holzwellen.

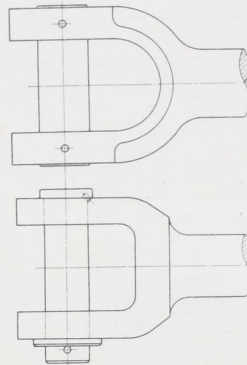


Abb. 1147 und 1148. Gabelzapfen.

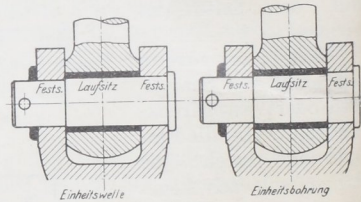


Abb. 1149 und 1150. Gabelzapfen nach dem System der Einheitswelle und der Einheitsbohrung.

Abb. 1151, 1152 und 976 angewandt und die nötige Spannungsverbindung durch Schrauben hergestellt. Die Ausführung nach Abb. 1152 mit gemeinsamem Kegel für beide Auflageflächen ist im Gegensatz zu Abb. 1151 einfacher, da der Zapfen unter Durchlaufen des Werkzeugs und beide Löcher gemeinsam mit einer durchgehenden Reibahle bearbeitet werden können; freilich schwächt das größere Loch auf der Seite *A* das Gabelauge in stärkerem Maße. Bei *B* läßt man den Ansatz am Zapfen etwas zurücktreten, um im Falle eines zu großen Lochs Klemmungen der Lagerschale durch das Anziehen des Zapfens zu vermeiden und um den Bolzen gut ausrunden zu können. Das Anziehen beider Sitzflächen mittels einer einzigen Schraube wird bei großen Abmessungen unsicher und kann zu Lockerungen des Sitzes oder auch zu Klemmungen des in der Gabel liegenden Lagers führen, wenn diese nachgiebig gestaltet ist. Dann müssen beiderseits Anzugvorrichtungen, Abb. 1151, angeordnet werden.

Die Kreuzkopfbolzen in den offenen Kolben mittlerer Gasmaschinen pflegen nur am einen Ende durch Kegel und Schraube, Abb. 976, oder eine sonstige Spannvorrichtung festgehalten, am andern aber zylindrisch abgedreht und mit Gleitsitz eingepaßt zu werden, damit sich die Formänderungen frei ausbilden können, denen die Kolben beim Betriebe durch die Erwärmung ausgesetzt sind und Zusatzspannungen vermieden werden.

Der einfachste Spurzapfen entsteht bei der Übertragung des Axialdruckes unmittelbar durch die eben abgedrehte Endfläche einer Achse oder Welle. In Abb. 1153

stützt sie sich gegen eine Lagerschale, die gleichzeitig als Halslager zur Aufnahme von seitlichen Drucken ausgebildet ist, eine u. a. an Stützsäulen von leichten Drehkränen häufig benutzte Ausführung.

Aus Rücksicht auf den Baustoff, die Herstellung und die Auswechselbarkeit bei zu erwartender starker Abnutzung werden auch die Spurzapfen häufig für sich besonders hergestellt und in die Konstruktionsteile, die sie stützen sollen, mit zylindrischem oder kegeligem Schaft eingesetzt, vgl. Abb. 1154.

Eine in der Achse vorgesehene Querbohrung *A* dient zum Heraustreiben des Zapfens mittels eines kegeligen Stiftes. Die Lauffläche wird am besten eben ausgeführt und muß wie die Linse, auf der sie läuft, genau senkrecht zur Drehachse stehen, weil sonst die zur richtigen Stützung nötige Berührung auf der ganzen Fläche ausgeschossen ist. Macht die genaue

Herstellung Schwierigkeiten, so empfiehlt es sich, die Linse kugelig zu lagern, Abb. 1083 und sie dadurch selbststellbar zu machen. Doch ist das nur ein Mittel, Ausführungsfehler in der Unterstüttung der Linse auszugleichen; wenn die Endfläche des Zapfens schief zur Drehachse steht, muß die Linse bei jeder Drehung eine kippende Bewegung machen, Abb. 1156, die unbedingt vermieden werden sollte. Gegen Mitnahme bei der Drehung wird die Linse durch Stifte oder besser durch zwei symmetrische Anschläge gesichert, wie z. B. an dem Stützlager einer Reglerspindel, Abb. 1157, bei dem sich die Anschläge in zwei Nuten einer Büchse führen, die gleichzeitig als Halslager dient. Die Linse

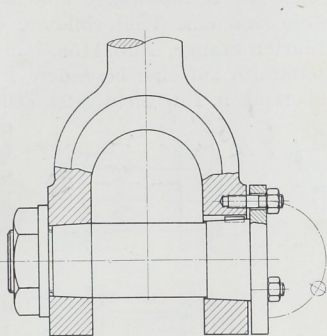


Abb. 1151. Gabelzapfen mit kegeligem abgesetztem Sitz.

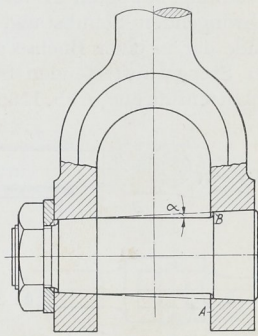


Abb. 1152. Gabelzapfen mit kegeligem durchlaufendem Sitz.

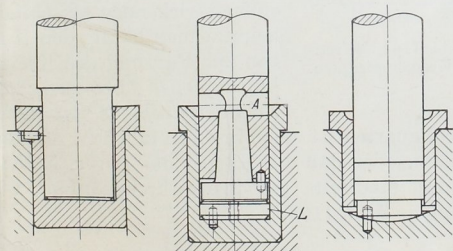


Abb. 1153 bis 1155. Spurzapfen.

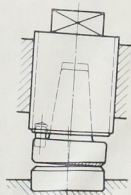


Abb. 1156. Schiefstehender Spurzapfen.

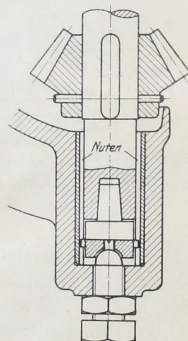


Abb. 1157. Stützlager einer Reglerspindel.

ruht auf einer kugelig abgedrehten Stellschraube zur genauen Einstellung der Höhenlage des Kegelrades.

Kugelige Laufflächen bieten keine besonderen Vorteile, sind aber schwieriger herzustellen. Bei ihnen muß der Mittelpunkt der Kugelfläche am Zapfen genau in der Drehachse liegen, um das Kippen der Linse zu vermeiden.

Mehrere Linsen übereinander anzuordnen, Abb. 1155, erhöht insofern die Sicherheit, als die Bewegung bei Störungen an einer Lauffläche, noch an einer anderen möglich ist; dagegen ist auf das gleichzeitige Laufen aller Linsen mit abgestufter Geschwindigkeit und eine Verminderung des Reibungswiderstandes, wie vielfach angenommen wird, nicht zu rechnen.