

b) Locomotive. Bei der Locomotivmaschine ist die Balancierung der hin- und hergehenden Massen von besonderer Wichtigkeit, weil nicht nur der verhältnissmäßig schwache Rahmen und der Diagonalverband sonst mehr belastet wird, sondern die ganze Maschine innerhalb des Geleises „schlingert“, indem die freie Kraft mit dem Hebelarm zum Schwerpunkte wirkt. Um letzteren würden daher Drehbestrebungen mit jedem Hube abwechselnd nach rechts und links eintreten, welche, abgesehen von allem Anderen, eine Geleiseerweiterung, d. i. einen Verderb der Bahn zur Folge hätten.

Nun wird aber gerade bei der Locomotive die zuletzt betrachtete Wirkung der Verticalcomponente der Gegengewichte mehr als bei jeder anderen Maschine gefährlich, und setzt selbst der Fahrgeschwindigkeit eine Grenze. Sie erhöht zeitweilig die Belastung der Treibräder, und bringt diese unter Zuschlag der bei der Vorwärtsfahrt auf die Kurbel nach abwärts übertragenen Gradführungsdrücke fast zur doppelten Größe, wenn die Gegengewichte den unteren Halbkreis durchlaufen, weshalb die Brücken langsamer befahren werden müssen, als es sonst der Fall wäre; aber hauptsächlich kommt die Fliehkraft dann zu Betracht, wenn sie nach aufwärts gerichtet ist, wo sie die Treibräder von der Schiene abzuheben sucht. Wenn die nach oben gerichtete Fliehkraft des Gegengewichtes bis zur Größe der Radbelastung wächst, so wird momentan die ganze Schwere aufgehoben, und eine Entgleisung müsste eintreten, wenn dabei das Rad eine Curve durchläuft.

Die Grenzgeschwindigkeit tritt daher ein, wenn  $F = Q$ , die freie Fliehkraft der Gegengewichte gleich dem Adhäsionsgewichte wird. Siehe Anhang XVI, 1.

Um die Fahrtgeschwindigkeit nicht in so niederer Grenze zu erhalten, balanciert man daher nur die rotirende Kurbel und das vorne gewogene Schubstangengewicht vollständig, aber die hin- und hergehenden Massen nur ungefähr bis zur Hälfte, und

belässt die übrige Hälfte der Beschleunigungsdrücke unbalanzirt, welche dann durch bessere Diagonalversteifung der Rahmen berücksichtigt und von der Masse der ganzen Locomotive gemildert, nur mehr einen Rest an Schlingern etc. verursachen.

Da das Gegengewicht oder dessen Bruchtheil principiell gleich schwer mit dem Gewicht der hin- und hergehenden Theile sein muss, so erhellt, dass schnellgehende Maschinen und insbesondere die Locomotive ein möglichst leichtes Gestänge erhalten müssen. Hohle schmiedeiserne oder stahlgeschmiedete Kolben, gussstählerne Kreuzköpfe, höchkantig I-förmige Schubstangen etc. sind also hier am Platze.

Mit der nur theilweisen Balanzirung „schlingert“ aber die Locomotive, und manche Geleiseerweiterung, wie solche selbst periodisch in Radumfangslängen beobachtet werden, und hochgefährlich wurden (Borki), finden ihre Erklärung in Maschinen mit schweren Gestängen, welche von der Verwendung der genügenden Größe der Balanzgewichte abhalten, oder in zu schneller Fahrt mit ungeeigneten Maschinen.

Die ungleiche Abnützung der Radreifen, welche sich an den Treibrädern gegenüber den Gegengewichten am stärksten bemerklich macht, ist eine Folge der verticalen Fliehkraftscomponente der Gegengewichte, welche ein Gleiten dieser Räder in der Curve und selbst in gerader Bahn stets dann gestattet, wenn sie nach aufwärts, also entlastend wirkt.

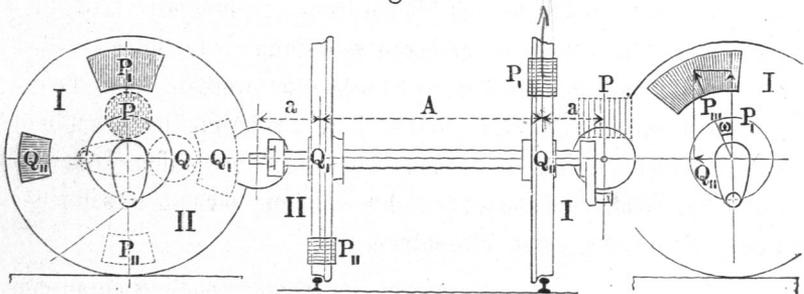
Alle Verhältnisse an der Locomotive verlangen daher leichte hin- und hergehende Massen, um möglichst leichte Gegengewichte zu erhalten.

Letztere sind noch durch die Lage der Cylinderebenen, in welchen die Gegengewichtswirkung auftreten muss, gegen die Radebenen, in welchen die Gegengewichte nur untergebracht werden können, bedingt.

α) Liegt bei einer Locomotive mit Außencylindern und Außenrädern das Rad unmittelbar neben der Maschine, steckt also der Kurbelzapfen directe im Rad, so wird bei dem verschwindenden Abstand der beiden Ebenen das Gegengewicht theoretisch gleich dem Gewichte  $P$  der hin- und hergehenden Masse.

β) Liegen bei einer Außenmaschine die Räder innerhalb des Rahmens im Abstände  $a$  von den Cylindern, und bedeutet  $A$  die Spurweite, d. i. die Entfernung der Räder I und II derselben Axe, in deren Speichen sich die Gegengewichte anbringen lassen, so muss das auf den Kurbelkreis reducirte Gegengewicht für die vordere

Fig. 69



Maschine I im zugehörigen Rade I die Größe  $P, = P \left( 1 + \frac{a}{A} \right)$  erhalten, um die Wirkung  $P$  außen in der Cylinderebene I zu üben. Dabei muss aber auf der anderen Seite derselben Axe, im Rad II neben der rückwärtigen Maschine II ein Gewicht  $P,, = P \cdot \frac{a}{A}$  im gleichen Sinne mit der Kurbel I angebracht sein, um einer Schiefstellung der Axe vorzubeugen. Es muss  $P + P,, = P,$  sein. Dasselbe gilt für die rückwärtige Maschine II, welche daher auch nebst einer Masse  $Q,$  in ihrem Rade II auch eine solche  $Q,,$  im vorderen Rade I verlangt. (In der Regel sind hier die Maschinen an beiden Seiten einander gleich und daher auch die Werthe  $Q,$  und  $Q,, = P,$  und  $P,,$ ) (Vergl. Fig. 69.)

In jedem Treibrad haben daher zwei Massen zu wirken, deren Zusammensetzung nach der Diagonale des Kräfteparallelogramms das thatsächlich nöthige Gegengewicht  $P_{,,,} = \sqrt{P^2 + Q_{,,}^2}$  angibt. Da  $P$ , schon größer als  $P$  wurde, und  $Q_{,,} = P_{,,}$  im rechten Winkel hinzukommt, so ist  $P_{,,,}$  wesentlich größer als  $P$ , und das Gegengewicht wird hier daher schwerer (bis  $1\frac{1}{4}$  mal) als bei der erstbezeichneten Locomotive.

γ) Bei einer Locomotive mit Innencylindern theilt sich das Gegengewicht für jede Maschine in zwei seitliche Theile  $P$ , und  $P_{,,}$ , deren Summe gleich dem wirkenden  $P$  zu sein hat. Ist wieder  $a$  der Abstand der Cylinderebene I vom Rade I, und ist  $A$  die Spurweite, so wird hier

$$P_{,,} = P \left( 1 - \frac{a}{A} \right),$$

und unter Vereinigung mit  $P_{,,}$  für Maschine II wie oben wird das ganze Gegengewicht  $P_{,,,}$  kleiner als  $P$ , da die Diagonale eines Parallelogramms kleiner als die Summe ihrer Seiten bleibt. Locomotive mit innenliegenden Cylindern erhalten daher bei sonst völlig gleichen Maschinen die leichtesten Gegengewichte unter allen Locomotivsystemen.

Dabei werden die Kuppelstangen bei diesen Maschinen unter  $180^\circ$  gegen die zugehörige Kurbel angeordnet, wodurch deren Masse von dem zu balanzirenden Gestänge in Abschlag kommt, während sie sich bei Maschinen mit Außencylindern zu diesem addiren.

Nachdem die theoretisch benötigten Gegengewichte bei Innenmaschinen so wesentlich geringer als jene bei Außenmaschinen werden, so lässt sich auch leichter in Wirklichkeit die vollständigere Annäherung zur theoretischen Größe ausführen, ohne jene übermäßigen Verticalkräfte im Gefolge zu haben, welche oben erörtert wurden. Die dann noch verbleibenden kleineren unbalanzirten Horizontalkräfte wirken nun aber auch mit kürzeren

Hebelarmen an dem Schwerpunkt der Locomotive, deren „Schlingern“ und angestrebten Geleiseerweiterung und Verderbniss der Bahn hier nun wesentlich kleiner als bei allen anderen Locomotivsystemen wird und zu unbedeutender Größe sinkt.

Von diesen wichtigen Standpunkten: Möglichkeit der schnellsten Fahrt bei geringstem Verderb der Bahn, in Folge der kleinst-nöthigen Gegengewichte, erscheint das Locomotivsystem mit den Innencylindern als das weitaus geeignetste für den Eilzugsverkehr; dem Verlangen nach größerer Geschwindigkeit auf den Bahnen des europäischen Continentes würde durch größere Verbreitung dieses Systemes selbst ohne Aenderung des Oberbaues wesentlich entgegen zu kommen sein.

Allerdings sind die gekröpften Achsen theurer als gerade Achsen und die Bedienung und Reinigung der Maschine verlangt Putzgruben auf allen Stationen. Alle anderen Einwürfe aber, die noch möglich sind: geringere Sicherheit der gebogenen Achsen, höher liegender Schwerpunkt, schwierigere Ueberwachung der gedeckten Maschinen etc. sind unstichhaltig, wie ja die Erfahrung in England zeigt, wo keine anderen als solche Maschinen vor den schneller als bei uns gehenden Eilzügen zu finden sind.

Das Gegengewicht des Hauptgestänges auf mehrere Räder zu vertheilen, kann nur theilweise seinen Zweck erfüllen und ist ähnlich der ausgedehnten Verwendung von Balanziers zwischen den Tragfedern zur Last- und Druckvertheilung auf die Achsen zu betrachten. Die Wirkungen der Kräfte pflanzen sich im Materiale nur mit endlichen Geschwindigkeiten fort, und kommen sämmtlich zu spät, wenn sie über Umwege, oder gar durch aneinanderliegende Flächen, Bolzen und Augen etc., zwischen welchen Oel und Luft spielt, übertragen werden sollen.

Die Balanzirung muss daher hauptsächlich im Treibrade ihren Platz finden und soll nicht etwa auf die Kuppelräder

gleichmäßig mitvertheilt werden. Halbmondförmiges Einschweißen der Gegengewichte ist dabei besser als die Keilform.

c) Stehende Maschinen. Nachdem bei normalen stehenden Maschinen die Druckunterschiede im Rahmen, welche in Folge der Beschleunigungsdrücke in der Maschinenachse und senkrecht auf die Sohle entstehen, nur ein mehr oder weniger schweres Auflasten der Maschine auf ihrem Grundmauerwerk, also keine Verschiebungen, sondern nur eine Art Vertical-Pulsen am Boden zur Folge haben, so benöthigen sie im Allgemeinen keiner Gegengewichte für ihren ruhigen und unverrückten Bestand. Nur die Kurbeln und die abschwingenden Theile der Schubstangen sollen balanzirt sein, welche sonst durch ihre Beschleunigungs- und Fliehkräfte horizontale und verschiebende oder das Fundament zum Pendeln bringende Wirkungen äußern würden.

Selbst zum Ausgleich der todten Gewichte, welche eine ungleiche Arbeit, ein Hinken der Maschine beim Auf- und Niedergang befürchten lassen könnten, sollen hier Gegengewichte vermieden werden. Der Einfluss des Kolbengewichtes und seines Gestänges beträgt bei halbwegs leichter Construction nur circa 0·2 Kil. und weniger per 1  $cm^2$  Kolbenfläche und kann daher leicht durch etwas höhere Füllung, d. i. Erhöhung des mittleren Dampfdruckes während des Aufganges ausgeglichen werden. Würde aber bei einer stehenden Maschine außer dem Balanzgewichte für die Kurbel und das abschwingende Schubstangenende noch für die auf- und abgehenden Theile ein eigentliches Gegengewicht verwendet, so würden allerdings durch die Vertical-Componenten von dessen Fliehkraft ein stets gleichbleibender reiner Lastdruck auf das Fundament erzielt werden, dafür aber durch deren gleichzeitig auftretende Horizontal-Componenten neue Kräfte erwachsen, welche die Maschine im horizontalen Sinne angreifen.