

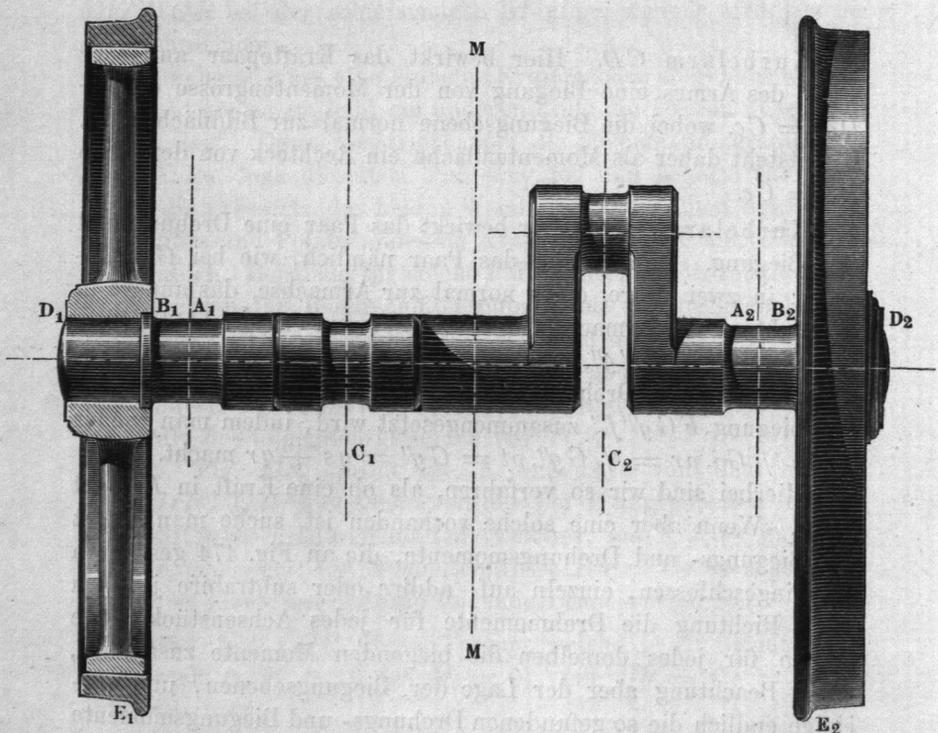
Mühe für den Entwerfenden auf dem Zeichenbureau einer Fabrik ist klein gegenüber ihrem Nutzen und gegenüber der Wichtigkeit, so schwierige Schmiedestücke, wie die Krummachsen sind, in Bezug auf ihre Beanspruchung vorher genau beurtheilen zu können.

§. 172.

Mehrfache Kurbelachsen. Lokomotivachsen.

Unter den mehrfach gekröpften oder überhaupt mit Kurbeln versehenen Achsen aus Schmiedeisen oder Stahl nehmen die Kurbelachsen der Lokomotiven eine besonders wichtige Stelle ein. Als Beispiel ist hier die Achse einer Lokomotive mit innenliegenden Cylindern gewählt und in Fig. 475 im Grundriss dargestellt.

Fig. 475.



Beim Entwerfe des Momentenplanes geht die Grösse der Triebräder mit ein, weshalb diese in die Figur mit aufgenommen

Kurvenbefahren tritt hierzu eine Horizontalkraft H , welche bis auf $0,4 Q$ gehend veranschlagt werden kann. Die Resultierende R der Kräfte Q und H bildet also die Belastung der Achse. Wir zerlegen dieselbe in die Pressungen P_1 und P_2 auf die Zapfen bei A_1 und A_2 , und in die Pressungen Q_1 und Q_2 auf die Schienenköpfe E_1 und E_2 , welche mit ihrem Gegendrucke die Achse belasten. Die Kräfte Q_1 und Q_2 werden darauf wieder nach den Nabenrändern $B_1 D_1$ und $B_2 D_2$ in je zwei Belastungen zerlegt. Hierdurch erhalten wir, von den gefundenen Kräften nur die normal zur Achse gerichteten Komponenten betrachtend, sechs Vertikalpressungen auf die Achse, nämlich 1, 2, 3 und 4 in D_1, A_1, A_2 und D_2 nach unten wirkend, und 5 und 6 in B_2 und B_1 nach oben wirkend, welche die Achse auf Biegung beanspruchen. Aus diesen Kräften ist unter Annahme einer beliebig, aber nun für die folgenden Untersuchungen ebenfalls beizubehaltenden Poldistanz von F aus das Kräftepolygon $F. 4. O$ gebildet, und daraus in der bekannten Weise das Seilpolygon oder die Momentenfläche $d_1 a_1 a_2 d_2 b_2 b_1$ gebildet, welche für jeden Punkt der Achse das in der Vertikalebene, also hier der Bildebene biegender Moment in ihrer Ordinate liefert; die ganze Fläche ist mit V bezeichnet.

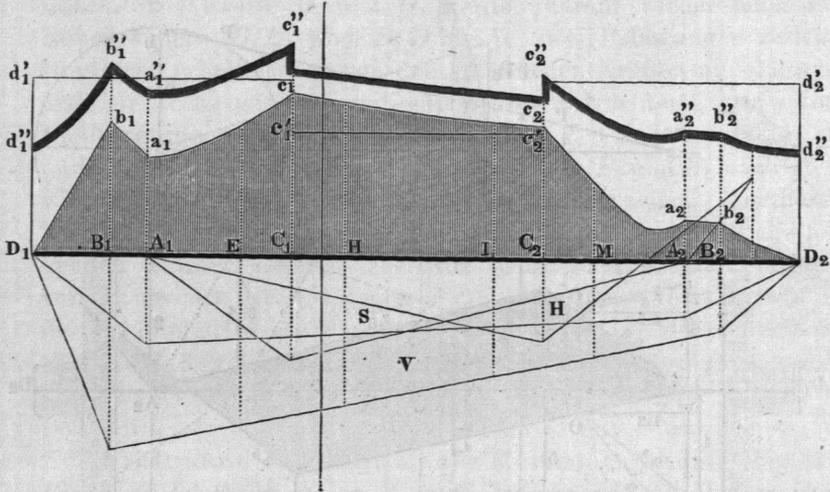
Kräfte und Momente in der Horizontalebene. Fig. 477. Die Kurbelzapfenpressung P wird, wie im vorigen Paragraphen besprochen, bei der Stellung LM der Kurbel etwas grösser als der Kolbendruck P_0 , ihr Moment auf Drehung der Achse aber $(P_0 : \cos \alpha) \cdot R \cos \alpha$, d. i. $= P_0 R$, so dass unter der Annahme, dass das Rad zur Linken auf der Schiene gleite, das andere mit einer dem Moment $P_0 R$ entsprechenden Kraft an der Schiene (am Schienenstoss) hafte, der Gleitwiderstand 3 in $E_2 = (R:r) P_0$ ist. Diese Kraft 3 in E_2 angebracht, und ausserdem die durch den Druck 4 $= P_0$ hervorgerufenen Widerstände 1 und 2 an den Zapfen aufgesucht und aufgetragen, kann das Kräftepolygon $A_1 2 O$, und daraus das (hell schraffierte) Seilpolygon H für die Horizontalmomente konstruiert werden. (Die Kräfte 1 und 2 werden gefunden, indem man zunächst die Lage der Mittelkraft der gleichgerichteten Kräfte 3 und 4 sucht, wie die Figur zeigt, dann die Summe 3 + 4 aufträgt, und sie durch Zerlegung nach A_1 und A_2 in ihre Summanden 1 und 2 theilt.)

Kräfte und Momente in der schiefen Ebene der Pleuelstange. In C_1 greift die Kraft $Q = 5$ unter der durch $\angle MKL = \alpha$ angegebenen Neigung gegen die Horizontale an. Wir zerlegen sie, wie in der Figur zu sehen, in zwei ihr entgegenwirkende

welche die Biegungsbeanspruchungen der Achse (abgesehen von denen der Kurbelarme) angibt.

Die Drehmomente für die Achse. Bei derjenigen Stellung der Kurbeln, welche wir zu Grunde gelegt haben, kommt

Fig. 478.



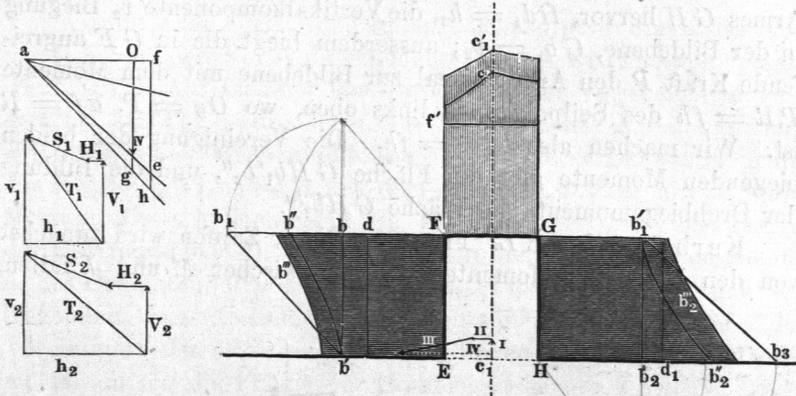
nur von der Kurbel zur Linken ein Drehmoment, und zwar von der Grösse PR in die Achse, welches bis nach D_2 hin geleitet wird. Stehen indessen beide Kurbeln um 45° gegen den Horizont geneigt, so kann in den Endschenkeln $C_1 D_1$ und $C_2 D_2$ das Moment etwa $\sqrt{2} PR \sim 1,4 PR$ werden. Es ist deshalb, obgleich bei einer solchen Kurbelstellung die Biegemomente etwas anders ausfallen, als das letzte Diagramm angibt, dieses Moment in der Grösse $D_1 d_1' = D_2 d_2'$ aufgetragen, während im Schaft $C_1 C_2$ das Moment $C_1 c_1' = C_2 c_2' = PR$ aufgetragen ist, beide in dem durch den Kräftemaassstab und die Poldistanz der früheren Polygone bestimmten Maasse.

Zusammensetzung der biegender und drehender Momente. Die drehenden und biegender Momente werden nun nach Formel §. 45 zu Drehbiegemomenten zusammengesetzt, und daraus die Momentenfläche $D_2 D_1 d_1' b_1'' \dots d_2''$ erhalten, mit Hülfe deren nun die beiden Achsenschenkel $C_1 D_1$ und $C_2 D_2$, sowie der Schaft $C_1 C_2$ konstruirt werden können, nachdem man für irgend eines der vorkommenden Momente, z. B. für die Ordinate $B_1 b_1''$ den Durchmesser der Achse gesucht hat. Diejenige Hälfte des

Diagramms, welche die grösseren Ordinaten besitzt, wird für beide Achsenhälften benutzt.

Kurbelzapfen bei C_1 . Die beiden Kurbeln sind in den Figuren 479 und 480 gesondert aufgetragen, um die daran wirkenden Momente bequemer darstellen zu können. Auf den Zapfen FG bei C_1 wirken zunächst die Biegungen, welche die aus Fig. 478

Fig. 479. (Zig. 475. Kurbelzapfen.)



übertragene Momentenfläche FGc_1 angibt; ausserdem aber suchen sämtliche Kräfte zur Linken, bei E angreifend, den Zapfen zu verdrehen. Wir suchen daher die Resultante dieser genannten Kräfte. Vertikal wirken die Kräfte 1, 2 und 6 aus Fig. 476; ihre algebraische Summe ist die nach oben gerichtete Vertikalkraft I. Horizontal, rückwärts gerichtet, wirkt die Kraft 1 aus Fig. 477, als Nr. II in unsere Figur eingetragen. Schräge nach unten rückwärts presst die Kraft 6 aus Fig. 477, als Nr. III hier eingetragen; die (nicht eingetragene) Schlusslinie von C_1 aus bis ans Ende von III gibt die Mittelkraft, ihre Horizontalkomponente IV bewirkt Verdrehung des Zapfens FG mit dem Hebelarme $EF = R$. Wir machen nun, oben links, $aO =$ der Polidistanz, tragen IV von O aus nach unten, ziehen $aIVe$, machen $af = R$, so ist der Abschnitt fe des Perpendikels aus f das drehende Moment Ff' . Das Torsionsrechteck mit der Biegungsfläche FGc_1 vereinigt, liefert die Momentenfläche $F'Gc_1'$.

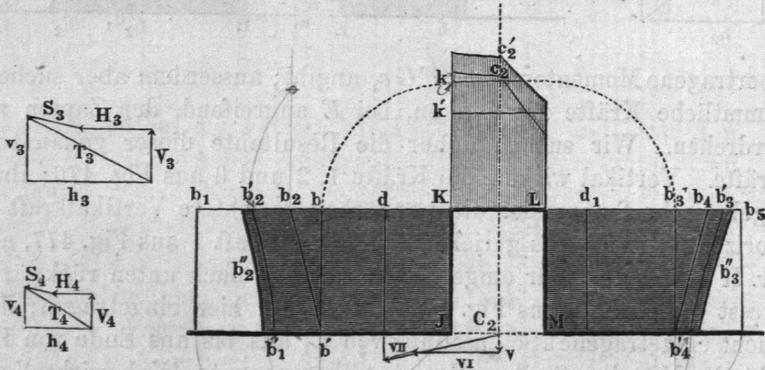
Kurbelarm EF . Für die Stelle E ist links das Ordinatenpolygon $V_1H_1S_1T_1$ verzeichnet. Die Horizontalkomponente h_1 des resultirenden Momentes T_1 verdreht den Arm EF , $F\bar{D} = h_1$; die Vertikalkomponente v_1 ruft eine Biegung des Armes in der Bildebene hervor, $Fb = v_1$; ausserdem biegt die Kraft IV, bei E

angreifend, den Arm normal zur Bildebene, mit dem Momente $bb_1 = (Fd_1)$ in F . Die Zusammensetzung der biegenden Momente liefert die Fläche $EFb'b''$, welche, mit dem Torsionsrechteck EFd zusammengesetzt, die resultierende (Drehbiegemomente angegebende) Fläche EFb''' ergibt.

Kurbelarm GH . Das Ordinatenpolygon $V_2H_2S_2T_2$ gilt für die Stelle H . Die Horizontalkomponente h_2 ruft Verdrehung des Armes GH hervor, $Hd_1 = h_2$, die Vertikalkomponente v_2 Biegung in der Bildebene, $Gb_1 = v_2$; ausserdem biegt die in GF angreifende Kraft P den Arm normal zur Bildebene mit dem Momente $PR = fh$ des Seilpolygones links oben, wo $Og = P$, $af = R$ ist. Wir machen also $b_2'b_3 = fh$. Die Vereinigung der beiden biegenden Momente gibt die Fläche $GHb_1'b_2''$, und die Bildung der Drehbiegemomente die Fläche GHb_2''' .

Kurbelzapfen KL . Fig. 480. Dieser Zapfen wird zunächst von den biegenden Momenten, welche zwischen M und J fallen,

Fig. 480.



beansprucht, weshalb die diese Beanspruchung ausdrückende Momentenfläche KLC_2 aus Fig. 478 hierhergetragen ist. Sämtliche Kräfte, welche zur Rechten von C_2 angreifen, suchen den Zapfen zu verdrehen. Vertikal nach unten wirkt die Resultante aus 3, 4 und 5, Fig. 476, als V hier eingetragen, horizontal rückwärts die Resultante (Differenz) von 2 und 3, Fig. 477, als VI hier eingetragen, schief rückwärts die Kraft 7 aus Fig. 477, hier Nr. VII. Von der Schlusslinie des erhaltenen Kräftepolygons V, VI, VII , wirkt die Vertikalkomponente, bei M angreifend, auf Verdrehung, indem nicht zu vergessen ist, dass die Kurbel JK horizontal liegt. Das Moment dieser Vertikalkomponente hat die Grösse kk' . Auf

hier nicht besonders gezeichnet.

Verdrehung des Zapfens wirkt aber noch ferner das durch die Achse von links her eingeleitete Kräftepaar (vergl. das bei Fig. 474 besprochene) mit dem schon aus Fig. 478 bekannten Momente, durch $C_1 c_1'$ aus Fig. 478, hier Kk , wovon nun, da das vorhin gefundene Drehmoment kk' in entgegengesetzter Richtung wirkt, kk' abzuziehen ist, sich also schliesslich für den Zapfen KL das Drehmoment Kk' herausstellt, welches, mit dem Biegemomente vereinigt, die Momentenfläche KLc_2' ergibt.

Kurbelarm JK . Auf Drehung beansprucht durch das Moment Kd = der Vertikalkomponente v_3 des Ordinatenpolygones $V_3 H_3 S_3 T_3$. Auf Biegung beansprucht in der Vertikalebene laut dem bei Fig. 474 besprochenen mit dem Momente $Kb = Kk$; ferner in derselben Weise und Richtung durch die Vertikalkomponente der Kräfte V, VI und VII mit dem Momente bb_2 bei K (siehe die Messung dieses Momentes in Fig. 479 links oben), auf Biegung in der Horizontalebene beansprucht durch die Horizontalkomponente h_3 des Ordinatenpolygons, Moment bb_1 . Die Zusammensetzung der biegender Momente liefert die Momentenfläche $JKb_1'b_2'$, und die Vereinigung der darin angegebenen Biegemomente mit den Drehmomenten Kd die Fläche der Drehbiegemomente JKb_2'' .

Kurbelarm LM . Drehendes Moment Ld_1 = der Vertikalkomponente v_4 des Ordinatenpolygons für die Stelle M . Biegendes Moment $Lb_3 = Kk$, desgleichen b_3b_4 bei L wegen der Vertikalkraft in M , biegendes Moment b_3b_5 = der Horizontalkomponente h_4 des Ordinatenpolygones. Die Vereinigung der biegender Momente liefert die Fläche MLb_3' , die Zusammensetzung dieser mit dem Drehmoment die resultierende Fläche MLb_3'' .

Von den vier Kurbelarmen erfährt JK am Zapfen, GH an der Achse die stärkste Beanspruchung. Man lege daher die Flächen JKb_2'' und GHb_2''' aufeinander, und benutze jeweilen die grösste Ordinate. Die resultierenden Dimensionen werden darauf nach vereinfachenden Abrundungen für alle vier Arme benutzt. — Wie man sieht, bereitet der Momentenplan Mühe, das Resultat ist aber auch insofern lohnend, als man schliesslich die ganze Achse mit einer Spannung = $\frac{2}{3}$ des Tragmoduls, also 10 k bei Schmiedeisen, 15 bis 16 k bei Gussstahl, wie solche bei guten Ausführungen vorkommen, unbesorgt konstruieren kann.

Die Lokomotivachse mit aussenliegenden Kurbeln erheischt eine andere Behandlung als die oben behandelte, doch lassen sich ohne grosse Schwierigkeit die angegebenen Verfahrungsweisen entsprechend umformen, um auch für diese das Diagramm zu erhalten.