Die Bewegungs-Mechanismen

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1857

Herze

$$x = \frac{1}{2}\left(r \sin.\ \varphi + r \sin.\ \frac{m}{m_1}\ \varphi\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

In dieser Gleichung muss der Winkel φ so in Rechnung gebracht werden, dass wenn z. B. die Axe um $10^a \times 360^0 + 37$ Grade gedreht worden ist, für φ der Werth $10 \times 360 + 37 = 3637$ Grade genommen wird. Fallen beide Sinuse positiv oder negativ aus, so wirkt der Apparat addirend, fällt einer der Sinuse positiv der andere negativ aus, so wirkt der Apparat subtrahirend.

Würde man die Stange g in eine zweite Traverse einhängen und auf das zweite Ende dieser Traverse abermals eine dritte Kurbelbewegung einwirken lassen, so würde in der Führungsstange dieser zweiten Traverse die algebraische Summe dreier Sinusbewegungen eintreten. Auf ähnliche Weise fortfahrend, würde es möglich werden, ein Bewegungsgesetz von der Form

$$x = a\ S \sin.\ k\ \varphi$$

zu realisiren. Der Mechanismus mit zwei Kurbelbewegungen bringt eine ähnliche Wirkung hervor, wie das Differenzialräderwerk. Der Interferenzmechanismus addirt oder subtrahirt zwei schwingende Bewegungen, das Differenzialräderwerk dagegen zwei drehende Bewegungen.

TAB. XXVI.

Fig. 1, 2, 3, 4. Schubschleifung. a ist eine mit einem Schwungrad b und mit einer Kurbel c versehene Axe. d eine gegabelte Schubstange, welche eine in der Mitte schleifenförmig erweiterte, durch zwei Lager f f geführte Stange e hin und her bewegt. g ist ein verzahntes Rädchen, das sich um einen Zapfen k dreht, der durch die Augen von d, durch die Schleife von e und durch die Nabe von g gesteckt ist. h eine gegen das Gestelle geschraubte Zahnstange. i eine durch die Lager f f geführte, in ihrem mittleren Theile verzahnte Stange. Wird die Axe a gedreht, so macht zunächst e eine Sinusversusbewegung, dann aber auch i, jedoch mit dem Unterschied, dass die Schublänge von i doppelt so gross ist, als jene von e. Nennt man r den Halbmesser der Kurbel c, so ist die Schublänge von e gleich 2 r, jene von i gleich 4 r.

Herze.

Die Kurbel kann zur Verwandlung einer drehenden Bewegung in eine hin- und hergehende nicht angewendet werden, wenn der Hin- und Hergang nach einem ganz bestimmten Gesetz geschehen soll, das von dem des Sinus versus abweicht. In diesem Falle muss man sogenannte Herze anwenden, durch welche es möglich wird, jede beliebige stetige oder unstetige Hin- und Herbewegung hervorzubringen. Sie leisten Aehnliches, wie die unrunden Räder und die Kunstbewegung, spielen in der Construktion der feineren Arbeitsmaschinen eine äusserst wichtige Rolle, verursachen jedoch beträchtliche Reibungen und fallen für grössere Schublängen ungemein gross aus, können desshalb zur Uebertragung grösserer Kräfte nicht gebraucht werden. Auf den folgenden drei Tab. sind verschiedene Herze dargestellt.

TAB. XXVII.

Fig. 1 und 2. Herz für Sinusversusbewegung. a ist eine durch zwei Lager b b geführte, in der Mitte schleifenförmig ausgeweitete und mit zwei Röllchen c c_1 versehene Stange. d eine mit einer Handkurbel e und mit dem Herz f versehene Axe. Die Begränzungslinie dieses Herzes ist die Aequidistante einer Kurve, deren Polargleichung

$$\rho = \rho_0 + r \sin.\ \text{vers.}\ \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

ist. Die Bedeutung der in dieser Formel erscheinenden Zeichen ist folgende:

$\rho_0 = \overline{dc}$ Fig. 1 die Entfernung des Mittelpunktes der Rolle c vom Mittel der Axe d beim tiefsten Stand der Stange a.

$2r$ die ganze Erhebungshöhe der Stange.

$2r + \rho_0 = \overline{dc_1}$, die Entfernung des Mittelpunktes c_1 des unteren Röllchens von der Axe d beim tiefsten Stand der Stange.

ρ ein beliebiger von d aus gezogener Radiusvektor.

φ der Winkel, den dieser Radiusvektor mit der von d aus vertikal aufwärts gezogenen Linie bildet.

Durch dieses Herz wird genau die Wirkung einer Kurbel, deren Halbmesser gleich r ist, nachgeahmt.

Um die Begränzungslinie des Herzes zu finden, muss man zuerst die durch die Gleichung (1) ausgedrückte Kurve construiren, und sodann mit dem Halbmesser eines Röllchens c die Aequidistante bestimmen. Die Kurve (1) hat die Eigenschaft, dass die Summe je zweier diametral gegenüber liegender Radienvektoren die constante Länge 2 r gibt, was zur Folge hat, dass die beiden Röllchen das Herz in jeder seiner Stellungen berühren. Die Stange a wird desshalb durch das Herz auch dann richtig bewegt, wenn man das Modell in eine ganz beliebige Lage bringt.

Fig. 3 und 4. Herz für gleichförmige Bewegung. Die Stange a wird durch die Lager b b gehalten und ist unten mit einem Röllchen c versehen. An die Herzscheibe f, welche mit ihrem Umfang gegen das Röllchen wirkt, ist noch eine etwas grössere dünne Scheibe befestigt. Die Umfangslinie von f_1 ist nach dem Gesetz:

$$\rho = \rho_0 + 2\,r\,\frac{\varphi}{\pi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

verzeichnet. In diesem Ausdruck bedeutet:

$\rho_0 = \overline{cd}$ Fig. 3 den Abstand des Rollenmittelpunktes von der Axe in der tiefsten Stellung der Stange oder den kleinsten Radiusvektor.

$2r$ die Erhebungshöhe der Stange.

$\rho_0 + 2r = \overline{dg}$ Fig. 3 den grössten Radiusvektor.

ρ irgend einen von d aus nach f, gezogenen Radiusvektor.

φ den Winkel, den dieser Radiusvektor mit der durch d vertikal aufwärts gezogenen Linie bildet.

Die Umfangslinie der Scheibe f ist die mit dem Halbmesser des Röllchens c zu f_1 gezogene Aequidistante.

Es ist leicht einzusehen, dass durch eine gleichförmige Drehung der Axe d in der Stange a ein Auf- und Niedergang mit gleichförmiger Geschwindigkeit eintritt.

TAB. XXVIII.

Herze für unstetige Bewegungen. Durch Herze kann man auch bewirken, dass in einer Stange abwechselnd Ruhe und Bewegung eintritt. Dies zeigen die auf Tab. XXVIII. dargestellten Modelle.

Fig. 1 und 2. Das Bogendreieck. a ist eine Axe, an welcher eine Handkurbel b und eine runde Scheibe c befestigt ist. d ist ein gleichseitiges Bogendreieck, das mit drei Schrauben gegen die Scheibe c geschraubt ist. Die Spitze γ des Dreieckes fällt in die Axe. $\alpha\beta$ ist aus γ, $\beta\gamma$ aus α, $\alpha\gamma$ aus β beschrieben. e eine durch zwei Lager f und f geführte Stange mit einer rahmenförmigen Erweiterung m n $m_1 n_1$. Die innere vertikale Höhe des Rahmens ist gleich der Höhe $\gamma\varepsilon$ des Bogendreieckes. Wird die Axe a vermittelst der Handkurbel b gedreht, so treten in der Stange e folgende Zustände ein.

Rechnen wir die Bewegung der Axe nicht von einem Augenblick an, in welchem das Dreieck die in Fig. 1 dargestellte Stellung hat, sondern von einem Augenblick an, in welchem der Punkt β des Dreieckes durch den Punkt ε des Rahmens geht, so findet folgendes statt:

Bewegung der Axe.	Zustand der Stange.
von 0° bis 60°	Stillstand,
„ 60° „ 180°	Niedergang,
„ 180° „ 240°	Stillstand,
„ 240° „ 360°	Erhebung.

Der Niedergang sowohl als die Erhebung geschehen nach zweierlei Gesetzen. Das eine Gesetz findet statt, so lange eine Dreieckseite gegen den Rahmen wirkt. Das zweite Gesetz findet statt, so lange eine Spitze des Dreiecks gegen den Rahmen wirkt.

Bekanntlich wird dieses Dreieck zur Bewegung der Steuerungsschieber bei *Woolf'schen* Dampfmaschinen gebraucht, und entspricht daselbst sehr wohl dem Zweck, denn es bewirkt einen sehr raschen Communikationswechsel.

Fig. 3 und 4. Herz für Expansion. Die Stange e ist hier mit zwei Röllchen und in der Mitte mit einer Ausweitung versehen. Das Herz besteht aus zwei gegen einander verstellbaren Scheiben c und d. $\alpha\beta$, $\gamma\delta$, $\varepsilon\lambda$, $\mu\eta$ sind mit der Axe a concentrische Kreisbögen. $\beta\gamma$, $\delta\varepsilon$, $\lambda\mu$, $\eta\omega$ sind stetige Uebergangslinien.

Es ist:

$$\overline{a\delta} - \overline{a\varepsilon} = \overline{a\omega} - \overline{a\eta} = 2\,(\overline{a\beta} - \overline{a\gamma})$$
$$= 2\,(\overline{a\mu} - \overline{a\lambda})$$

Ferner:

$$\widehat{\alpha a \beta} = \widehat{\gamma a \varepsilon}, \qquad \widehat{\gamma a \delta} = \widehat{\mu a \eta}$$

und die Uebergangslinien sind so gebildet, dass die Summe zweier diametral gegenüberstehender Radienvektoren einen constanten Werth hat.

Beschreiben wir die Bewegung der Stange e von dem Augenblick an, wenn der Punkt α nach links hin durch die Vertikale geht, und setzen zur Abkürzung $\overline{a\delta} - \overline{a\varepsilon} = \beta$, so geschieht folgendes:

Drehung der Axe a.	Zustand der Stange e.
um den Winkel $\widehat{\alpha a \beta}$	Stillstand,
„ „ „ $\widehat{\beta a \gamma}$	Niedergang um s,
um den Winkel $\widehat{\gamma a \delta}$	Stillstand,
„ „ „ $\widehat{\delta a \varepsilon}$	Niedergang um 2 s,
„ „ „ $\widehat{\varepsilon a \lambda}$	Stillstand,
„ „ „ $\widehat{\lambda a \mu}$	Erhebung um s,
„ „ „ $\widehat{\mu a \eta}$	Stillstand,
„ „ „ $\widehat{\eta a \omega}$	Erhebung um 2 s.

Die Stange e macht hiermit diejenigen Bewegungen, welche ein verlängerter Expansionsschieber einer Dampfmaschine verlangt. Verstellt man die beiden Scheiben des Herzes so, dass die Bögen $\alpha\beta$ und $\lambda\varepsilon$ kürzer, und die Bögen $\gamma\delta$, $\eta\mu$ länger werden, so ändert sich dadurch der Expansionsgrad.

TAB. XXIX.

Fig. 1 und 2. Gleichförmige Stangenbewegung mit Kurbel. Vermittelst dieses Mechanismus wird durch eine gleichförmige Drehung einer Kurbel ein gleichförmiger Auf- und Niedergang einer Stange hervorgebracht, und zwar dadurch, dass ein an den Kurbelzapfen angebrachtes Röllchen in einer angemessen geformten mit der Stange verbundenen schleifenförmigen Bahn läuft. Die äussere Schleife a ist mit der Stange b aus einem Stück. Die innere Schleife a_1 ist mit der äussern vermittelst der Querstücke c c verbunden. Die Axenlinie d der Schleife ist die Linie, welche der Mittelpunkt des Kurbelzapfens relativ gegen die Ebene der Stange beschreibt, wenn die Kurbel gleichförmig gedreht und gleichzeitig die Ebene der Stange mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf und nieder bewegt wird. Die Coordinaten x und y eines beliebigen Punktes dieser Kurve in Bezug auf die Axen a x, a y sind analytisch ausgedrückt:

$$\left.\begin{aligned} x &= R\cos.\varphi \\ y &= R\sin.\varphi - \frac{2}{\pi}\,h\,\varphi \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

In diesen Ausdrücken ist R der Halbmesser der Kurbel, h die halbe Erhebungshöhe der Stange, π die *Ludolph'sche* Zahl, φ der Winkel, den die Kurbel in irgend einer Stellung mit der Axe a x bildet.

Jedesmal, wenn die Kurbel eine horizontale Stellung erreicht, wie in Fig. 1 dargestellt ist, kann sie die Stange weder sicher halten noch sicher bewegen, es ist deshalb noch ein Hilfsmechanismus angebracht, der aus einem einzelnen gegen die Kurbel geschraubten Zahn e und aus zwei gegen die innere Schleife b geschraubten Stangen f besteht, von denen jede mit einer Zahnlücke versehen ist. Jedesmal, wenn sich die Kurbel einer horizontalen Stellung nähert, tritt der Zahn in die eine oder in die andere der beiden Lücken, und bewegt die Stange so lange fort, bis die Kurbel eine Stellung erreicht, von der an sie wiederum mit Sicherheit die Bewegung der Stange fortzusetzen vermag.

Es ist kaum nothwendig, zu bemerken, dass dieser Mechanismus nur einen sehr geringen praktischen Werth hat. Er ist zu komplizirt, verursacht Reibung und Abnützung, und kann nur sehr schwer mit derjenigen Genauigkeit festgestellt werden, bei welcher die Bewegung der Stange ganz sanft erfolgen würde.

Fig. 3 und 4. Doppelherz für gleichförmige Stangenbewegung. Dieser Mechanismus unterscheidet sich in seiner Wirkung von dem einfachen Herz, Tab. XXVII. Fig. 3 und 4, dadurch, dass die Stange bei einer Umdrehung der Axe zweimal auf und nieder geht. Das Doppelherz b ist mit einer Hülse versehen, und vermittelst derselben mit der Axe a verbunden. Das grössere aber dünnere Doppelherz c ist vermittelst mehrerer Schrauben mit b verbunden, und gegen den Rand von c ist die Saumleiste d geschraubt. Die Stange f ist mit einem Röllchen e versehen, und wird durch die zwischen b und d befindliche Rinne auf und ab bewegt. Die Gleichung der Axenlinie dieser Rinne ist in Polarcoordinaten ausgedrückt:

$$\varrho = \varrho_0 + \frac{2}{\pi} h \varphi.$$

Hier bezeichnet:
ϱ die Länge desjenigen Radiusvektors, dessen Richtung mit der Vertikalen a y einen Winkel φ bildet. h die Erhebungshöhe der Stange f. ϱ_0 den kleinsten Radiusvektor.

TAB. XXX.

Fig. 1 bis 5. Muschellinien-Mechanismus. Dieser Mechanismus ist ein Kurvograph, vermittelst welchem ein interessantes System von Linien verzeichnet werden kann, die sämmtlich die Formen von Muscheln nachahmen. a ist eine Axe, die mit einem Schwungrad d und mit einer Kurbel c versehen ist. b ist eine zweite Axe, die mit einer Hülse e versehen ist, deren Form aus Fig. 1, 2 und 4 ersehen werden kann. f ist ein Stab; der Querschnitt des unteren Theiles ist ein Rechteck, der Querschnitt des oberen Theiles ist ein Trapez, das, wie Fig. 4 zeigt, genau in die Bahn der Hülse e hineingepasst ist. In diesem Stab ist eine Reihe von Löchern angebracht, in welche die Hülse Fig. 5 eines Zeichenstiftes geschraubt werden kann. g ist ein mit einer Klemmschraube versehener Stift, der einen gegen die Kurbel c zerstellbaren Kurbelzapfen bildet, an welchen die Stange mit einer ihrer Durchbohrungen gesteckt werden kann.

Wird die Axe a gedreht, so nimmt die Kurbel c die Stange f mit; diese schleift dabei in der Hülse e und dreht sie hin und her.

Nennt man (Fig 1)

$\overline{ga} = r$ den Kurbelhalbmesser,

$\overline{ab} = a$ die Entfernung der Axen a und b,

$\overline{mg} = b$ die Entfernung eines beliebigen Punktes m der Stange vom Mittel des Kurbelzapfens,

$\left.\begin{array}{l}\overline{ap} = x \\ \overline{mp} = y\end{array}\right\}$ die Coordinaten des Punktes m.

Wenn die Kurbel einen Winkel $\widehat{gax} = \varphi$ mit der Vertikalen a x bildet, so findet man ohne Schwierigkeit:

$$\left.\begin{array}{l} x = r \cos.\varphi + b \dfrac{a + r \cos.\varphi}{\sqrt{a^2 + r^2 + 2\,a\,r \cos.\varphi}} \\[2ex] y = r \sin.\varphi + b \dfrac{r \sin.\varphi}{\sqrt{a^2 + r^2 + 2\,a\,r \cos.\varphi}} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Eliminirt man aus diesen Ausdrücken den Winkel φ, so ergibt sich eine ziemlich komplizirte algebraische Gleichung eines höheren Grades, und dies ist die Gleichung der Kurve, welche ein beliebiger Punkt m des Stabes beschreibt, wenn man die Kurbel im Kreise herumdreht. Fig. 3 zeigt das Liniensystem, das der Stift verzeichnet, wenn man denselben in die verschiedenen Durchbohrungen des Stabes steckt, die Kurbel jedesmal herumdreht und die Spitze des Stiftes einer Zeichenfläche gegenüber hält. Man sieht, dass alle Linien dieses Systems muschelförmig sind.

Dieser Mechanismus kann zu verschiedenen mechanischen Zwecken gebraucht werden, z. B. zur Bewegung eines Handruders, ferner zur Bürstenbewegung der Schlichtmaschinen oder auch zur Kammbewegung der Schafwollkämme.

Die Balanciers.

Die Mechanismen, bei welchen durch Vermittlung von Balanciers eine drehende Bewegung in eine hin- und hergehende oder umgekehrt eine hin- und hergehende in eine rotirende verwandelt wird, kommen mehr und mehr ausser Gebrauch, und haben gegenwärtig beinahe nur noch für die Schule dadurch ein Interesse, weil sie auf sinnreichen Combinationen beruhen und von Persönlichkeiten erfunden wurden, deren Namen mit der Geschichte des Maschinenwesens unzertrennlich verbunden sind.

Diese mehr und mehr seltener werdende Anwendung der Balanciermechanismen lässt sich leicht erklären. Für kleinere Bewegungen genügen die viel einfacheren direkt wirkenden Mechanismen, welche auf den vorhergehenden Blättern dargestellt sind, und wenn es sich um grosse Bewegungen und Uebertragung von mächtigen Kräften handelt, ist die Anwendung der Balanciermechanismen schwierig, umständlich und kostspielig. Sie sind sehr weitläufig, erfordern sehr viel Raum, schwere, massige und kostspielige Fundamente, bestehen aus einer grosser Anzahl von Stangen und Stäben, von Axen und Zapfen, deren Herstellung mit viel Schwierigkeiten und Kosten verbunden ist, und die sich niemals so solide mit einander verbinden lassen, als die wenigen Bestandtheile eines direkt wirkenden Mechanismus. Es ist ferner eine ganz verlässlich solide Herstellung dieser colossalen Balanciers, die ganz auf respektive Festigkeit in Anspruch genommen sind, beinahe eine Unmöglichkeit, sei es nun, dass man als Construktionsmaterial Gusseisen oder Schmiedeisen wählt.

Hauptbalanciers werden gegenwärtig beinahe nur noch bei *Woolf*'schen Fabrik-Dampfmaschinen von 40 bis 100 Pferdekraft angewendet, und da sind sie wirklich am rechten Platz, indem die fünf oder sechs bei einer solchen Maschine vorkommenden Kolbenstangen so leicht von einem Balancier aus mit verschiedenen Geschwindigkeiten und verschiedenen Hublängen bewegt werden können.

Bei andern Arten von Dampfmaschinen findet man gegenwärtig die Balanciers entweder gar nicht oder nur zu Nebenzwecken, nämlich zur Bewegung der verschiedenen Hilfspumpen angewendet.

Die richtigen geometrischen Verhältnisse eines Balanciermechanismus lassen sich zuweilen durch Zeichnung, zuweilen durch Rechnung am zweckmässigsten bestimmen. Das erstere ist der Fall, wenn alle Bestimmungselemente des geometrischen Zusammenhanges, mit Ausnahme der Länge des Gegenlenkers, angenommen werden, und die Länge so wie der Einhängungspunkt des Gegenlenkers gesucht wird. Das letztere ist dagegen der Fall, wenn der Drehungspunkt so wie die Länge des Balanciers, ferner der Einhängungspunkt des Gegenlenkers gegeben ist, und die übrigen Bestim-