

ist das einzuschlagende Verfahren nach wie vor dasselbe. Die Mittelkraft kann endlich auch gerade auf die Stütze D treffen, wie in Fig. 405. Alsdann werden die biegenden Kraftmomente in dem Stücke AB , welche bei der vorigen Aufgabe sehr klein waren, völlig Null; die beiden Begrenzungslinien der Momentenfläche fallen zusammen. Für den Schenkel AB und den Zapfen bei A bedeutet dies, dass beide nur den zufällig auf sie kommenden oder etwaigen anderen als den zur Berechnung gegebenen Kräften entsprechend zu machen sind, unter Umständen also sehr leicht und dünn ausgeführt werden dürfen. Die Zerlegung der einzelnen Belastungen auf die Nabenränder, welche je nach der Lage der Nabe das Diagramm wesentlich umgestalten kann, geschieht wie in §. 132 gezeigt wurde. — Andere Variationen als die betrachteten erhält man noch, wenn man die Kräfte Q_1 und Q_2 mit entgegengesetztem Sinne (oder Vorzeichen) einführt, obige Beispiele erklären aber das Verfahren auch dafür zur Genüge.

§. 135.

Schief belastete zweifach tragende Achsen. Eisenbahnwagenachse. Kranpfosten.

Bei schiefer Richtung der Kräfte Q_1 und Q_2 wird die zeichnerische Auflösung der vorliegenden Aufgabe kaum weniger einfach als vorher. Die schiefe Krafrichtung kommt unter anderem bei den Achsen mancher Gelenkgeradfürungen, sodann auch bei den Eisenbahnwagenachsen vor, weshalb wir eine solche als Beispiel nehmen.

Ausser der im Wagenschwerpunkt S , Fig. 406 (a. f. S.), angreifenden Vertikalbelastung Q der Achse wirkt an demselben Punkte zu Zeiten eine durch Zentrifugalkraft und Schwankungen hervorgerufene Horizontalkraft H , welche nach Scheffler*) gemäss den Wöhler'schen Versuchen auf $0,4 Q$ steigen kann, so dass eine schief gerichtete Mittelkraft R gegen die Achse hin drückt. Da der Werth $0,4 Q$ durch Wöhler vermöge unmittelbar am Wagen selbst auf langen Fahrten angestellte Versuche ermittelt ist, schliesst er die Einwirkungen der Schienenüberhöhung in Kurven bereits ein. Diese Kraft R wird sowohl nach den

*) Ad. Scheffler, Eisenbahnwagenachsen. Braunschweig.

Schienenköpfen K_1 und K_2 hin, als nach den Zapfen A und D hin zerlegt. Bei der ersten Zerlegung ist zu beachten, dass die

Fig. 406.

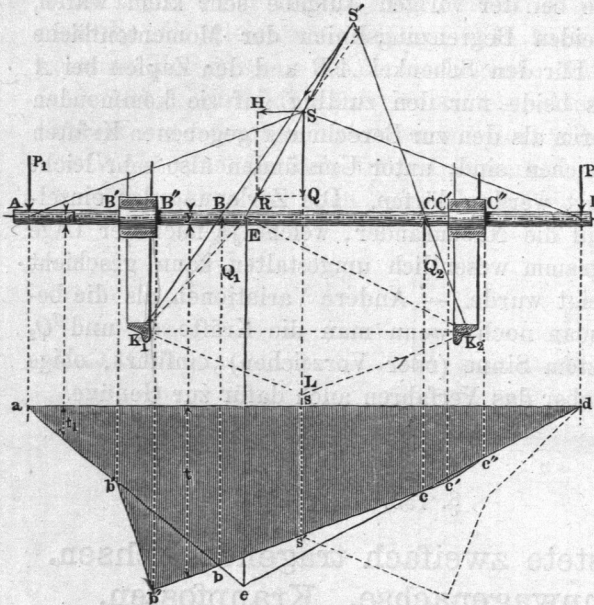
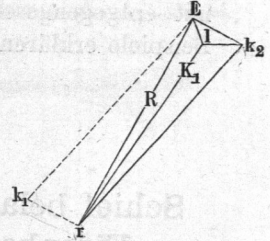


Fig. 407.



von H abgewendete Schiene K_2 nur normal (oder innerhalb des Reibungskegels) auf die Erzeugende des Radreifenkegels drücken kann, so dass $\angle L K_2 S' = 90^\circ$ zu machen ist. In den Durchschnittpunkten B und C der Schienenkräfte mit der Achse rufen die letzteren die Vertikalkräfte Q_1 und Q_2 und vernachlässigbare Horizontalkräfte hervor; die schiefen Zapfenpressungen werden ebenfalls in ausser Betracht fallende Horizontalkräfte und Vertikaldrucke P_1 und P_2 zerlegt. Aus diesen werden die Zapfen d_1 und d_2 berechnet und das grössere Resultat beibehalten. Darauf fälle man aus dem Angriffspunkt E der Mittelkraft R ein Loth Ee auf die zur Achse parallel gezogene ad ; ziehe ea und ed , verlängere die Richtungen von Q_1 und Q_2 bis b und c , und lege durch b und c eine Gerade. Hierauf fälle man aus den Nabensrandpunkten $B' B''$, $C' C''$ Lothe nach b' , b'' , c' , c'' und ziehe $b'b''$, $c'c''$, so ist $ab'b''c'c''d$ das Seilpolygon für die vorliegende Beanspruchung der Achse. Die Ordinaten t desselben dienen wie oben zur Berechnung der entsprechenden Dicken y aus der bekannten Zapfendicke d_1 und der Ordinate t_1 an der Zapfenwurzel.

Die Krafrichtung $K_1 B$ kann auch noch einfacher, als mittelst Aufsuchung des oft unbequem fallenden Punktes S' bestimmt werden. Man verbinde irgend einen Punkt der Richtungslinie von R , z. B. E mit den Schienenköpfen K_1 und K_2 und zerlege $R = Er$, Fig. 407, nach den Richtungen EK_1 und EK_2 in Ek_2 und $k_2 r = Ek_1$, ziehe die $k_2 l$ horizontal und die $El \parallel$ der bekannten Krafrichtung $K_2 S'$, so ist lE die Kraft in K_2 und rl die in K_1 , deren Richtung gesucht wurde, indem Ek_2 und $k_2 l$ die inneren Kräfte an der Ecke K_2 des Seilpolygons $EK_2 K_1$ sind, und mit der Kraft von der bekannten Richtung $K_2 S'$ ins Gleichgewicht treten u. s. w.

Da die Horizontalkraft H sowohl links als rechts gerichtet sein kann, so wird, wie die Punktirung rechts andeutet, die grössere Seite $as's'b''b'$ des Polygons für beide Achsenhälften benutzt. Ausserdem suche man auch das Seilpolygon für die blossе Vertikalbelastung Q auf. Liefert dasselbe für den Schaft eine grössere Ordinate als $s's'$ ist, so wird sie benutzt; die Totalform des Schafes wird ein in der Schaftmitte verdünnter Drehkörper. Die Zapfen der Eisenbahnwagenachsen haben 250 bis 300 minutliche Umdrehungen. Es ergibt sich deshalb für sie, wenn aus Schmiedeeisen, das Längenverhältniss 2. Die Anläufe der beiden Zapfen vertreten hier Stützzapfen, und werden in Bahnkurven wegen der oben besprochenen Seitenkraft H nicht unbedeutend beansprucht. Man findet die Anlaufhöhe $e = \frac{1}{7}d$ bis $\frac{1}{6}d$, also stärker als bei gewöhnlichen Stirnzapfen gemacht.

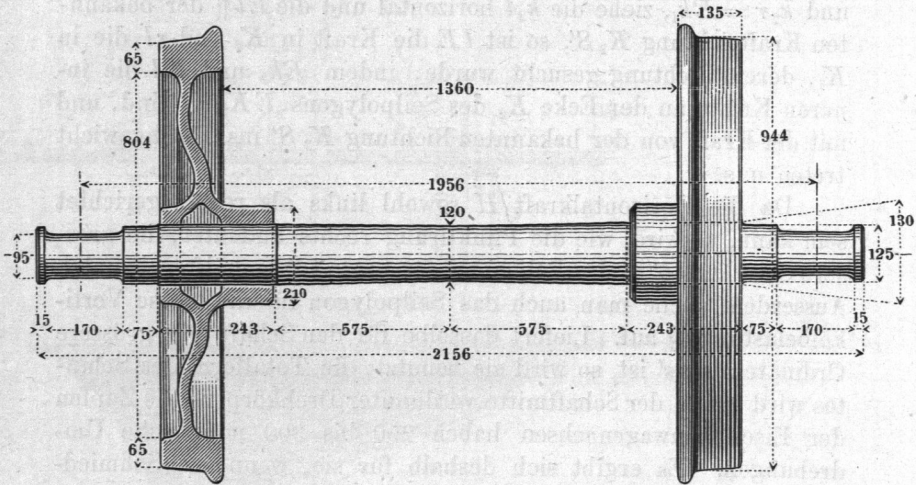
In verschiedenen Ländern bestehen Vorschriften oder Vereinbarungen, nach welchen die Achsen der Eisenbahnwagen auszuführen sind. Für die preussischen Bahnen ist Folgendes festgesetzt. Es soll genommen werden bei der Gesamtbelastung Q der Achsen, wenn

$Q = 3800$ kg	$D = 100$ mm	$d = 65$ mm
„ 5500 „	„ 115 „	„ 75 „
„ 8000 „	„ 130 „	„ 85 „
„ 10000 „	„ 140 „	„ 95 „

Die Zapfenlänge l kann dabei gewählt werden zwischen $1\frac{3}{4}$ und $2\frac{1}{4}d$; es ist also zweckmässiger Weise hier eine gewisse Freiheit gelassen. Als Material ist Schmiedeeisen vorausgesetzt; wird statt dessen Gussstahl angewandt, so kann Q um 20 Proz. erhöht werden. Man hat nach dem Früheren anzunehmen, dass die Maximalbelastung eines einzelnen Zapfens etwa $= \frac{2}{3}Q$ wird. Führt

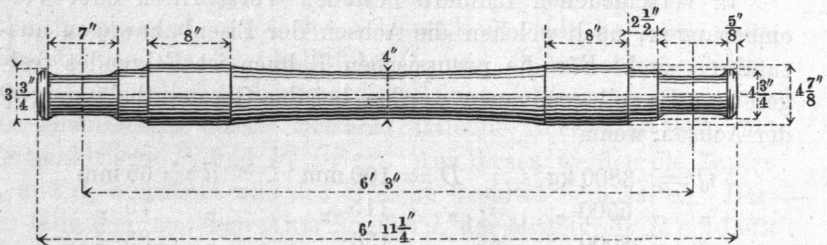
man damit eine Proberechnung aus, so findet man, dass \mathcal{S} zwischen 6,4 und 8,3, und p zwischen 0,30 und 0,41 schwankt. Eine gussstählerne Wagenachse der königl. Ostbahn, versehen mit ihren Rädern, stellt Fig. 408 dar.

Fig. 408.



In England ist eine schmiedeiserne Normalachse von den in Fig. 409 angegebenen Maassen in Gebrauch*). Die nordamerikanische Normalachse stimmt mit der englischen überein**). Die

Fig. 409.



zulässige Belastung Q scheint etwa $\approx 10\,000$ kg vorausgesetzt zu sein. — In Frankreich hat eine Vereinbarung über die Abmessungen der Bahnwagenachsen noch nicht stattgefunden; dagegen haben die einzelnen grossen Bahnen Normalien gewählt. Die Lyon-Mittelmeer-Bahn benutzt nach Couche acht Achsentypen. Bei

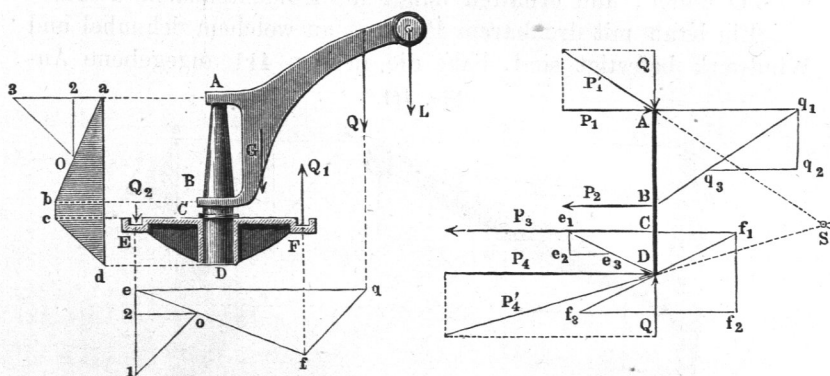
*) Nach Engineer 1873, November.

**) Nach Engineer 1873, Juni.

Typus No. 8 ist $d = 85$, $l = 170$, die Länge zwischen den Zapfenmitteln 1925, die Schenkeldicke in den Naben 125, die Schaftdicke in der Mitte 105 mm.

Die Kranpfosten sind gewöhnlich schief belastete, mehrfach tragende Achsen, wie folgende Beispiele zeigen. Ein Uferkran mit feststehendem Pfosten, Fig. 410, ist durch die Last L und das Eigengewicht G des Windwerks und Schnabels belastet, wodurch

Fig. 410.



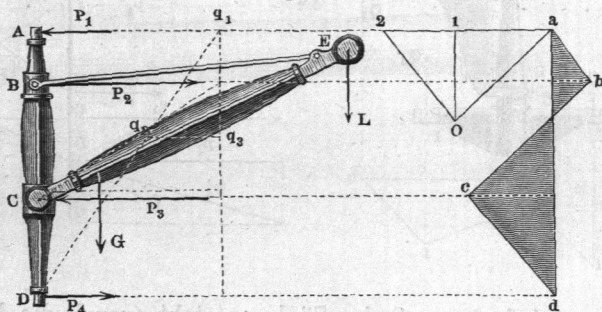
die Gesamtbelastung Q der Säule entsteht (vergl. die Beispiele §. 34 und die Anmerkung S. 100). Bei A und B sind Drehzapfen, bei CD ist der Pfosten in ein gusseisernes Kreuz eingesetzt, welches bei E und F festgehalten sei. Zuerst die Kräfte bei E und F aufsuchend, ziehen wir das Seilpolygon efq und das Kräftepolygon $e21O$, worin $21 = Q$, $1e =$ der Kraft Q_1 bei F , $e2 =$ der Kraft Q_2 bei E . Alle drei äusseren Belastungen wirken parallel der Achse, weshalb wir uns der bei Fig. 397 benutzten Methode bedienen können. Wir machen in der Hilfsfigur $q_1 q_2 = Q$, und $q_2 q_3 \parallel Aq_1$ normal zu AB . Diese Strecke liefert dann die Horizontalkräfte P_1 und P_2 bei A und B . Der Zapfen bei A soll die ganze Vertikalbelastung aufnehmen; es gesellt sich daher zu P_1 noch Q in A , die schief gerichtete Resultante P_1' liefernd. Ferner machen wir wieder Cf_1 normal zu AC , $f_2 f_1 = Q_1$, ziehen die $f_1 D \dots$ und die zu Cf_1 parallele $f_2 f_3$, so ist $f_2 f_3$ die Grösse einer bei C nach links und einer bei D nach rechts wirkenden Kraft. Trägt man ganz entsprechend Q_2 nach $e_1 e_2$, und zieht die $e_1 D$ und die $e_2 e_3$, letztere $\parallel e_1 C$, so liefert $e_2 e_3$ die Grösse einer bei C ebenfalls nach links, bei D nach rechts wirkenden Kraft. Wir haben deshalb $P_3 = f_2 f_3 + e_3 e_2$ und $P_4 = e_2 e_3 + f_3 f_2$ zu

machen. Der Vertikaldruck des Pfostens werde ganz bei D aufgenommen; dann kommt dort die Vertikalcomponente $Q = f_2 f_1 - e_1 e_2$ zu P_4 hinzu, mit ihr die Resultante P_4' liefernd. (Probe: der Schnittpunkt S der P_1' und P_4' muss auf die Resultante der P_2 und P_3 fallen.)

Indem wir nun wieder wie früher die Zusammenpressung der Achse vernachlässigen, können wir aus P_1, P_2, P_3, P_4 das in Fig. 410 links in verjüngtem Maassstab eingetragene Kräftepolygon $a 2 3 O$ bilden, und erhalten damit die Momentenfläche $abcd$.

Ein Kran mit drehbarem Pfosten, an welchem Schnabel und Windwerk befestigt sind, habe die in Fig. 411 angegebene An-

Fig. 411.



ordnung. Die Lage von $Q = L + G$ wieder als gegeben betrachtend, verlegen wir Q nach $q_1 q_3$ an die zur Achse normal gerichtete $A q_1$, ziehen die $q_1 D$, und $\parallel A q_1$ die $q_3 q_2$ bis zum Schnitte mit $q_1 D$. Dann stellt die $q_3 q_2$ die Horizontalkraft P_1 bei $A, q_2 q_3$ die ebenfalls horizontale P_4 bei D dar. Liegt dort ein Stützapfen zur Aufnahme der Last Q , so setzt sich diese letztere mit P_4 zu einer schiefen Kraft zusammen.

Durch ganz ähnliche Zerlegung von Q nach B und C erhält man die dort wirkenden gleichen, aber entgegengesetzt wirkenden Horizontalkräfte P_2 und P_3 , von denen letztere, wofern bei B ein Gelenk für die Stange BE vorhanden ist, sich mit der Gegenwirkung Q zu einer schiefergerichteten Mittelkraft zusammensetzt. Die vier gefundenen Horizontalkräfte haben ganz dieselbe Anordnung wie die Normalbelastungen der Achse in Fig. 397. Wir erhalten eine jener ganz ähnliche Momentenfläche $abcd$, welcher zufolge zwischen B und D ein Nullpunkt für die biegenden Momente und demnach also Vorwärtsbiegung oberhalb, Rückwärtsbiegung unterhalb derselben entsteht. Im Kräftepolygon ist $2 a = P_2, a 2 = P_3, 2 1 = P_4$ und $1 2 = P_1$.