

$$\eta = 1 - 0,08 \cdot 1,57 \left(\frac{0,320}{2 \cdot 0,5} + \frac{0,08}{3,14 \cdot 2,5} + \frac{0,5}{5} \right)$$

$$= 1 - 0,126 (0,320 + 0,01 + 0,10) = 1 - 0,054 = 0,946.$$

Durch die Nebenhindernisse der Kurbelbewegung ohne Berücksichtigung der Reibung, welche das Gewicht des Schwungrades veranlaßt, gehen daher etwa $5\frac{1}{2}$ Procent der Kraft verloren.

Die Construction der Kurbel. Der Kurbelarm wird in den meisten §. 155. Fällen als besonderes Stück gebildet und mit seiner Bohrung genau passend auf das Stirnende der Kurbelwelle gesteckt. Bei den Handkurbeln für Winden macht man denselben wegen seiner im Verhältniß zur Länge (0,3 — 0,45 Meter) geringen Stärke in der Regel aus Schmiedeeisen, Fig. 580, und befestigt ihn auf der Kurbelwelle *A* mittelst der Mutter *F*. Die Kurbelwarze wird hier durch einen 0,3 — 0,48 Meter langen Stift *CD* gebildet, welcher bei *C* in den Kurbelarm genietet wird, und auf welchen als Handhabe für die Arbeiter eine Hülse *E* von Holz oder Blech lose drehbar aufgesteckt wird. Zuweilen schmiedet man auch wohl die Handhabe mit dem Kurbelarme aus einem Stücke *BCD*, Fig. 581, und läßt die Hülse ganz

Fig. 580.

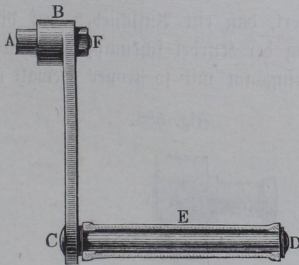
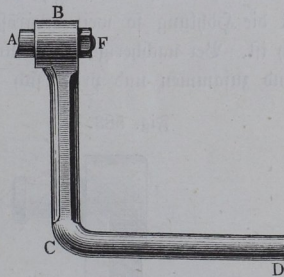


Fig. 581.

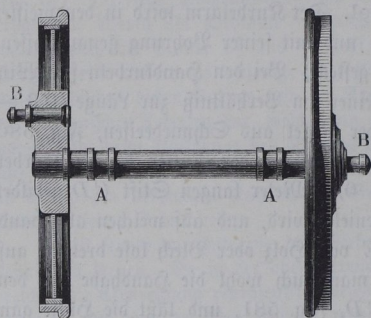


fort, welches letztere aber nicht zu empfehlen ist. Ist auf dem Ende der Kurbelwelle ein hinreichend großes Schwungrad angebracht, so kann man auch die Handhabe direct in einen Arm derselben in der entsprechenden Entfernung von der Mitte einschrauben, wie dies z. B. bei Häcksel- und Handbaggermaschinen u. oft geschieht. Auch die Kurbelzapfen zum Drehen der Schwungradwelle durch Fußbewegung an Nähmaschinen setzt man oft in einen Schwungradarm. Die Kurbeln größerer Dampfmaschinen macht man wegen der leichteren Herstellung dagegen meist von Gußeisen, und nur da, wo man mit Rücksicht auf eine besondere Solidität die größeren Kosten nicht scheut, wendet man auch hier Schmiedeeisen an. Bei den Locomotiven mit außen liegenden Cylindern schmiedet man die Naben der Triebräder be-

hufs Aufnahme der Kurbelzapfen zu entsprechenden Verstärkungen aus. In Fig. 582 sind *B, B* die Kurbelzapfen, welche um 90 Grad gegen einander versetzt sind.

Von den beiden hier gezeichneten Kurbeln für Dampfmaschinen, welche den in Redtenbacher's Resultaten angegebenen Verhältnissen gemäß gezeichnet sind, stellt Fig. 583 eine

Fig. 582.

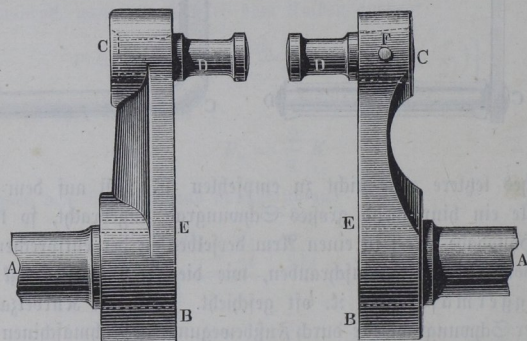


gußeiserne, Fig. 584 eine schmiedeeiserne Kurbel vor. Auf die Befestigung der Kurbel auf der Ase *A* muß bei diesen Kurbeln große Sorgfalt verwendet werden, und man begnügt sich in der Regel nicht mit dem Keil oder dem Schraubenstifte *E*, sondern setzt die Kurbeln häufig warm auf die Axen, indem man nämlich die Bohrung der Kurbel um wenig enger ausführt als der Durch-

messer des Wellenendes beträgt, und nun durch mäßige Erwärmung der Kurbel die Höhlung so weit vergrößert, daß ein Aufchieben auf die Ase möglich ist. Bei nachheriger Erkaltung der Kurbel schrumpft die Nabe entsprechend zusammen und preßt sich ringsum mit so großer Gewalt an die

Fig. 583.

Fig. 584.



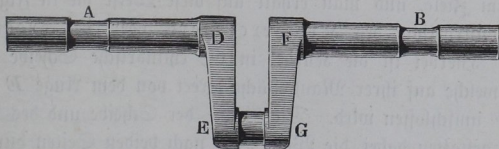
Axe, daß die dadurch erzeugte Reibung in der Regel schon ein Lösen verhindert. Da hierbei indessen das Material der Nabe schon von vornherein einer gewissen Spannung unterworfen ist, so wird die Differenz, um welche die Bohrung kleiner zu machen ist, als der Axenschaft, nur sehr gering sein

dürfen. Eine genaue Berechnung dieser möglichen Differenz und der dadurch veranlaßten Spannungen der Nabe ist mit Sicherheit nicht ausführbar, man wird indeß für gußeiserne Kurbeln keine höhere Erwärmung annehmen dürfen als etwa zu 200° C., da die Festigkeit des Gußeisens mit der Erwärmung bekanntlich sehr schnell abnimmt. Wollte man eine solche Erwärmung zu Grunde legen, so würde die cylindrische Bohrung vom Durchmesser d auf $d(1 + 200 \cdot 0,000011) = 1,002 d$ sich erweitern, die Welle dürfte also höchstens um $\frac{1}{500}$ ihres Durchmessers stärker gehalten werden als die Bohrung der Nabe. Die Befestigung des Kurbelzapfens D in der Kurbel geschieht häufig durch einen Keil oder Stift, F in Fig. 584, oder auch durch Vernietung bei C , Fig. 583; eine Schraubenmutter wendet man hierfür seltener an, wegen der Gefahr eines Lösens unter Einfluß der beständigen Druckwechsel der Schubstange.

Um den Kurbelhub nach Bedarf veränderlich machen zu können, wie es für manche Hobel- und Nuthstoßmaschinen erforderlich ist, versieht man den Kurbelarm auch mit einem prismatischen und radial gerichteten Schlitz, in welchem ein den Kurbelzapfen tragendes Gleitstück mit Hülse einer Stellschraube verschiebbar angebracht ist. Auch bedient man sich in diesem Falle anstatt des Kurbelarmes wohl einer auf der Axe fest aufgekitteten Scheibe, welche mit mehreren in verschiedenen Abständen von der Mitte angebrachten Löchern zur Aufnahme des Zapfens versehen ist.

Die hier besprochenen Kurbelconstructions sind nur anwendbar, wenn die Kurbel auf dem freien Ende der Welle angebracht werden kann, die letztere selbst also nur nach der einen Seite der Kurbelenebene sich erstreckt. Wenn dagegen, wie es bei den Schiffsmaschinen und bei den Locomotiven mit inneren Cylindern der Fall ist, die Kurbelwelle nach beiden Seiten der Kurbelenebene sich fortsetzen muß, so ist man genöthigt, die Kurbel durch eine entsprechende Kröpfung der Welle zu bilden, wie Fig. 585 zeigt. Diese sogenannten gekröpften Axen oder Krummzapfenwellen werden immer

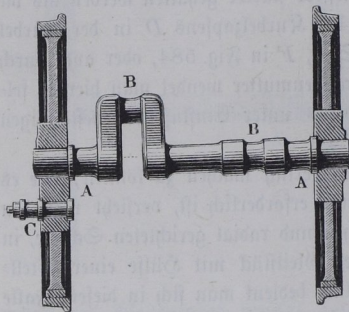
Fig. 585.



aus Schmiedeeisen gemacht und zwar in der Regel aus einem Stücke geschmiedet, nur bei sehr großen Stärken, wie sie etwa bei Schiffsmaschinen vorkommen, pflegt man wohl die Kurbelarme DE und FG als besondere Stücke auf die Axenschenkel zu setzen und beide Theile durch den gemein-

schaftlichen Kurbelzapfen *EG* zu verbinden. Von der Verwendung von Gußeisen für solche gekröpfte Axen ist man heutzutage bei den Fortschritten, welche man in der Herstellung schwerer Schmiedestücke gemacht hat, so gut wie gänzlich zurückgekommen, weil gußeiserne Krummzapfenwellen nur geringe Sicherheit gegen Stöße darbieten. Für zweicylindrige Dampfmaschinen versteht man solche Krummzapfenwellen mit zwei unter rechtem Winkel zu

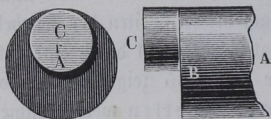
Fig. 586.



einander geneigten Kröpfungen, und es ist in Fig. 586 eine derartige Ase für eine Locomotive dargestellt. Hierbei sind *B, B* die Zapfen der Kröpfungen, an denen die Lenkerstangen der Dampfzylinder angreifen, während zwei in die Naben der Triebräder eingesetzte Zapfen, von denen in der Figur nur der eine *C* sichtbar ist, dazu dienen, mit Hilfe zweier Kuppelungsstangen eine zweite Triebaxe durch den Mechanismus der Parallelkurbeln (s. §. 137) in Umdrehung zu setzen.

§. 156. **Excenter.** Wenn eine Kurbel nur eine geringe Armlänge *r* hat, so kann man unter gänzlicher Umgehung eines besonderen Kurbelarms die Construction nach Fig. 587 derart ausführen, daß man das Ende der Kurbel-

Fig. 587.



welle *AB* zu einem excentrisch stehenden Zapfen *C* abdreht, dessen Excentricität *AC* die gewünschte Kurbellänge vorstellt. Will man in diesem Falle die Ase *AB* nach beiden Seiten verlängern, ohne sie in ihrer Stärke zu verschwächen, so kommt man durch

eine entsprechende Vergrößerung des Zapfens *C* leicht zum Ziele, und man erhält auf diese Weise die in Fig. 588 dargestellte Construction des Kreisexcenters oder der excentrischen Scheibe. Hierbei ist die Kurbel in die cylindrische Scheibe *CD* übergegangen, welche auf ihrer Mantelfläche direct von dem Auge *E* der Lenkerstange *EF* umschlossen wird. Die Größe der Scheibe und des Auges oder Bügels *E* gestatten dabei, die Welle *AB* nach beiden Seiten durchzuführen, d. h. man kann derartige excentrische Scheiben an jeder beliebigen Stelle einer Ase bequem anordnen. Diese letztere Eigenschaft hat den Kreisexcentern eine sehr verbreitete Anwendung verschafft, insbesondere werden dieselben zur Bewegung der Steuerungsschieber für Dampfmaschinen ganz allgemein angewendet, wie in Thl. II mehrfach angeführt worden ist. Daß die Bewegungs-