Die Bewegungs-Mechanismen

Redtenbacher, Ferdinand

Mannheim, 1857

Hin- und Hergang

urn:nbn:de:bsz:31-266481

Hin- und Hergang.

TAB. XXII.

Fig. 1 und 2. Reine Kurbelbewegung oder Sinusversusbewegung. a ist eine mit zwei Kurbeln b und f versehene Axe. An den Kurbelzapfen c von b ist ein Gleitstück gesteckt, d eine Stange mit einer schleifenförmigen Erweiterung. Sie wird durch zwei Lager e e in vertikaler Richtung gehalten, kann jedoch in diesen Lagern auf und nieder schleifen. Das Gleitstück ist in die Schleife der Stange genau eingepasst, so dass es in derselben hin- und hergleiten kann. Wird die Axe a vermittelst der Kurbel f mit gleichförmiger Geschwindigkeit gedreht, so entsteht in der Stange d eine auf und nieder gehende Bewegung mit periodisch wechselnder Geschwindigkeit.

Nennt man:

r den Halbmesser der Kurbel b, d. h. die Entfernung vom Mittel des Zapfens c bis zum Mittel der Axe a,
x den Weg, welchen die Stange d von der Position an, die in der Zeichnung dargestellt ist, vertikal aufwärts zurücklegt, wenn die Kurbelaxe a um einen Winkel
φ gedreht wird,
ω die Winkelgeschwindigkeit der Axe a,
v die Geschwindigkeit der Stange d, nachdem sie um x gehoben worden ist,
so hat man:

$$x = r\,(1 - \cos.\,\varphi) \qquad (1)$$

oder

$$x = r \sin.\,\text{ver}.\,\varphi \qquad (2)$$

$$v = r\,\omega \sin.\,\varphi \qquad (3)$$

Die Bewegung der Stange erfolgt also nach dem Gesetz des Sinus versus und ist die einfachste Elementar-Schwingung, auf welche alle in der Natur vorkommenden Schwingungen zurückgeführt werden können. Auch ist es der compendiöseste Mechanismus zur Verwandlung einer rotirenden Bewegung in eine geradlinig hin- und hergehende mit periodisch wechselnder Geschwindigkeit, und kann zur Uebertragung von kleineren Kräften jedesmal gebraucht werden, wenn das Gesetz des Sinus versus dem Zweck, welchem diese hin- und hergehende Bewegung zu dienen hat, nicht widerspricht. Zur Uebertragung von grossen Kräften ist jedoch dieser Mechanismus nicht gut brauchbar, d. h. es ist kein Kraftmechanismus, indem die Reibung des Gleitstückes an der Schleife und die Reibungen der Stange d in den Führungen e e viele Kraft erschöpfen und bedenkliche Abnützungen dieser Theile verursachen.

Fig. 3 und 4. Sinusversusbewegung mit Excentrum. Dieser Mechanismus unterscheidet sich von dem vorhergehenden dadurch, dass hier die Kurbel durch eine excentrische kreisrunde Scheibe ersetzt ist.

a ist eine mit einer excentrischen Scheibe b und mit einer Handkurbel f versehene Axe. d eine durch Lager e e gehaltene, in der Mitte schleifenförmig ausgeweitete Stange. Die Bewegung, welche in dieser Stange d durch eine drehende Bewegung der Axe a hervorgerufen wird, ist identisch mit der Bewegung der Stange d in Fig. 1 und 2, wenn die Excentricität c a der Scheibe b Fig. 3 gleich ist dem Halbmesser der Kurbel b in Fig. 2. Dieser Mechanismus Fig. 3 verursacht noch mehr Reibung, als Fig. 1, gewährt jedoch den Vortheil, dass die Axe a nach beiden Seiten ohne Unterbrechung fortlaufen kann, kann also mit Nutzen gebraucht werden, wenn von einer Axe aus, die nicht unterbrochen werden darf, eine hin- und hergehende Bewegung hervorgebracht werden soll, bei welcher keine zu grosse Kraft zu übertragen ist.

TAB. XXIII.

Fig. 1, 2, 3. Planetenrad. a ist eine mit einem Schwungrad b und mit einem Zahnrad c versehene Axe. d d sind zwei an die Axe a gesteckte, um dieselbe drehbare Schienen. e ist ein Rädchen, dessen Zähne in c eingreifen. Die Axe dieses Rädchens liegt in den Schienen d und d, ist aber aussen an eine Schubstange f so befestiget, dass f und e ein einziges Stück bilden. Diese Schubstange ist mit ihrem unteren Auge auf den Zapfen einer Hülse g gesteckt, welche an dem durch die Lager i i gehaltenen Stängelchen auf und nieder gleiten kann. m, ist ein Gegengewicht.

Wird die Axe a gedreht, so entsteht in der Hülse g eine auf- und niedergehende Bewegung mit periodisch wechselnder Geschwindigkeit; es ist jedoch nicht eine reine Sinusversusbewegung. Das charakteristische dieses Mechanismus besteht darin, dass bei einer Auf- und Niederschwingung von g die Axe a zwei Umdrehungen macht. Setzt man das Modell vermittelst des Griffes e in Bewegung, so wird die auf- und niedergehende Bewegung von g in eine drehende Bewegung von a oder b verwandelt, und die Axe a so wie das Schwungrad b machen beide zwei Umdrehungen, wenn die Hülse einmal auf und ab geführt wird. Es ist ein sinnreicher von Watt erfundener Mechanismus von sehr geringem praktischen Werth, denn wenn man eine doppelte Rotationsgeschwindigkeit hervorbringen will, ist es viel einfacher, zuerst mit einer gewöhnlichen Kurbel und Schubstange die hin- und hergehende Bewegung in eine drehende zu verwandeln, und dann die Geschwindigkeit derselben durch eine gewöhnliche Räderübersetzung zu verdoppeln.

Fig. 4, 5, 6. Excentrum mit veränderlicher Excentricität. a ist eine mit einer Handkurbel b und mit einer excentrischen Scheibe c versehene Axe. d ist eine zweite um c excentrisch drehbare Scheibe. Die Verstellung von d gegen c geschieht vermittelst eines Rädchens e, dessen Zähne in einen verzahnten Bogen f eingreifen. e dreht sich um einen an d eingeschraubten Zapfen. Der verzahnte Bogen f ist an das Excentrum c geschraubt. Ist die Verstellung geschehen, so werden die beiden Excentra vermittelst einer Klemmschraube g mit einander verbunden. h ist ein gewöhnlicher, das äussere Excentrum d umfassender, mit einer Stange i versehener Excentrumring. Das untere Auge der Stange i umfasst den Zapfen einer Hülse k, die an dem durch die Lager m und m gehaltenen Stängelchen l auf und nieder gleiten kann.

In Fig. 4 und 5 sind die beiden Excentra in derjenigen Gegeneinanderstellung gezeichnet, bei welcher der Mittelpunkt δ der Scheibe d in die Verlängerung der Linie γ a fällt. Bei dieser Gegeneinanderstellung der Excentra d und c bringt der Mechanismus eine Bewegung der Hülse k hervor, wie eine Kurbel, deren Halbmesser gleich $a\gamma + \gamma\delta = a\delta$ ist. Dreht man das Excentrum d um c um einen gewissen Winkel $\varphi = \delta\gamma\varepsilon$, so kommt der Mittelpunkt von d nach ε zu liegen, und dann wirkt der Mechanismus wie eine Kurbel, deren Halbmesser gleich $a\,\varepsilon$ ist.

Nennt man:

$\varepsilon = \overline{a\gamma}$ die Excentricität von c gegen a,
$\varepsilon_1 = \overline{\gamma\delta} = \overline{\gamma\varepsilon}$ die Excentricität von d gegen c,
so ist:

$$\overline{a\,s} = \sqrt{s^2 + s_1^2 + 2\,s\,s_1\cos.\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Für $\varphi = o$, welcher Fall in der Zeichnung dargestellt ist, wird:

$$\overline{a\,s} = s + s_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Für $\varphi = \pi$ wird dagegen:

$$\overline{a\,s} = s - s_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Die Anwendung von diesem verhältnissmässig sehr komplizirten Mechanismus, durch welchen weiter nichts bewirkt wird, als dass man die Schublänge von k verändern kann, ist nur dann motivirt, wenn die Axe a zu beiden Seiten ohne Unterbrechung fortsetzen soll. Kann die hin- und hergehende Bewegung vom Ende einer Axe aus geschehen, so ist es weit einfacher, eine Kurbel mit einem gegen die Axe verstellbaren Zapfen anzuwenden.

TAB. XXIV.

Fig. 1 und 2. Epycycloidischer Hin- und Hergang. Wenn in einem Kreis, dessen Halbmesser R ist, ein anderer Kreis von einem Halbmesser $\frac{1}{2}$ R gerollt wird, geht ein Peripheriepunkt des letzteren nach dem Sinusversusgesetz längs eines Durchmessers des erstern Kreises hin und her. Auf diesem bekannten Satze beruht der in Fig. 1 und 2 dargestellte Mechanismus. a ist eine mit zwei Kurbeln b und c versehene Axe. d ein an den Kurbelzapfen von c gestecktes, um denselben drehbares Rad. e ein mit einer inneren Verzahnung versehenes concentrisch zur Axe a gegen das Gestelle geschraubtes Rad, dessen Halbmesser zweimal so gross ist, als jener des Rades d. f ein gegen das Rad d geschraubtes, mit einem Zapfen versehenes Plättchen. Der Zapfen ist so angebracht, dass seine Axe durch einen Theilrisspunkt des Rades d geht. g eine Stange, die mit ihrem unteren Auge an den Zapfen von f gesteckt ist und oben in einem Lager h schleift.

Wird die Axe a vermittelst der Handkurbel b gedreht, so rollt das Rädchen d in dem Zahnkranz e herum, und der Mittelpunkt des unteren Auges der Stange g bewegt sich längs des vertikalen Durchmessers von e auf und ab. Nennt man R den Halbmesser des Theilrisses von e, φ den Winkel, den die Richtung der Kurbel c mit der vertikalen Richtung bildet, x den Weg, den die Stange g nach aufwärts zurückgelegt hat, während der Winkel φ beschrieben wurde, so hat man:

$$x = R\,(1 - \cos.\varphi)$$

oder

$$x = R \text{ sin. vers. } \varphi.$$

Fig. 3 und 4. Hin- und Hergang mit zwei Kurbeln. a und a_1 sind zwei parallele Axen. Sie sind mit zwei gleich grossen in einander greifenden Zahnrädern c c_1 versehen. An die Axe a ist überdies noch eine Handkurbel b gesteckt. d und d_1 zwei mit den Körpern der Räder c und c_1 verbundene Zapfen, deren Entfernung von den Axen a und a_1 gleich gross, aber kleiner als die Halbmesser von c und c_1 sind. g eine in zwei Lagern h und h_1 schleifende Stange. f eine mit derselben verbundene Traverse. e e_1 zwei Schubstangen. Die Augen der oberen Enden sind in die Enden der Traverse f, die Augen der unteren Enden sind in die Zapfen d d_1 der Räder eingehängt.

Wird die Axe a vermittelst der Handkurbel b gedreht, so geht die Stange g mit periodisch wechselnder Geschwindigkeit nach vertikaler Richtung auf und ab, jedoch nicht nach dem reinen Sinusversusgesetz, indem die Schubstangen e und e_1 durch ihre endliche Länge eine Modifikation veranlassen.

Nennt man

r den Abstand eines Zapfenmittels d d_1 von den Axen a a_1,

l die Länge einer der beiden Schubstangen e e_1,

x den Weg, den die Stange g nach aufwärts zurücklegt, während jeder der beiden Halbmesser a d und a_1 d_1 um einen Winkel φ von der vertikalen Richtung abgelenkt wird,

so hat man:

$$x = r\,(1 - \cos.\varphi) - l\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2 \sin.^2\varphi}\right]$$

Gewöhnlich beträgt das Verhältniss $\frac{r}{l}$ nur $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ und dann ist der Werth des letzten Ausdruckes so unbedeutend, dass derselbe vernachlässigt werden kann. Man hat daher in diesem Falle annähernd:

$$x = r\,(1 - \cos.\varphi).$$

Das heisst die Bewegung der Stange g erfolgt annähernd nach dem Gesetz des Sinus versus.

TAB. XXV.

Fig. 1 bis 6. Interferenz-Bewegung. Durch diesen Mechanismus werden zwei schwingende Sinusversusbewegungen addirt oder subtrahirt, d. h. es wird diejenige Bewegungserscheinung hervorgerufen, welche man in der Physik Interferenz genannt hat. Dieser Mechanismus unterscheidet sich von dem unmittelbar vorher beschriebenen nur dadurch, dass bei Fig. 1 Tab. XXV. die Axen a a_1 mit ungleicher Geschwindigkeit gedreht werden, während die Axen a a_1 in Fig. 3 Tab. XXIV. gleiche Geschwindigkeiten haben. Diese ungleichen Geschwindigkeiten der Axen a und a_1 werden dadurch hervorgebracht, dass die Halbmesser von c und c_1 so wie die Zahnzahlen nicht übereinstimmen. In Bezug auf das Construktive muss nun bemerkt werden, dass der Balancier f mit der Stange g nicht steif verbunden sein darf, sondern so, dass er schaukeln kann. Von den in Fig. 1 dargestellten Rädern c und c_1 hat das erstere 66, das letztere 67 Zähne. Diese bewirken, dass die Stange g bei 66 Umdrehungen von a eine Reihenfolge von 66 Oscillationen von veränderlicher Grösse macht. Fig. 5 versinnlicht diese Bewegung. Vertauscht man diese Räder c c_1 mit zwei andern γ γ_1, deren Halbmesser sich wie 2 : 1 verhalten, so macht die Stange g eine Bewegung, die durch Fig. 6 angedeutet ist. Auf ähnliche Weise kann man durch Einsetzen anderer Räder sehr verschiedenartige Schwingungsweisen hervorbringen.

Nennt man:

r den Halbmesser einer Kurbel a d = a_1 d_1,

m m_1 die Zahnzahlen der Räder c und c_1 oder γ und γ_1,

x die Höhe, in der sich ein bestimmter Punkt der Stange über seiner mittleren Position befindet, wenn die Kurbel a d um einen Winkel φ aus der in Fig. 1 dargestellten horizontalen Position gedreht worden ist, so hat man:

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

In dieser Gleichung muss der Winkel φ so in Rechnung gebracht werden, dass wenn z. B. die Axe um $10^x \times 360^o + 37$ 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

$$x = \mathrm{a}\, S \sin. k\, \varphi$$

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. Schubdoublirung. 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 Konusbewegung, 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_1 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.