

Sechzehnter Abschnitt.

Kreuzköpfe.

1. Zweck und Hauptformen.

Kreuzköpfe vermitteln im Kurbelgetriebe die Übertragung der Kräfte zwischen dem geradlinig bewegten Kolben oder der Kolbenstange und der um den Kreuzkopfszapfen schwingenden Schubstange. Sie sind eine Weiterbildung des einfachen Gelenkes am Ende der in einer Büchse geführten Stange, Abb. 1158, indem sie die beim Ausschlagen der Stange auftretenden Seitenkräfte auf eine besondere Führung, die Gleitbahn oder Schlittenführung, Abb. 1165, übertragen. Ihre wichtigsten Teile sind: der Kreuzkopfszapfen,

der Kreuzkopfkörper und die Gleitschuhe. In konstruktiver Hinsicht unterscheidet man zwei Formen: die gabelförmige Bauart, Abb. 1159, zu der ein geschlossener Schubstangenkopf gehört und die geschlossene, Abb. 1160, die einer gegabelten Schubstange entspricht. Die erste Ausführung, meist durch Gießen hergestellt, ist billig; die zweite gibt einfachere, auch durch Schmieden herstellbare Formen und eine oft wertvolle Verminderung der Baulänge oder -höhe der ganzen Maschine, so daß sie sich vor allem bei großen Ausführungen und bei stehender Anordnung findet. An einfach wirkenden Maschinen benutzt man häufig den Kolben zur Führung des Kreuzkopfszapfens, Abb. 931a; die Zylinderlauffläche ist dann

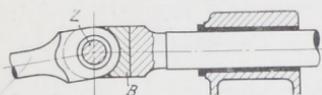


Abb. 1158. Stange mit Gelenkkopf.

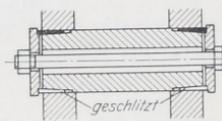
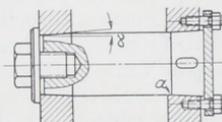
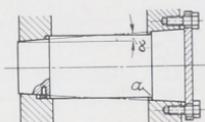
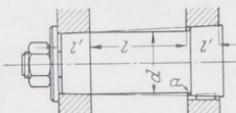


Abb. 1161 bis 1164. Befestigung von Kreuzkopfszapfen.

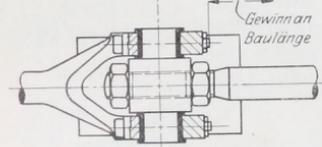
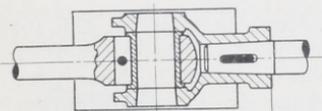


Abb. 1159 und 1160. Hauptformen der Kreuzköpfe: gabelförmige und geschlossene Bauart.

gleichzeitig Gleitbahn. Eine Trennung der Bauarten ist auch insofern möglich, daß der Zapfen im Kreuzkopf fest gelagert sein kann oder daß der Körper das Lager, in dem der Zapfen schwingt, aufnimmt. Das führt einerseits zu Zapfenkreuzköpfen, wie Abb. 1195, andererseits zu Lagerkreuzköpfen, Abb. 1198.

2. Der Kreuzkopfszapfen.

Der Kreuzkopfszapfen, meist aus Stahl bestehend, ist auf Biegung und Flächen-
druck, wie in dem Abschnitt über Zapfen des näheren dargelegt ist, zu berechnen. Genu-
gende Sicherheit gegen Warmlaufen durch die Reibungsarbeit ist wegen der geringen,
nur schwingenden Bewegung meist von vornherein vorhanden. Als Verhältnis zwischen
der Lauflänge und dem Durchmesser findet sich an den beiderseits unterstützten Zapfen
der Bauarten, Abb. 1161 bis 1164, im Mittel $l \approx 1,5 d$, die Stütz-
länge in den Wangen des Kreuzkopfes $l' \approx 0,5 d$. Während bei kleineren und nur
schwellenden Kräften zylindrisches Einpassen des Zapfens mit Festsitz im Kreuzkopfkörper,
Abb. 978, genügt, ist bei größeren, namentlich wechselnden Kräften auf sorgfältige
Befestigung durch Spannungsverbindungen zu achten. Die Enden werden zu dem Zwecke kegelig aus-

$$\frac{l}{d} = \frac{1,5}{1}$$

gebildet, entweder durchlaufend, Abb. 1161 und 1162 oder abgesetzt, Abb. 1163, mit normalen Kegeln der DIN 254 1:5, 1:6 (Lokomotivkreuzköpfe) und 1:10 oder mit Neigungen $\text{tg } \alpha = 1/10, 1/12 \text{ und } 1/20$. Im Falle durchlaufender Flächen ist die Herstellung des Bolzens und des Loches erleichtert, im andern tritt eine geringere Schwächung der einen Wange ein. Auf die Möglichkeit des Abschleifens der Bolzenauflfläche ist dadurch Rücksicht zu nehmen, daß man den Kegel auf der weiteren Seite erst bei a in der Wange selbst ansetzt, gleichzeitig, um etwas Spiel in der Richtung der Bolzenachse beim Anziehen des Zapfens und um Sicherheit gegen das Einklemmen der Lagerschale zu haben.

Die Verspannung kann konstruktiv sehr verschiedenartig, z. B. durch Schrauben, Abb. 1161 und 1195, oder Druckplatten, Abb. 1162, an dem einen Ende des Bolzens erreicht werden. Bei größeren Kräften und nachgiebigen Kreuzkopfformen empfiehlt sich eine Verspannung an beiden Enden durch Schrauben und Druckplatten, Abb. 1163, oder durch geschlitzte Spannhülsen, Abb. 1164, 1182 u. dgl., weil es sonst vorkommen kann, daß der Bolzen auf der einen Seite lose bleibt oder daß die dazwischen liegende Lagerschale durch das Zusammenfedern der Wangen eingeklemmt wird. Daß jedoch die Zapfen in den Gasmaschinen-tauchkolben in Rücksicht auf die Ausdehnung des Kolbenkörpers während des Betriebs nur an einem Ende verspannt, am andern aber zylindrisch geführt werden, was schon auf Seite 543 erwähnt worden.

Zur Sicherung gegen Mitnahme des Bolzens durch die Zapfenreibung dienen Federn, Nasen usw.; zum Lösen und Herausziehen Schrauben, Abb. 1190 am rechten Zapfende.

3. Die konstruktive Gestaltung der Kreuzköpfe.

Der Kreuzkopfkörper ist konstruktiv im engen Zusammenhange mit der zugehörigen Schubstange durchzubilden. Die Höhenlage h des Zapfens über der Gleitbahn oder der Durchmesser $D = 2h$ zylindrischer Gleitflächen ergibt sich nach Abb. 1165 aus dem größten Ausschlag der Schubstange, der annähernd in der Hubmitte erreicht wird, unter Berücksichtigung etwaiger Ölleisten oder Ölfänger an den Enden der Lauffläche. Niedrigere Kreuzkopfhöhen kann man bei einseitiger Führung durch Anwendung des schiefen Kurbeltriebes, Abb. 1046 oder durch Aussparungen der Gleitbahn erhalten, wie sie gelegentlich bei stehenden Maschinen vorkommen. Manchmal können auch andere Umstände die Kreuzkopfhöhe bedingen. Im Falle der Abb. 1166 ist sie dadurch bestimmt, daß sich der vordere Zylinderdeckel und der Kolben der Großgasmaschine sollen nach vorn zu ausbauen lassen. Zu dem Zwecke ist der Kreuzkopf noch so ausgebildet, daß

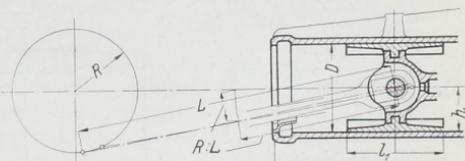


Abb. 1165. Ermittlung der Kreuzkopfhöhe.

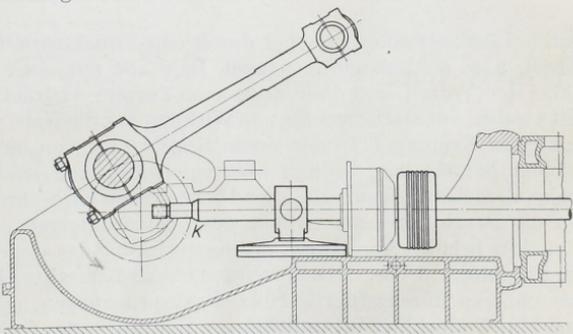


Abb. 1166. Einseitig geführter Gasmotorkreuzkopf, Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, so ausgebildet, daß der Kolben nach vorn zu ausgebaut werden kann.

er zur Führung der Pleuellagerbohrung dient, die durch ihn hindurchgeschoben werden kann, während die Pleuellagerbohrung am Pleuellager schräg nach oben zu gehalten wird. Beim Betrieb wird die Pleuellagerbohrung durch einen Ring, der sich gegen den Pleuellager (K) stützt, auf den Pleuellager übertragen. Die Pleuellagerbohrung ist so weit zu bemessen, daß der Pleuellagerkopf auch in der ungünstigsten Schräglage nicht

anstößt und das Nachziehen der Lagerschalen bequem möglich ist. Zum Lösen oder Herausnehmen des Kreuzkopfbolzens dient ein im Rahmen vorgesehenes weites Loch *A*, Abb. 1698.

Die wichtigsten konstruktiven Einzelheiten betreffen die Verbindung des Kreuzkopfkörpers mit der Kolbenstange, dem Kreuzkopfbolzen und den Schuhen, sowie die Ausbildung der Lager in den Lagerkreuzköpfen. Als Baustoffe kommen bei mäßigen Kräften vor allem Gußeisen, bei größeren Stahlguß, Schmiedeeisen und Stahl in Betracht.

a) Die Verbindung mit der Kolbenstange.

Die Befestigung der Kolbenstange geschieht entweder durch einen Querkeil oder durch eine Schraubverbindung. Bei der ersten Art ist die Stange zylindrisch mit Schiebeseit, Abb. 1168 oder kegelig, Abb. 1167, einzupassen; Druckkräfte werden durch den Flächendruck am Grunde des Loches oder durch den Kegel übertragen, während der Keil die Zugkräfte aufzunehmen hat. Wegen eines etwaigen späteren Abschleifens der Kolbenstange ist der Absatz *a*, Abb. 1167 und 1168, zu empfehlen. Das Lösen geschieht

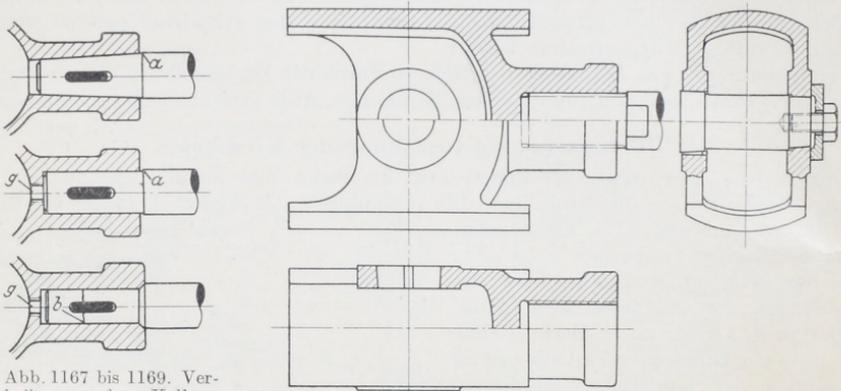


Abb. 1167 bis 1169. Ver-
teilungen der Kolben-
stange im Kreuzkopfhals.

Abb. 1170. Einfacher Kreuzkopf mit eingeschraubter Kolbenstange.

durch Lösekeile oder einfacher durch eine Druckschraube im Gewinde *g*. Ein schlanker Kegel, u. a. an Lokomotiven nach DIN 254 mit einer Verjüngung 1:15 üblich, bietet dabei den Vorteil, daß die Stange nach kurzem Abdrücken völlig frei wird. Andererseits übt er aber eine starke sprengende Wirkung auf die Nabe aus. Der kurze Kegel, Abb. 1169, mit einer Neigung 1:1 oder einem Kegelwinkel von 90° ist ebenso wie seine Sitzfläche leichter herzustellen, bedingt aber einen kleineren Restquerschnitt *b* neben dem Keilloche, der allerdings nur schwelend beansprucht ist, während er in dem Falle der Abb. 1168, wo die Druckkräfte am Grunde des Loches aufgenommen werden, wechselnd, also ungünstiger belastet ist. Wegen der Kerbwirkung des steilen Kegels ziehen manche Firmen die Neigung 2:5 vor. Die Berechnung einer derartigen Keilverbindung ist auf Seite 195 des näheren durchgeführt. Hohe Beanspruchungen, schwierige und teure Ausführung und Empfindlichkeit bei unrichtigem Eintreiben des Keiles sind Nachteile, die mehr und mehr zur Ausbildung und Verwendung geeigneter Schraubverbindungen führten, die sich selbst bei großen Kräften und Abmessungen, wie an den Großgasmaschinen bewährt haben.

Schraubt man die Kolbenstange unmittelbar in den Kreuzkopf ein, so treten bei wechselnden Kräften bald Lockerungen und schließlich Zerstörungen des Gewindes namentlich in gußeisernen Kreuzkopfhälsen ein, sofern man nicht durch das Anpressen an einem Bund oder am Grunde der Bohrung, Abb. 1170, genügende Verspannung erreichen kann. Die Einstellbarkeit der Kolbenstange gegenüber dem Kreuzkopf in der Längs-

achse ermöglicht eine richtig angezogene Gegenmutter, Abb. 1171, die die Druckkräfte aufzunehmen hat, während Zugkräfte durch das Stangengewinde übertragen werden. Durch Differentialgewinde, Abb. 1172, hat man die Verspannung noch wirksamer

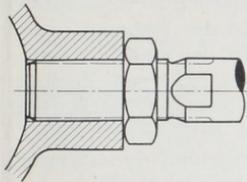


Abb. 1171. Stangenverbindung mit Gegenmutter.

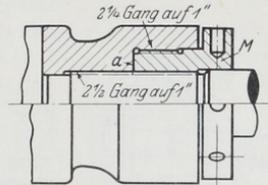


Abb. 1172. Befestigung der Stange durch Differentialgewinde.

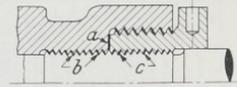


Abb. 1173. Wirkung des Differentialgewindes.

zu machen gesucht, kommt dadurch aber zu schwierigem Zusammenbau der Teile, weil die Mutter *M* unter ständigem Drehen sowohl der Kolbenstange oder des Kreuzkopfes, wie auch der Mutter selbst, so eingestellt werden muß, daß sie an der Fläche *a* anliegt.

Bei richtiger Verspannung, die allerdings durch die Wirkung des Differentialgewindes sehr kräftig erfolgen kann, werden die in Abb. 1173 durch starke Linien hervorgehobenen Stellen aufeinandergepreßt. Zugkräfte in der Stange werden bei *b* unmittelbar, Druckkräfte durch *c* und *a* auf den Kreuzkopfhals übertragen. In Abb. 1174 ist die Nabe geschlitzt; nach dem Aufschrauben wird sie durch kräftige Schrauben zusammengezogen,

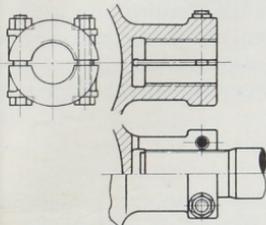


Abb. 1174. Geschlitzter Kreuzkopfhals.

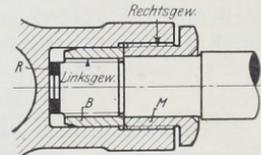


Abb. 1175. Verspannung durch aufgeschraubten Bund.

so daß das Gewinde an beiden Flanken zum Anliegen gebracht und verspannt wird. Nach Abb. 1175 wird auf das Kolbenstangenende ein Bund *B* geschraubt. Gegen diesen stützt sich die Mutter *M*, die aber gleichzeitig das Kolbenstangenende gegen den aus-

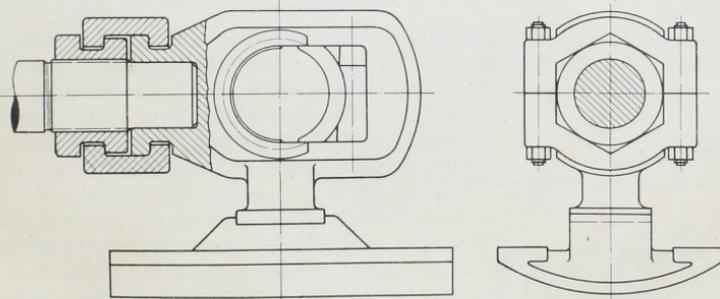


Abb. 1176. Gasmaskinenkreuzkopf von Ehrhardt und Seher, Saarbrücken.

wechselbaren Ring *R*, am Grunde der Kreuzkopfbohrung, der zur genauen Einstellung der Stangenlänge dient, preßt und verspannt. *B* und *M* haben entgegengesetzte Steigung, damit *B* nicht etwa durch die Reibung an *M* gelöst wird. Zu beachten ist, daß die Kolbenstange, nicht aber die Mutter *B*, zum Aufliegen am Grunde kommt, weil sonst die Übertragung der Zug- und Druckkräfte mit verschiedenen Mitteln vereitelt wird. Der Vorteil der Ausführung gegenüber den vorher beschriebenen ist, daß beim Zusammensetzen lediglich die Mutter *M* gedreht zu werden braucht, das Drehen der Kolbenstange oder

des Kreuzkopfs aber vermieden wird. Die von Ehrhardt und Sehmer an Großgasmaschinen angewandte Verbindung, Abb. 1176, umgeht das Gewinde im Kreuzkopf. Beim Anziehen legt sich die Mutter gegen den Innenrand der geteilten Muffe und preßt gleichzeitig die Endflächen der Kolbenstange

auf den Grund der Bohrung, wo die Druckkräfte in der Stange unmittelbar übertragen, während Zugkräfte durch die Mutter und die Muffe geleitet werden. Sehr rasch ist die Lösung der Verbindung durch geringes Zurückschrauben der Mutter und Abnehmen der Muffe möglich.

An Gleichstromdampfmaschinen ist es notwendig, das Kolbenspiel gegenüber den Stirnwänden des Zylinders weitgehend einzuschränken und den Kolben genau einstellen zu können, damit die Verdichtung geregelt werden kann. Professor Stumpf benutzt zu dem Zwecke Kreuzköpfe

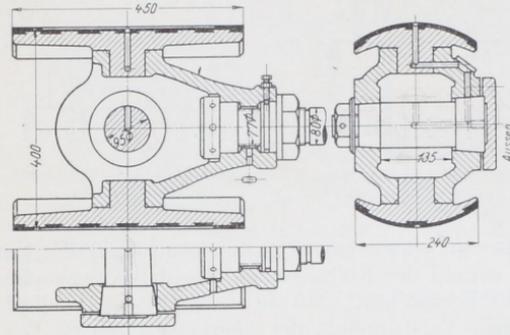


Abb. 1177. Kreuzkopf für Gleichstromdampfmaschinen, Prof. Stumpf.

nach Abb. 1177, bei denen die Kolbenstange mit der innen liegenden Mutter eingestellt, durch die außen liegende verspannt und gesichert wird.

b) Die Ausbildung der Gleitschuhe.

Die Gleitschuhe haben die Aufgabe, den Seitendruck N , Abb. 1178, dem der Kreuzkopf beim Ausschlagen der Schubstange ausgesetzt ist, auf die Gleitbahn zu übertragen, in der die Schuhe mit Laufsitz laufen. Am geraden Kurbeltrieb erreicht N beim größten Ausschlag der Stange, der nach $\sin \psi = \frac{R}{L} \sin \varphi$ durch den Größtwert

von $\sin \varphi$, also bei $\varphi = 90^\circ$ gegeben ist, die Größe $P \operatorname{tg} \psi = P \frac{R}{\sqrt{L^2 - R^2}}$, die genügend genau durch $N = P \cdot \frac{R}{L}$ ersetzt werden kann. Der Druck soll bei liegenden Maschinen

möglichst von der unteren Gleitbahnfläche, längs welcher der Kreuzkopf schon durch sein Eigengewicht aufliegt und an der die Schmierung wesentlich leichter ist, bei stehenden Maschinen von der Haupttragfläche aufgenommen werden. Daraus ergeben sich die üblichen Umlaufrichtungen: an Kraftmaschinen im Sinne des Pfeiles der Abb. 1178, an Arbeitsmaschinen im entgegengesetzten. Abweichungen von dieser Regel haben leicht Störungen zur Folge. So bewährten sich Gasmaschinen, bei denen je zwei Zylinder einander gegenüber angeordnet, auf eine dazwischen liegende gemeinsame Welle arbeiteten, nicht, weil die Kreuzköpfe auf der rückläufigen Seite versagten. Bei



Abb. 1178. Zerlegung des Kolbendruckes P im Kreuzkopf.

umsteuerbaren Maschinen, Lokomotiven und Schiffsmaschinen wechselt auch der Bahndruck; an ihnen ist für besonders gute Führung, gegebenenfalls für Nachstellmöglichkeit der Gleitschuhe bei eintretender Abnutzung Sorge zu tragen. Das Abheben des Kreuzkopfes von der Gleitbahn kann auch vorkommen, wenn der Druckwechsel verhältnismäßig früh eintritt, wie z. B. die Punkte W_1 und W_2 in Abb. 1112 für die Wasserwerkmaschine, Tafel I, im Gegensatz zu Abb. 1113, die für die Betriebsmaschine gilt, andeuten.

Nachstellvorrichtungen der Schuhe sind im allgemeinen an Kreuzköpfen von Maschinen mit der üblichen Umlaufrichtung entbehrlich, wenn die Laufflächen genügend

groß, einem Flächendruck von $p = 2$ bis höchstens 3 kg/cm^2 entsprechend, gewählt werden. An Lokomotiven finden sich Drucke bis zu 6 kg/cm^2 , doch treten dabei merkbare Abnutzungen ein. Als Anhalt für die Abmessungen der Schuhe gewöhnlicher Kreuzköpfe kann dienen, daß ihre Breite $b_1 = 1 \dots 1,2 h$ genommen zu werden pflegt, womit die Länge $l_1 = \frac{N}{p \cdot b_1}$ wird. Konstruktiv sucht man beim Nachstellen, wenn nötig, mit dünnen Blechzwischenlagen, wie es in Abb. 1198

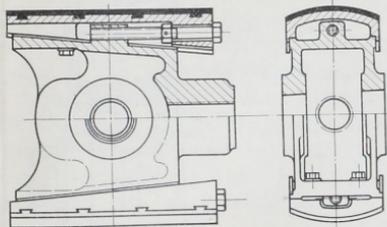


Abb. 1179. Kreuzkopf mit Keilnachstellung der Schuhe.

bei A möglich wäre, auszukommen, teure und empfindliche Keilnachstellungen, Abb. 1179, aber zu vermeiden. Durch kräftige und steife Formen, sowie durch symmetrische Ausbildung der Schuhe, sowohl zur Längsebene, wie auch vor und hinter dem Kreuzkopfbolzen, sorgt man für möglichst gleichmäßige Verteilung des Flächendrucks. Falsch ist die einseitige Ausbildung der Schuhe in Abb. 1180, bei der sich die Auflagepressung sehr ungleichmäßig verteilt.

Die Gleitflächen bestehen aus Gußeisen, Weißmetall oder Rotguß. Stahlguß muß wegen der Neigung zum Fressen vermieden werden. Gußeiserne Schuhe werden bei kleineren und mittleren Abmessungen, von einigen Firmen selbst bei den größten Ausführungen verwandt, müssen aber dann sehr sorgfältig und genau passend hergestellt werden. Weißmetall bietet den Vorteil, daß es sich beim Betrieb der Lauffläche leichter anschmiegt; man verwendet es vor allem an Köpfen mit angegossenen Schuhen aus Stahlguß, Abb. 1181 und 1191, aber auch an gußeisernen, besonders aufgesetzten Schuhen, Abb. 1177, hält es durch schwalbenschwanzförmige Nuten fest, Abb. 1181, setzt es an Schiffsmaschinen auch streifenförmig quer zur Laufrichtung, Abb. 1185, ein. Rotguß findet sich in den auswechselbaren Futter der Lokomotivkreuzköpfe, Abb. 1182.

Die Verbindung der Schuhe mit dem Körper muß geeignet sein, die Kräfte zu deren Mitnahme zu übertragen, muß das Abdrehen derselben auf dem Kreuzkopfkörper ermöglichen und soll den Schuhen gestatten, sich der Gleitbahn anzupassen. Der ersten Bedingung leistet man meist durch sorgfältig eingepaßte Zapfen, Leisten, Schrauben, Stifte oder sonstige Paßmittel Genüge; nur bei rasch laufenden Maschinen mit großen Beschleunigungsdrukken werden gelegentlich Spannungsverbindungen, etwa durch Keile, für nötig gehalten. In Abb. 1198 dienen z. B. zur Mitnahme runde Zapfen, auf denen die Schuhe durch Kopfschrauben gehalten werden, während Federn F die Momente, die der Druck des Drehstahles beim Bearbeiten erzeugt, aufnehmen. Die Federn können nach der Bearbeitung der Schuhe herausgenommen werden, um den Schuhen gemäß der dritten der oben angeführten Forderungen eine gewisse Selbsteinstellbarkeit gegenüber

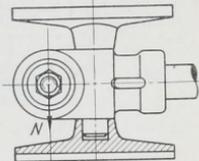


Abb. 1180. Kreuzkopf mit falscher, weil einseitiger Ausbildung der Schuhe zur Ebene des Normaldruckes N .

Die Gleitflächen bestehen aus Gußeisen, Weißmetall oder Rotguß. Stahlguß muß wegen der Neigung zum Fressen vermieden werden. Gußeiserne Schuhe werden bei kleineren und mittleren Abmessungen, von einigen Firmen selbst bei den größten Ausführungen verwandt, müssen aber dann sehr sorgfältig und genau passend hergestellt werden. Weißmetall bietet den Vorteil, daß es sich beim Betrieb der Lauffläche leichter anschmiegt; man verwendet es vor allem an Köpfen mit angegossenen Schuhen aus Stahlguß, Abb. 1181 und 1191, aber auch an gußeisernen, besonders aufgesetzten Schuhen, Abb. 1177, hält es durch schwalbenschwanzförmige Nuten fest, Abb. 1181, setzt es an Schiffsmaschinen auch streifenförmig quer zur Laufrichtung, Abb. 1185, ein. Rotguß findet sich in den auswechselbaren Futter der Lokomotivkreuzköpfe, Abb. 1182.

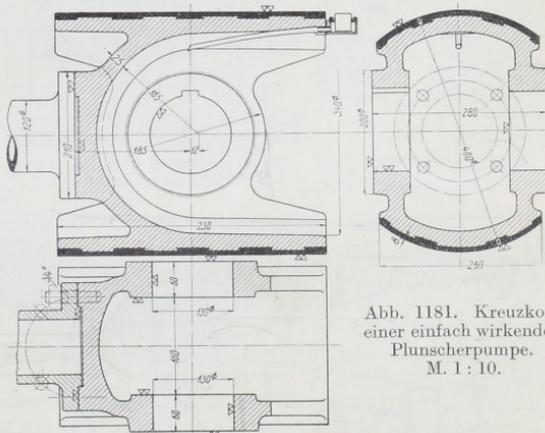


Abb. 1181. Kreuzkopf einer einfach wirkenden Plunserpumpe. M. 1 : 10.

Die Verbindung der Schuhe mit dem Körper muß geeignet sein, die Kräfte zu deren Mitnahme zu übertragen, muß das Abdrehen derselben auf dem Kreuzkopfkörper ermöglichen und soll den Schuhen gestatten, sich der Gleitbahn anzupassen. Der ersten Bedingung leistet man meist durch sorgfältig eingepaßte Zapfen, Leisten, Schrauben, Stifte oder sonstige Paßmittel Genüge; nur bei rasch laufenden Maschinen mit großen Beschleunigungsdrukken werden gelegentlich Spannungsverbindungen, etwa durch Keile, für nötig gehalten. In Abb. 1198 dienen z. B. zur Mitnahme runde Zapfen, auf denen die Schuhe durch Kopfschrauben gehalten werden, während Federn F die Momente, die der Druck des Drehstahles beim Bearbeiten erzeugt, aufnehmen. Die Federn können nach der Bearbeitung der Schuhe herausgenommen werden, um den Schuhen gemäß der dritten der oben angeführten Forderungen eine gewisse Selbsteinstellbarkeit gegenüber

der Gleitbahn zu geben, wie sie noch weiter durch Einschalten von Kugelflächen nach Abb. 1183 vervollkommen werden kann. Die Schuhe der Abb. 1195 werden zu vieren zu-

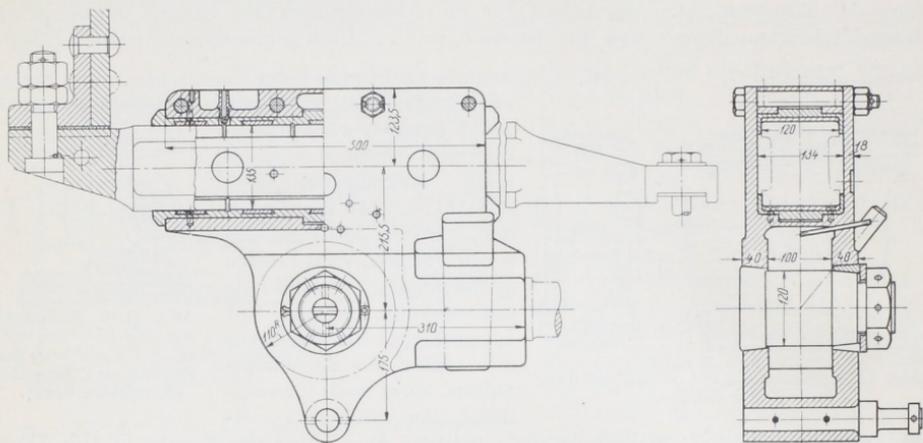


Abb. 1182. Lokomotivkreuzkopf mit Rotgußgleitflächen. M. 1 : 10.

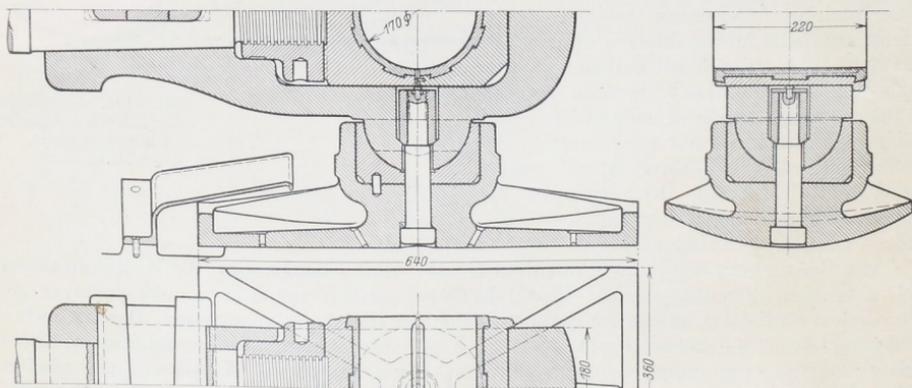


Abb. 1183. Kreuzkopf mit kugeliger Stützung der Schuhe, Gebr. Sulzer, Winterthur. (Nach Frey, Schubstangen und Kreuzköpfe.)

sammengedrossen, getrennt vom Kreuzkopf innen und außen durch Drehen bearbeitet und durch Zentrierleisten und Kegelstifte in der richtigen Lage gegenüber dem Kreuz-

kopfkörper gehalten. Sorgfältige Sicherung aller Schrauben, Federn usw., die beim Lösen oft tiefe Riefen in die Gleitbahn einarbeiten, ist geboten.

Die Gleitflächen erhalten entweder die zylindrische, durch Abdrehen hergestellte Form, Abb. 1195, oder die ebene, Abb. 1191. Die erste gestattet den zentrischen Einbau des Kreuzkopfes in der Bohrung des Rahmens, Abb. 1698, unter gleichzeitiger Sicherung der seitlichen Führung. Die zweite setzt eine ebene, gehobelte oder gefräste Lauffläche, Abb. 1678, voraus und wird namentlich bei einseitiger Führung angewandt. Sie verlangt dann zwar besondere Leitlineale, um das Abheben des Kreuzkopfes von der Gleitfläche zu verhüten und um die seitliche Führung zu sichern, wird dadurch mehrteiliger und teurer, bietet aber den Vorteil größerer Zugänglichkeit der Teile, wie z. B. Abb. 1166 an einem offenen Rahmen einer Großgasmaschine zeigt. An Lokomotiven findet sich auch die einseitige Führung längs eines Lineals, Abb. 1182 oder längs einer gedrehten Stange. Veraltet ist die schwere und teure Ausführung, Abb. 1184 und 149, mit zwei seitlichen Schlitten.

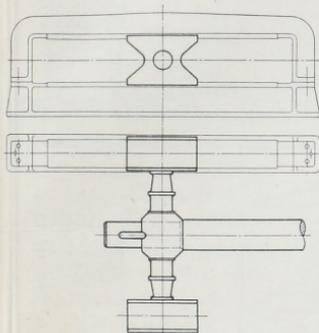


Abb. 1184. Veraltete Form des Kreuzkopfes.

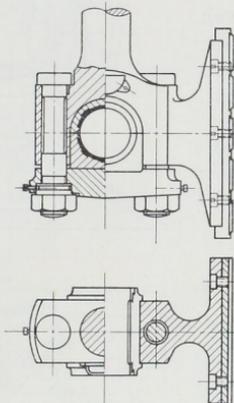


Abb. 1185. Mit Kolbenstange und Schuh aus einem Stück geschmiedeter Schiffsmaschinenkreuzkopf.

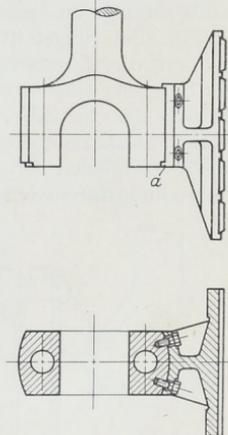


Abb. 1186. Abänderung des Kreuzkopfes Abb. 1185.

c) Gestaltung der Lager.

Die Ausbildung der Lager in Lagerkreuzköpfen, Abb. 1198, entspricht völlig denen in Schubstangen. Besonders ist darauf zu achten, daß das Anziehen des Keiles oder der Schrauben zum Nachstellen der Schalen bequem möglich ist und daß die einzelnen Teile herausgenommen werden können, ohne den ganzen Kreuzkopf ausbauen zu müssen. Eine Sonderausführung gibt Abb. 1183, wo die Nachstellung durch eine auf die verlängerte Kolbenstange aufgesetzte Mutter bewirkt wird. Einem offenen Schubstangenkopf entspricht die Ausführung Abb. 1185, einer Schiffsmaschine entnommen, bei der der Kreuzkopfkörper mit der Kolbenstange aus einem Stück geschmiedet ist — eine durch die unzumutbare Form schwierige und sehr teure Arbeit! Der Ausbau des ganzen Kreuzkopfes verlangt ein Lösen der Kolbenstange im Kolben. Um wenigstens die Lagerteile leicht herausnehmen zu können, ist der Kopf mit einem Deckel versehen, der durch kräftige Schrauben gehalten wird. Nicht selten kommen aber Brüche dieser Schrauben vor, die Bach auf Biegespannungen infolge Durchbiegungen des Deckels zurückführt, so daß unbedingt kräftige Deckelformen zu empfehlen sind. Auch auf das gleichmäßige Anziehen beider Schrauben, das durch die geringe Zugänglichkeit der hinteren oft sehr erschwert wird, ist größte Sorgfalt zu verwenden; sonst sind Überlastungen der einen Schraube ganz unvermeidlich. Wesentlich günstiger in bezug auf Herstellung und Bearbeitung ist die Ausbildung des Kreuzkopfes nach Abb. 1186, bei der die Stange nur mit dem Hauptteil des Kreuzkopfes zusammengeschmiedet, der ganze Gleitschuh aber angesetzt, durch Schrauben gehalten und beim Laufen durch die Knaggen *a* mitgenommen wird.

d) Form und Ausbildung der Kreuzkopfkörper.

Die Gestaltung des Kreuzkopfkörpers hängt von der Art der Herstellung — durch Gießen oder Schmieden — ab. Das Schmieden verlangt, wie schon oben erläutert, möglichst einfache Formen, wie sie die Abb. 1160 und 1166 für gegabelte Schubstangen zeigen. Formen nach Abb. 1198 mit unmittelbar angesetzten langen Zapfen für die Schuhe bereiten größere Schwierigkeiten beim Schmieden; günstig ist dagegen wieder der in Abb. 1187 mit der Kolbenstange aus einem Stück geschmiedete, ungeteilte Körper, in den die Lagerschalen von der Seite her eingesetzt werden, so daß der bei Abb. 1185 erwähnte Deckel mit seinen Nachteilen vermieden ist. Bei der Herstellung durch Gießen ist man

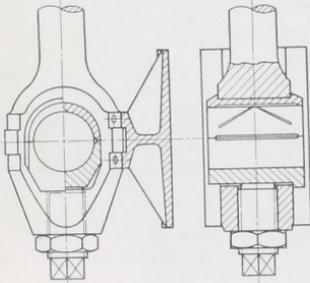


Abb. 1187. Kreuzkopf mit Schraubennachstellung.

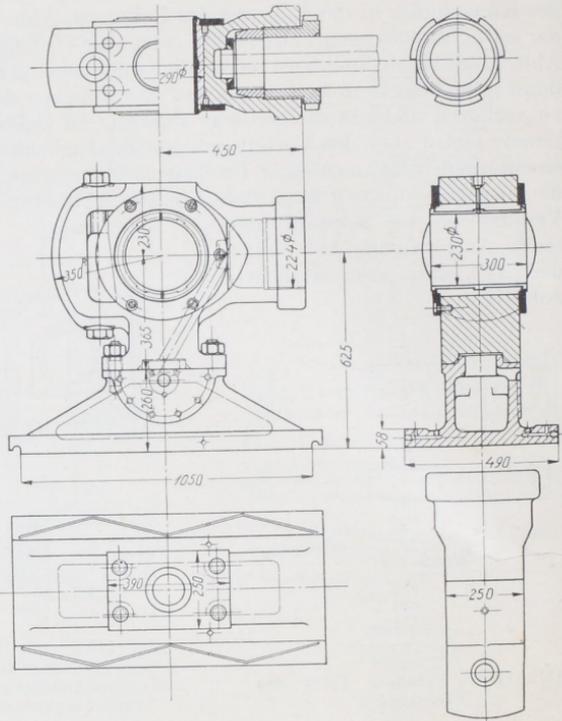


Abb. 1188. Großgasmaschinenkreuzkopf. Siegener Maschinenbau A.-G., Siegen. M. 1: 20.

in der Formgebung freier; neben den einfacheren Formen, Abb. 1170 und 1188, sind auch gegabelte, Abb. 1193 oder Hohlformen, Abb. 1195, ohne weiteres möglich. Die konstruktive Entwicklung sei an dem Beispiel, Abb. 1189, näher erläutert. Dem Schubstangenkopfe, Abb. 1258, entspricht am besten ein Körper von kugelförmiger Grundform, der nach vorn zu zylindrisch verlängert oder kegelig erweitert, seitlich durch zwei ebene Wände abgeschlossen ist und der durchweg die gleiche Wandstärke hat. Auf ihn setzt man außen und innen Augen zur Stützung des Kreuzkopfbolzens und in Richtung der Kolbenstange die Nabe für das Stangende an, unten und oben aber die Zapfen zur Mitnahme der Gleitschuhe mit niedrigen Augen zur Schaffung einer Auflagefläche. Das nötige Widerstandsmoment des auf Biegung stark beanspruchten

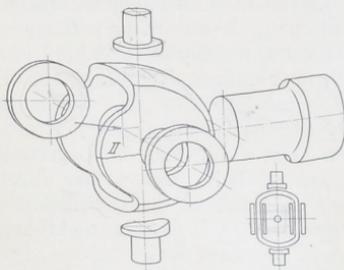


Abb. 1189. Konstruktive Entwicklung des Kreuzkopfkörpers.

Querschnittes II kann durch Auswölben der Seitenwandungen erzielt werden.

In Abb. 1190 ist die Außenfläche als reiner Drehkörper ausgebildet, um die Herstellung des Modells oder, wenn es verlangt wird, die vollständige Bearbeitung des Körpers zu erleichtern.

obere Gleitschuh zur Zuführung benutzt, indem das Öl des Gefäßes *I* von der Kante *a* abgestreift, durch das Röhrchen *R* in die Aussparung am Schubstangenkopfe und auf den Zapfen fällt. Gefäß *II* dient zur Gleitschuh schmierung; das Öl wird von der Kante *b* abgenommen und zur Verteilung den Nuten *N* zugeführt. Die wichtigere untere Gleitfläche ist durch das von der oberen und vom Zapfen abfließende Öl hinreichend geschmiert. Zweckmäßig ist aber, das Öl an den Enden der Gleitbahn durch Rippen oder Kappen, Abb. 1165, aufzufangen. Der Schuh taucht in den Totlagen in das dort sich sammelnde Öl und nimmt einen Teil wieder mit. Durch geeignete Form der Kappe kann man erreichen, daß das Öl über die Rippen *K* der Abb. 1195 an den Schuhen hinwegspritzt und durch Bohrungen *B* den Schmiernuten in der Gleitfläche wieder zugeführt wird. An stehenden Maschinen dienen zu ähnlichem Zwecke die geschlitzten, dicht über der Gleitbahn laufenden Bleche *A*, Abb. 1193, die in die Ölbecher am Ende der Gleitbahn tauchen und das dort aufgefangene Öl wieder mit nach oben nehmen. Frisches wird der Bahn tropfenweise am oberen Ende zugeführt. Über Preßschmierung vgl. die Ausführung unter Schubstangen auf Seite 716.

Bei der Anordnung der Schmiernuten in Abb. 1195 war maßgebend, daß das Öl am oberen Schuh von selbst nach der Seite hin abzufließen sucht und daß deshalb eine Nut auf einer schmalen Fläche ausreicht. Am unteren Schuh sind die zickzackförmigen Nuten über die ganze Breite hinweg gezogen.

Flüssige Reibung läßt sich an den Gleitschuhen

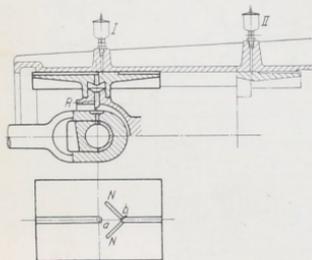


Abb. 1194. Kreuzkopfschmierung.

unter Vermeidung jeglicher Abnutzung erreichen, wenn man bei der Bewegung keilförmige Schmier-schichten nach den Ausführungen an Stützzapfen S. 681 erzeugt. Schon das sorgfältige Ab-runden und schlanke Anschr-

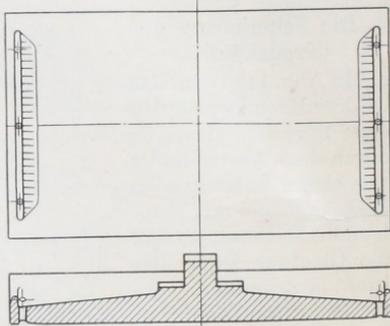


Abb. 1194a. Ausbildung der Schmiernuten an Kreuzkopfschuhen zur Erzielung flüssiger Reibung.

gen der Vorder- und Hinterkanten der Schuhe kann dieselben zum Schwimmen auf dem Öl bringen, namentlich, wenn die Schuhe sich auf Gelenken, Abb. 1183, ähnlich wie die Stützflächen an Michell-Lagern selbsttätig schräg einstellen können. In Verbindung mit dem durch die Rippe *K*, Abb. 1195, gegebenen Ölfängern würden auch keilförmige Flächen nach Abb. 1194a sehr wirksam sein.

Bezüglich der Berechnung der einzelnen Teile von Kreuzköpfen sei auf die folgenden Beispiele und die ausführlichen Darlegungen und die Kritik der Festigkeitsberechnung von Schubstangenköpfen, S. 719, verwiesen.

5. Ausführungs- und Berechnungsbeispiele.

Abb. 931a zeigt den Kolben einer einfach wirkenden Gasmaschine mit eingebautem Kreuzkopfbolzen, um die Baulänge der Maschine klein zu halten. Dabei muß der Kolben selbst eine genügend große Tragfläche zur Aufnahme des Seitendruckes des Kurbeltriebes bieten. Er kann zu dem Zwecke ähnlich, wie die selbsttragenden Kolben am unteren Drittel genau auf dem Zylinderdurchmesser, im oberen Teil dagegen exzentrisch abgedreht werden, um die Ausdehnungsmöglichkeit im Zylinder sicher zu stellen.

Berechnungsbeispiel. Kreuzkopf zur Wasserwerkmaschine, Tafel I. a) Gabelform, Abb. 1195, zum geschlossenen Schubstangenkopf, Abb. 1258, passend. Größter Druck in den Totlagen der Kurbel: Summe des Dampf- und Pumpendruckes auf der Hochdruckseite, $P_{\text{max}} = 20600 \text{ kg}$; größter Dampfdruck im Niederdruckzylinder der als Betriebs-

$$h^2 = \frac{6 \cdot P_{\max} \cdot D}{8 \cdot b \cdot k_b} = \frac{6 \cdot 20600 \cdot 21}{8 \cdot 2,6 \cdot 1200} = 104; \quad h = 10,2 \text{ cm.}$$

Wegen Abrundung gewählt $h = 120 \text{ mm}$.

Überstehendes Ende der Kolbenstange $h_1 = \frac{1}{2} h = 55 \text{ mm}$, Höhe des Kreuzkopfbundes über den Keil $h_2 = 70 \text{ mm}$.

Beanspruchung im Querschnitt I von 165 mm Außendurchmesser:

$$\sigma_z = \frac{P_{\max}}{f_I} = \frac{20600}{\frac{\pi}{4}(16,5^2 - 9,5^2) - 2,6 \cdot 7} = 164 \text{ kg/cm}^2.$$

Die Kreuzkopfhöhlung hat eine kugelige, seitlich durch ebene Wände begrenzte Grundform, die dem Schubstangenkopf selbst in der schrägsten Lage reichlich Spielraum bietet und die Zugänglichkeit der Keilstellschrauben wahrht. Der Kreuzkopfbolzen von 120 mm Durchmesser und 180 mm Länge an der Lauffläche (vgl. Seite 650) sitzt mit einem durchgehenden Kegel in den beiderseits der Wangen aufgesetzten Augen und wird durch eine Mutter verspannt und gehalten.

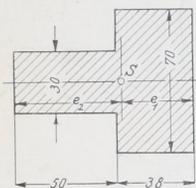


Abb. 1197. Schnitt II durch den Kreuzkopf Abb. 1195.

Querschnitt II, schwelend auf Biegung beansprucht. Auf der Seite mit dem weiteren Loche ergibt sich ein mittlerer Bohrungsdurchmesser von $d' = 142 \text{ mm}$. Schwerpunktabstand von der Innenkante, Abb. 1197:

$$e_1 = \frac{\sum f \cdot \xi}{\sum f} = \frac{7 \cdot 3,8 \cdot 1,9 + 5 \cdot 3 \cdot 6,3}{7 \cdot 3,8 + 5 \cdot 3} = \frac{145,4}{41,6} = 3,5 \text{ cm.}$$

Trägheitsmoment:

$$J = \frac{7 \cdot 3,8^3}{12} + 7 \cdot 3,8 \cdot 1,6^2 + \frac{3 \cdot 5^3}{12} + 3 \cdot 5 \cdot 2,8^2 = 249 \text{ cm}^4.$$

Betrachtet man die Wange näherungsweise als einen geraden Träger von $l' = 180 \text{ mm}$ Stützweite, so wird die größte Zugspannung in der äußeren Faser in $e_2 = 53 \text{ mm}$ Abstand vom Schwerpunkte:

$$\sigma_b = \frac{P_{\max}}{4} \frac{\left(\frac{l'}{2} - \frac{d'}{4}\right) e_2}{J} = \frac{20600}{4} \frac{\left(\frac{18}{2} - \frac{14,2}{4}\right) \cdot 5,3}{249} = 597 \text{ kg/cm}^2.$$

Zulässig. Die Wange muß, um den angenommenen Querschnitt zu ermöglichen, weit herausgezogen werden. Dabei wird man aber darauf achten, daß die Ausbuchtung nur an der ebenen Wand, Abb. 1189, ansetzt und nicht auf den zylindrischen Teil übergreift.

Die gußeisernen Schuhe werden in Rillen, die um die Längsachse des Kopfes gedreht sind, gehalten und durch Kegelstifte gesichert. Sie können zu vieren zusammengegossen, gemeinsam außen und innen abgedreht werden, wie es der Seitenriß andeutet. Der Außendurchmesser D ergibt sich aus der Abb. 1165 bei $l_1 = 600 \text{ mm}$ Schuhlänge, einem Stangenverhältnis $\frac{R}{L} = \frac{1}{5}$ und unter Berücksichtigung des auf der Gleitbahn aufgesetzten Ölfängers zu 560 mm.

Suhbreite aus dem Auflagedruck in der Gleitbahn $p = 1,8 \text{ kg/cm}^2$. Maßgebend die größte in der Mitte des Hubes wirkende Kolbenkraft $P_d = 17400 \text{ kg}$.

$$b = \frac{P_d \cdot R}{L \cdot l_1 \cdot p} = \frac{17400}{5 \cdot 60 \cdot 1,8} = 32,2 \text{ cm.}$$

Gewählt 340 mm Breite.

Die Schmierung des Kreuzkopfbolzens geschieht durch einen Abstreichhölzer, die des oberen Gleitschubes durch ein auf der Rahmenmitte sitzendes Schmiergefäß. Dem unteren Schuh wird das an den Enden der Gleitbahn sich sammelnde Öl durch Ölfänger, die es hinter die Leisten K , Abb. 1195, spritzen, immer wieder zugeführt. Während

