Der Maschinenbau

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1862

Die Balancier-Mechanismen

urn:nbn:de:bsz:31-270970

Die Balancier-Mechanismen.

Die Verwandlung einer geradlinig hin und her gehenden Bewegung in eine drehende kann auch bewerkstelligt werden indem man zunächst eine drehende Schwingung eines Balanciers hervorbringt und diese dann vermittelst Schubstange und Kurbel in eine continuirlich drehende umwandelt. Dabei handelt es sich vorzugsweise um solche Verbindungen der Kolbenstange mit dem Balancierende, dass erstere gerade geführt wird, während letzteres einen Kreisbogen beschreibt. Die Construktion und Berechnung dieser Geradführungen sollen uns nun beschäftigen.

Balancier und Gegenlenker.

Fig. 10, Tafel XXII. $a\,C$ und $o\,c$ sind zwei um C und o drehbare, durch ein Verbindungsstück $a\,c$ zusammenhängende Hebel. In $a\,c$ gibt es einen gewissen Punkt b, der beinahe in einer geraden vertikalen Linie auf und nieder geht, wenn die Hebel um einen nicht zu grossen Winkel aus ihrer mittleren Lage entfernt werden. Dieser Punkt ist daher der Einhängepunkt der Kolbenstange. Wenn von den drei Elementen, 1) $a\,C$ halbe Balancierlänge, 2) $o\,c$ Länge des Gegenlenkers, 3) $\frac{\overline{a\,b}}{b\,c}$ Theilungsverhältniss des Verbindungsstückes, zwei derselben gegeben sind, kann das dritte durch Construktion oder durch Rechnung gefunden werden. Es sei die halbe Balancierlänge und das Theilungsverhältniss gegeben und die Länge des Gegenlenkers zu suchen. Diese Aufgabe kann durch Construktion leicht auf folgende Weise gelöst werden.

Man verzeichne den Balancier in der höchsten, mittleren und tiefsten Stellung ($C\,a_1$, $C\,a$, $C\,a_2$), ziehe die Sehne $a_1\,a_2$, halbire den Abstand $a\,p$, ziehe durch den Halbirungspunkt m eine Vertikallinie $x\,y$ und nehme an, dass sich in derselben der Einhängepunkt der Kolbenstange bewegen soll. Nun zeichne man das Verbindungsstück in seiner höchsten, mittleren und tiefsten Stellung ($a_1\,b_1\,c_1$, $a\,b\,c$, $a_2\,b_2\,c_2$) und zwar so, dass der Einhängepunkt b_1 b b_2 in die Linie $x\,y$ fällt. Sucht man endlich den Mittelpunkt o des Kreises, der durch die drei Punkte c_1, c, c_2 gezogen werden kann, so ist $o\,c = o\,c_1 = o\,c_2$ die Länge und o der Drehungspunkt des Gegenlenkers.

Durch diese Gliederung wird nur allein bewirkt, dass der Punkt b in der höchsten, tiefsten und mittleren Position des Balanciers in die Linie $x\,y$ fällt, nicht aber, dass der Punkt beständig in dieser Linie bleibt. Der Punkt b beschreibt in der That nicht eine gerade Linie, sondern nur das beinahe geradlinige Stück $b_1\,b_2$, Fig. 11, Tafel XXII., einer schleifenförmigen algebraischen Linie der vierten Ordnung.

Aus der Natur der Sache kann man leicht errathen, dass die wahre Bewegung des Punktes b von der geraden vertikalen Linie um so weniger abweicht, 1) je länger der Balancier im Verhältniss zur Hubhöhe, 2) je länger das Verbindungsstück $a\,c$. Diese Abweichung fällt bereits ganz unmerklich aus, wenn der Balancier dreimal und das Verbindungsstück $\frac{1}{2}$ mal so lang gemacht wird, als der Kolbenschub.

Die Beziehungen zwischen der Balancierlänge, der Gegenlenkerlänge und dem Theilungsverhältniss können auch durch Rechnung bestimmt werden, was für manche Zwecke nützlich ist.

Nennt man $a\,C = a$, $a\,b = b$, $b\,c = c$, $o\,c = r$, $\widehat{a_1\,C\,a} = \alpha$, $\widehat{c_1\,b_1\,y} = \widehat{c\,b\,y} = \widehat{c_2\,b_2\,y} = \varphi$,
ferner: ξ den Horizontalabstand und
υ den Vertikalabstand der Punkte c_1 und c, so ist zunächst:

$$\upsilon^2 = \xi\,(2\,r - \xi)$$

demnach

$$r = \frac{1}{2}\left(\frac{\upsilon^2}{\xi} + \xi\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Nun ist:

Horizontalabstand der Punkte $C\,c_1 = a\cos\alpha + (b + c)\sin\varphi$

" " " $C\,c = a \quad - (b + c)\sin\varphi$

Vertikalabstand der Punkte $C\,c_1 = a\sin\alpha - (b + c)\cos\varphi$

" " " $C\,c = \quad - (b + c)\cos\varphi$

Daher wird:

Horizontalabstand der Punkte $c\,c_1 = \xi = 2\,(b + c)\sin\varphi - a\,(1 - \cos\alpha)$

Vertikalabstand der Punkte $c\,c_1 = \upsilon = a\sin\alpha$

Es ist aber ferner:

$$\overline{am} = \overline{mp} = b \sin \varphi = \frac{1}{2} a (1 - \cos \alpha)$$

demnach

$$\sin \varphi = \frac{1}{2} \frac{a}{b} (1 - \cos \alpha)$$

Führt man diesen Werth in ξ und υ ein, so erhält man:

$$\xi = a \frac{c}{b} (1 - \cos \alpha)$$

$$\upsilon = a \sin \alpha$$

und diese Werthe in (1) eingeführt, findet man:

$$r = \frac{1}{2} \left[a \frac{b}{c} \frac{\sin^2 \alpha}{1 - \cos \alpha} + a \frac{c}{b} (1 - \cos \alpha) \right] \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Hieraus folgt auch:

$$\frac{b}{c} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} \left[\frac{r}{a} + \sqrt{\left(\frac{r}{a}\right)^2 - \sin^2 \alpha} \right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Ist α nicht grösser als ungefähr 20°, so begeht man keinen merklichen Fehler, wenn man setzt $\sin \alpha = \alpha$, $\cos \alpha = 1 - \frac{1}{2} \alpha^2$, und dann folgt aus (2):

$$r = a \frac{b}{c} + \frac{1}{4} a \frac{c}{b} \alpha^2$$

Aber hier ist abermals $\frac{1}{4} a \frac{c}{b} \alpha^2$ eine gegen $a \frac{b}{c}$ kleine Grösse, die vernachlässigt werden kann; daher hat man annähernd

$$r = a \frac{b}{c} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Diese Annäherungsformel leistet vorzugsweise in dem Fall gute Dienste, wenn der Drehungspunkt des Gegenlenkers gegeben ist und die Theilung des Verbindungsstückes gesucht werden soll. Ist nämlich der Drehungspunkt gegeben, so kennt man annähernd $a + r$, setzt man $a + r = d$, so folgt aus (4):

$$\frac{b}{c} = \frac{d - a}{a} = \frac{d}{a} - 1$$

Hat man vermittelst dieser einfachen Formel $\frac{b}{c}$ bestimmt, so kann man nach dem früher angegebenen Verfahren den Drehungspunkt und die Länge des Gegenlenkers durch Construktion genauer bestimmen.

Das Watt'sche Parallelogramm für Land-Dampfmaschinen.

Fig. 12, Tafel XXII. Ist AB, BCD, DE eine mit richtigen Verhältnissen construirte Anordnung eines Balanciers AB, mit Gegenlenker DE und Verbindungsstück DCB, so wird die Stange CF geradlinig geführt. Verbindet man mit D eine Stange $D_1 \ldots . D_4$ parallel mit AB_4, indem man die parallelen Verbindungsstangen B, D_1, $B_2 D_2$, $B_3 D_3$, $B_4 D_4$ von gleicher Länge anbringt, und hängt in die Punkte C_1, C_2, D_3, C_4, wo diese Verbindungsstangen von der Verlängerung von AC geschnitten werden, Stangen ein, so werden auch diese geradlinig bewegt, denn die Punkte $C_1, C, C_2, D_3, C_4 \ldots$ beschreiben offenbar geometrisch ähnliche, demnach gerade Linien, weil C geradlinig bewegt wird. Dies ist das von *Watt* erfundene Parallelogramm in einer erweiterten Form. Den spezielleren Fall, welchen Watt bei seinen Dampfmaschinen angewendet hat, zeigt Fig. 13, Tafel XXII.

Wenn der Balancier und das Parallelogramm gegeben sind kann auch hier der Drehungspunkt und die Länge des Gegenlenkers sowohl durch Construktion, wie auch durch Rechnung gefunden werden. Durch Construktion kann dies geschehen, indem man den Balancier und das Parallelogramm in der höchsten, mittleren und tiefsten Stellung verzeichnet und dann den Mittelpunkt des Kreises sucht, der durch die drei Positionen des Punktes D geht. Dabei muss man die Position des Punktes D_3 in der vertikalen Linie annehmen, welche die Horizontalablenkung des Punktes B_3 halbirt, ähnlich wie dies bei Fig. 10, Tafel XXII. geschehen ist.

Setzt man $AB_3 = a$, $AB = b$, $DE = r$ und den Winkel, den die höchste und mittlere Position des Balanciers einschliesst, gleich α, so findet man leicht auf ähnliche Weise, wie auf Seite 372

$$r = \frac{1}{2}\left[\frac{b^2}{a-b}\,\frac{\sin^2\alpha}{1-\cos\alpha} + (a-b)\,(1-\cos\alpha\right]$$

Ist α so klein, dass man sich erlauben darf $\sin\alpha = \alpha$ und $\cos\alpha = 1 - \frac{1}{2}\alpha^2$ zu setzen, so erhält man:

$$r = \frac{b^2}{a - b} \text{ und } b = -\frac{r}{2} + \sqrt{\frac{r^2}{4} + a\,r}$$

Lässt man in Fig. 12, Tafel XXII. $B_3 D_3$, $B_2 D_2$, $B_1 D_1$ weg, so erhält man eine Anordnung, die mit dem von *Watt* bei Schiffsmaschinen angewendeten Parallelogramm übereinstimmt, aber in umgekehrter Lage gezeichnet erscheint. Auch für diese Anordnung kann der Drehungspunkt und die Länge des Gegenlenkers durch Construktion gefunden werden, wenn man den Balancier sammt Parallelogramm in der höchsten, mittleren und tiefsten Stellung verzeichnet und den Mittelpunkt E des Kreises sucht, der durch die drei Positionen des Punktes D gezogen werden kann.

Durch Rechnung findet man auf eine ähnliche Weise, wie bei dem einfachen Gegenlenker geschehen ist,

$$r = \frac{1}{2}\left[\frac{b^2}{\frac{c}{d}\,a - b}\,\frac{\sin^2\alpha}{1 - \cos\alpha} + \left(\frac{c}{d}\,a - b\right)(1 - \cos\alpha)\right]$$

wobei Fig. 12, Tafel XXII.:

$$A\,B_4 = a,\ A\,B = b,\ B_4\,D_4 = c,\ B_4\,C_4 = d,\ D\,E = r$$

Diese Formel folgt aus (2) für den einfachen Gegenlenker, wenn man in dieselbe

statt a, b, c setzt: b, $d\,\frac{b}{a}$, $c - d\,\frac{b}{a}$

Der Balancier ohne Drehungsaxe.

Fig. 14, Tafel XXII. $c\,a$ ist ein Balancier. Das Ende c gleitet in einer horizontalen Führung hin und her; das Ende a soll nach vertikaler Richtung auf und ab schwingen. $b\,o$ ist ein um o sich drehender Gegenlenker. Der Drehungspunkt o und die Länge $b\,o$ des Gegenlenkers ergeben sich durch Construktion, wenn man den Balancier in seiner höchsten Stellung $c\,b\,a$, in seiner mittleren $c_1\,b_1\,a_1$ und in seiner tiefsten $c_2\,b_2\,a_2$ verzeichnet und den Mittelpunkt o des Kreises sucht, der durch die Punkte $b\,b_1\,b_2$ gezogen werden kann. Durch Rechnung ergeben sich die Bedingungen einer richtigen Construktion wie folgt:

Nennt man: $\overline{ca} = a$, $\overline{cb} = b$, $\overline{ob} = r$, $\widehat{aco} = \alpha$. ξ und υ den Horizontal- und Vertikalabstand der Punkte b und b_1, so ist:

$$\overline{c\,c_1} = a\,(1 - \cos\alpha)$$

$$\xi = a\,(1 - \cos\alpha) + b\cos\alpha - b = (a - b)\,(1 - \cos\alpha)$$

$$v = b\sin\alpha$$

Es ist aber $v^2 = \xi\,(2\,r - \xi)$,

demnach: $$r = \frac{1}{2}\left(\frac{v^2}{\xi} + \xi\right)$$

oder wenn man für ξ und v die gefundenen Werthe einsetzt:

$$r = \frac{1}{2}\left[\frac{b^2}{a - b}\,\frac{\sin^2\alpha}{1 - \cos\alpha} + (a - b)\,(1 - \cos\alpha)\right]$$

Diese Balanciers mit Parallelogramm und Gegenlenker kommen mehr und mehr ausser Gebrauch. Es sind complizirte und kostspielige Anordnungen, und die vielen zusammengegliederten Stangen geben doch keinen ganz verlässlichen Zusammenhang. Wenn jedoch eine grosse Anzahl von Kolbenstangen geradlinig und mit verschiedener Geschwindigkeit zu bewegen sind, kann man allerdings kaum eine zweckmässigere Einrichtung treffen als das *Watt*'sche Parallelogramm.

Geradführung vermittelst eines schwingenden Hebels

erfunden von dem Ingenieur Herrn *Nehrlich*.

Fig. 15, Tafel XXII. A ist das Ende einer Kolbenstange, das geradlinig geführt werden soll. B ist ein mit zwei Zapfen c und f versehener Hebel, der um O drehbar ist. Das Ende C von A ist schleifenförmig, umfasst das auf den Zapfen c gesteckte Gleitstückchen und ist vermittelst des Stängelchens D durch die Zapfen g und f an den Hebel gehängt. Bei gewissen Abmessungen der einzelnen Theile wird der Punkt g der Schleife beim Hin- und Hergang des Kolbens geradlinig hin und her geführt, doch ist diese Bewegung nur annähernd und nicht mathematisch genau geradlinig.

Diese richtigen Constructionsverhältnisse findet man auf folgende Weise, Fig. 16, Tafel XXII. Man verzeichne den Hebel B in seiner mittleren und in seinen äussersten Stellungen. O f, O f_1, O f_2 sind diese drei Stellungen. Nehme hierauf die Länge des Verbindungsstängelchens $f\,g$ beliebig an und beschreibe mit dieser Länge als Halbmesser aus f_1 und f_2 als Mittelpunkte die Kreise k_1 und k_2. Ziehe durch g eine auf O f senkrechte Linie in der Art, dass jeder der beiden Kreise k_1 und k_2 in zwei Punkten geschnitten wird. Zieht man endlich durch diese Durchschnittspunkte h_1 g_1 g_2 h_2 Parallellinien zu f O bis die Mittellinien O γ_1 und O γ_2 des Hebels B in c_1, γ_1 und

c_2, γ_2 geschnitten werden, so sind c_2 und γ_2 die Stellen, wo der Führungszapfen c, Fig. 15, anzubringen ist. Bringt man den Zapfen in c_2 an, so erhält der Mechanismus die Einrichtung, welche Fig. 15 zeigt. Bringt man dagegen den Führungszapfen in γ_2 an, so erhält der Mechanismus die Einrichtung, welche Fig. 17 zeigt.

Damit die Kurve, welche der Punkt g des Verbindungsstängelchens f g, Fig. 16, beim Schwingen des Hebels o f beschreibt, von einer geraden Linie nur wenig abweiche, dürfen die Winkel α und β nicht zu gross genommen werden.

Die Rechenbewegung.

Fig. 1, Tafel XXIII. a a ist eine Platte, die in Führungen hin und her gleitet. Sie ist mit einer Rinne b und einer schleifenförmigen Verzahnung c versehen. d ist eine fixe Axe, die gleichförmig gedreht wird. Von ihr gehen zwei Arme e aus, die eine Axe tragen, welche mit einem Getriebe f und mit einem Rade g versehen ist. Das Ende der Axe dringt in die Rinne b ein; das Getriebe f greift in die Verzahnung c ein. Die Axe d ist mit einem Rade h versehen, das in g eingreift. Wird die Axe d gedreht, so pflanzt sich die Bewegung nach g und f fort. Die Zähne von f treiben die Verzahnung c fort, bis die Krümmung der Rinne b an das Ende des Zapfens der Axe von f ankommt, dann geht dieser Zapfen in der Rinne herab, so dass die Theile e f g in die punktirt angedeutete Position e_1 f_1 g_1 kommen, was zur Folge hat, dass nun die Verzahnung c nach entgegengesetzter Richtung bewegt wird.

Dieser Mechanismus ist brauchbar, wenn der Hin- und Hergang mit gleichförmiger Geschwindigkeit erfolgen muss und die zu übertragende Kraft nicht zu gross ist. Während die Theile e f g ihre Positionen verändern, ist jedoch die Bewegung der Platte nicht eine gleichförmige, sondern Anfangs eine bis zum Stillstand verzögerte und dann eine beschleunigte.

Rechenbewegung mit halbverzahntem Rad.

Fig. 2, Tafel XXIII. a ist ein Rahmen, der in einer Führung auf und ab gleiten kann. Er ist innen ausgeschnitten und an beiden Seiten des Ausschnitts mit einer Verzahnung b b_1 versehen. c ist ein an einer Axe befindliches halbverzahntes Rädchen, dessen Zähne bei einer continuirlich drehenden Bewegung bald in b, bald in b_1 eingreifen, wodurch der Rahmen a auf und nieder bewegt wird.

Wenn die Zähne des Rädchens c die Verzahnung b verlassen, darf der Eingriff in b_1 noch nicht begonnen haben, weil sonst der Rahmen gleichzeitig nach aufwärts wie nach abwärts getrieben würde, also eine Stockung der Bewegung eintreten müsste. Damit nun der Rahmen auch dann sicher und richtig geführt wird, wenn das Rädchen c nicht einwirkt, ist an der Axe von c ein kurbelförmiger Körper mit einem Taster d und sind an den Enden der Verzahnungen zwei Ansätze e und e_1 in der Weise angebracht, dass jedesmal, wenn das Rädchen c weder auf b noch auf b_1 einwirkt, der Taster auf die Ansätze e und e_1 greift und die Bewegung des Rahmens übernimmt.

Die Begrenzungslinien des Tasters sind die Aequidistanten von der Linie, welche der Mittelpunkt des Tasters relativ gegen die Ebene des Rahmens beschreibt, wenn der erstere eine gleichförmig drehende und letzterer eine gleichförmige Auf- und Abbewegung macht.

Drei halbverzahnte Kegelräder.

Fig. 3, Tafel XXIII. Dies ist ein Mechanismus, durch welchen eine continuirliche Drehung in eine Hin- und Herdrehung verwandelt wird.

a ist ein halbverzahntes Rad. b, c sind zwei an einer Axe e e befestigte halbverzahnte Räder. Wird a continuirlich gedreht, so greift seine halbe Verzahnung abwechselnd in b und c ein, wodurch in der Axe e e eine Hin- und Herdrehung hervorgebracht wird. Auch bei diesem Mechanismus ist eine Hilfseinrichtung nothwendig, indem die Verzahnung von a in die Verzahnungen von b und c gleichzeitig nicht eingreifen darf. Von irgend einem praktischen Werth ist dieser Mechanismus nicht.

Verzahnte Schwinge mit halbverzahntem Rad.

Fig. 4, Tafel XXIII. Diese Anordnung unterscheidet sich von der auf Seite 377 erklärten dadurch, dass statt eines geradlinig beweglichen Rahmens eine drehbare Schwinge angebracht ist. a ist diese Schwinge, *f* ihr Drehungspunkt, b b_1 mit *f* concentrische Verzahnungen, c ein halbverzahntes Getriebe. Auch hier ist ein Taster und sind Ansätze angebracht, die in Wirksamkeit kommen, wenn das Getriebe weder in die eine noch in die andere Verzahnung eingreift.

Das Mangelrad mit Triebstöcken.

Fig. 5, Tafel XXIII. a ist eine Scheibe, an welcher ein mit Triebstöcken b versehener offener Ring c und zwei Bogenstücke e e befestiget sind. *f* ist ein Getriebe, dessen Zähne für den Eingriff in die Triebstöcke geformt sind. Die Axe g dieses Getriebes ist durch eine Führung h gesteckt, deren Schlitz eine solche Länge hat, dass dies Getriebe innen oder aussen in die Triebstöcke eingreift, je nachdem die Axe an dem oberen oder an dem unteren Ende des Schlitzes anliegt. Die Axe g hat hinter dem Getriebe *f* einen Zapfen, der den Rand des Ringes c stets berührt. Wird die Axe g continuirlich gedreht, so dreht sich die Scheibe a abwechselnd nach rechts und links, je nachdem das Getriebe *f* innen oder aussen eingreift.

Das Mangelrad mit zweifacher Verzahnung.

Fig. 6, Tafel XXIII. Dieses unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch die Verzahnung der Scheibe a. Diese ist hier eine doppelte, was zur Folge hat, dass die Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe a grösser ist, wenn das Getriebe in die innere Verzahnung eingreift, als wenn es in der äusseren wirkt. Die Axe des Getriebes muss sowohl bei diesem wie bei dem vorhergehenden Mangelrade entweder mit einem Hook'schen Schlüssel versehen sein, oder in einer Schaukel liegen, wie bei der auf Seite 377 beschriebenen Einrichtung.

Schaltungen für Stangen und Räder.

Schaltungen werden Vorrichtungen genannt, durch welche eine ruckweise Bewegung von Stangen oder von Rädern bewirkt wird.

Stangenschaltung für ganze Theilungen.

Fig. 7, Tafel XXIII. a ist eine verzahnte Stange, die ruckweise nach links bewegt werden soll. b ist ein Hemmhaken, welcher verhindert, dass die Stange nicht nach rechts gehen kann. c ist ein sogenannter Schalthaken, der sich in einem Zapfen dreht, welcher an einem Hebel oder an irgend einem andern hin und her gehenden Maschinentheil angebracht ist. Wird dieser Haken c um weniger als eine Zahntheilung hin und her bewegt, so schleift er auf dem Zahn hin und her, ohne die Stange zu bewegen. Wird der