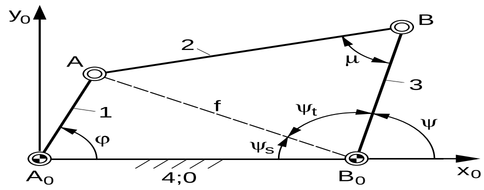
Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik der RWTH Aachen

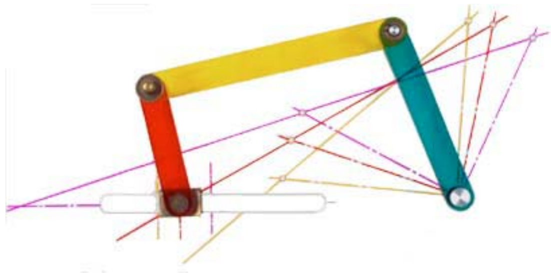
IGM-Getriebesammlung

Ebene Kurbelschwinge mit einstellbarer Versetzung 239

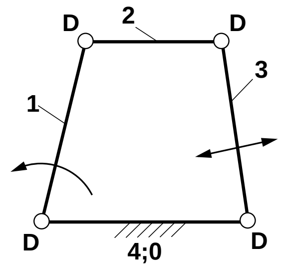
- Übertragungsgetriebe zur Umwandlung einer umlaufenden Drehung in eine schwingende Drehung
- Ebenes viergliedriges Drehgelenkgetriebe



a)



b)



c)

Bild 1.
Ebene Kurbelschwinge

Symbole im Strukturbild:
D für Drehung **S** für Schiebung **W** für Schraubung (Windung) Antriebsgelenk; Abtriebsglied
Beispiel **D_2S**: Gelenk mit dem Freiheitsgrad 3; 2 Drehungen, 1 Schiebung

Zugriffsmerkmale:

Anzahl der Antriebsgelenke	: 1, davon	1 am Gestell
Anzahl der Abtriebsglieder	: 1, davon	1 am Gestell
Anzahl der Glieder	: 4, davon	4 binär
Anzahl der Gelenke	: 4, davon	4 Drehgelenke (D)

Abmessungen: (in Längeneinheiten)

$\overline{A_0A} = l_1 = 1$ $\overline{AB} = l_2 = 2{,}1$ $\overline{B_0B} = l_3 = 1{,}5$

$\overline{A_0B_0} = l_4 = 2{,}100$ für die überzentrische Kurbelschwinge

$\overline{A_0B_0} = l_4 = 2{,}379$ für die zentrische Kurbelschwinge

$\overline{A_0B_0} = l_4 = 2{,}570$ für die unterzentrische Kurbelschwinge

Erläuterung:

Das Modell des ebenen Getriebes nach **Bild 1** stellt ein viergliedriges Drehgelenkgetriebe A_0ABB_0 dar, dessen Glied 1 die kleinste Länge $l_1 = l_{min}$ und dessen Gestell 4;0 eine einstellbare Gliedlänge l_4 besitzt. Bei jeder einstellbaren Gestelllänge bleibt die Umlauffähigkeitsbedingung nach Grashof, $l_{min} + l_{max} < l' + l''$, erhalten, so dass es sich stets um eine Kurbelschwinge handelt, deren Glied 1 als Antriebskurbel im Gestell beliebig oft umlaufen kann. Das weitere im Gestell drehbar gelagerte Getriebeglied 3, das von der Kurbel 1 über die Koppel 2 angetrieben wird, führt eine schwingende Drehung zwischen zwei Umkehrlagen aus (**Bild 2**). In der äußeren Totlage $A_0A_aB_aB_0$ der Kurbelschwinge, in der sich Kurbel und Koppel in Strecklage befinden, gehört zum Kurbelwinkel $\varphi_a = \sphericalangle\, B_0A_0A_a$ der Schwingenwinkel ψ_a (**Bild 3**). In der inneren Totlage $A_0A_iB_iB_0$, in der sich Kurbel und Koppel in Decklage befinden, liegt das Wertepaar (φ_i, ψ_i) vor. Wenn sich die Kurbel von der äußeren zur inneren Totlage im gleichen Drehsinn wie die Schwinge (Gleichlaufphase) dreht, überstreicht sie den Kurbelbereichswinkel $\varphi_H = \varphi_i - \varphi_a$, während die Schwinge den Schwing(bereichs)winkel $\psi_H = \psi_i - \psi_a$ durchläuft. Ein Maß für die kinematische Übertragungsgüte (Laufgüte) des Getriebes ist der Übertragungswinkel μ, d.h. der spitze Winkel (einschließlich 90°) zwischen der Koppelgeraden AB und der Schwingengeraden B_0B. Die Übertragungsgüte ist um so besser, je weniger der während der Kurbeldrehung veränderliche Übertragungswinkel $\mu = \mu(\varphi)$ von 90° abweicht.

Bei einer n i c h t v e r s e t z t e n (zentrischen) Kurbelschwinge, für die $l_1^2 + l_4^2 = l_2^2 + l_3^2$ gilt, geht die durch die Umkehrlagen der Schwingenendpunkte B_a, B_i gelegte Gerade durch den Kurbeldrehpunkt A_0 hindurch. Der Kurbelbereichswinkel ist $\varphi_H = 180°$, d.h. die Gleichlauf- und die Gegenlaufphase von Kurbel und Schwinge sind gleich groß: $\varphi_H/(360° - \varphi_H) = 1$. Der auf der Sehne des Schwingenkreises gemessene Hub ist $s_H = \overline{B_aB_i} = 2 \cdot l_1$, der Schwing(bereichs)winkel $\psi_H = 2 \arcsin(l_1/l_3)$. Bei gleichem Schwing(bereichs)winkel ψ_H lässt sich mit nichtversetzten Kurbelschwingen eine bessere Übertragungsgüte als mit versetzten erreichen [2]. Der kleinste Übertragungswinkel μ_{min} tritt in den beiden Gestelllagen der Kurbel bei $\varphi = 0°, 180°$ in gleicher Größe auf:

$$\mu_{min} = \mu(0°) = \mu(180°) = \arccos \frac{l_1 l_4}{l_2 l_3} \quad .$$

Liegt der Kurbeldrehpunkt nicht auf der Geraden durch die Schwingenendpunkte B_a, B_i, so handelt es sich um eine v e r s e t z t e (exzentrische) Kurbelschwinge. Der senkrechte Abstand des Punktes A_0 von dieser Geraden ist die Versetzung e.

Eine p o s i t i v v e r s e t z t e (überzentrische) Kurbelschwinge liegt vor, wenn sich die Gelenkpunkte A_0 und B_0 auf derselben Seite der Geraden B_aB_i befinden, was für $l_1^2 + l_4^2 < l_2^2 + l_3^2$ der Fall ist. Für den Kurbelbereichswinkel gilt $\varphi_H > 180°$, d.h. die Gleichlaufphase von Kurbel und Schwinge ist größer als die Gegenlaufphase: $\varphi_H/(360° - \varphi_H) > 1$. In der inneren Gestelllage der Kurbel bei $\varphi = 0°$ tritt der kleinste Übertragungswinkel $\mu_{min} = \mu(0°)$ auf.

Eine n e g a t i v v e r s e t z t e (unterzentrische) Kurbelschwinge liegt vor, wenn sich die Gelenkpunkte A_0 und B_0 auf verschiedenen Seiten der Geraden B_aB_i befinden, was für $l_1^2 + l_4^2 > l_2^2 + l_3^2$ der Fall ist. Für den Kurbelbereichswinkel gilt $\varphi_H < 180°$, bzw. für das Phasenverhältnis $\varphi_H/(360° - \varphi_H) < 1$. In der äußeren Gestelllage der Kurbel bei $\varphi = 180°$ tritt der kleinste Übertragungswinkel $\mu_{min} = \mu(180°)$ auf.

Autor: Prof. Dr.-Ing. G. Dittrich

Vorveröffentlichung in [1] und Erstveröffentlichung im Internet am 30.05.2000

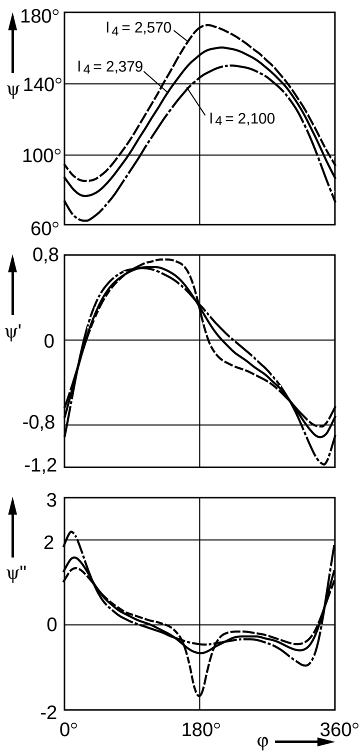


Bild 2. Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung
für $l_4 = 2{,}100$ (überzentrisch) mit $e = 0{,}5024$
$l_4 = 2{,}379$ (zentrisch) mit $e = 0$
$l_4 = 2{,}570$ (unterzentrisch) mit $e = -0{,}5210$

Übertragungsfunktionen und -winkel:

Die Übertragungsfunktion 0. Ordnung lautet

$$\psi(\varphi) = \pi - \psi_s - \psi_t \quad .$$

Daraus ergeben sich die Übertragungsfunktionen 1. und 2. Ordnung zu

$$\psi'(\varphi) = -\psi_s' - \psi_t' \quad ;$$

$$\psi''(\varphi) = -\psi_s'' - \psi_t'' \;\mu \quad .$$

Mit den bezogenen Längen

$$\lambda = \frac{l_1}{l_4}; \quad \mu = \frac{l_2}{l_4}; \quad \nu = \frac{l_3}{l_4}; \quad r = \frac{f}{l_4} = \sqrt{1+\lambda^2-2\lambda\cos\varphi}$$

gilt für die Winkel ψ_s und ψ_t sowie deren Ableitungen:

$$\sin\psi_s = \frac{\lambda}{r}\sin\varphi \;\; ; \;\; \cos\psi_s = \frac{1-\lambda^2+r^2}{2r} = \frac{1-\lambda\cos\varphi}{r} \quad ;$$

$$\cos\psi_t = \frac{\nu^2-\mu^2+r^2}{2\nu r} \quad ;$$

$$\psi_s' = -\frac{\lambda(\lambda-\cos\varphi)}{r^2} \quad ;$$

$$\psi_s'' = -\frac{\lambda(1-\lambda^2)\sin\varphi}{r^4} \quad ;$$

$$\psi_t' = -\frac{r'}{2\nu\sin\psi_t}\cdot\frac{\mu^2-\nu^2+r^2}{r^2} \quad ;$$

$$\psi_t'' = \frac{1}{r\sin\psi_t}\left[r''\cos\psi_t - (2r'\sin\psi_t + r\psi_t'\cos\psi_t)\psi_t' - \frac{\lambda}{\nu}\cos\varphi\right] .$$

Die Ableitungen von r lauten:

$$r' = \frac{\lambda}{r}\sin\varphi = \sin\psi_s \quad ;$$

$$r'' = \psi_s'\cos\psi_s \quad .$$

Der Übertragungswinkel μ (**Bild 4**), mit $\mu \le 90°$, ergibt sich aus

$$\cos\mu = \frac{1}{2l_2l_3}\left[l_2^2+l_3^2-(l_1^2+l_4^2-2l_1l_4\cos\varphi)\right] \quad .$$

Totlagen-Größen, Versetzung:

Die Kurbelwinkel φ_a, φ_i für die äußere bzw. innere Totlage der Kurbelschwinge berechnen sich aus

$$\cos\varphi_a = \frac{l_4^2-l_3^2+(l_2+l_1)^2}{2l_4(l_2+l_1)} \quad ;$$

$$\cos\varphi_i = -\frac{l_4^2-l_3^2+(l_2-l_1)^2}{2l_4(l_2-l_1)} \quad .$$

Für die Koordinaten der Schwingenendpunkte in den Totlagen B_a, B_i gilt

$$x_{Ba} = (l_2+l_1)\cos\varphi_a \;\; ; \quad y_{Ba} = (l_2+l_1)\sin\varphi_a \;\; ;$$

$$x_{Bi} = -(l_2-l_1)\cos\varphi_i \;\; ; \quad y_{Bi} = -(l_2-l_1)\sin\varphi_i \;\; .$$

Daraus ergibt sich der Hub zu

$$s_H = \overline{B_aB_i} = \sqrt{(x_{Ba}-x_{Bi})^2+(y_{Ba}-y_{Bi})^2} \quad ,$$

der mit dem Schwingbereichswinkel ψ_H über

$$s_H = 2\,l_3\sin(\psi_H/2)$$

im Zusammenhang steht.

Die Gerade durch die Punkte B_a, B_i hat die Gleichung

$$y = m\,x + n$$

mit

$$m = \tan\delta = \frac{y_{Ba}-y_{Bi}}{x_{Ba}-x_{Bi}} \quad ;$$

$$n = y_{Bi} - m\,x_{Bi} \quad .$$

Der Kurbeldrehpunkt A_0 hat von dieser Geraden den Abstand

$$e = \frac{(x_{Ba}\cdot y_{Bi} - x_{Bi}\cdot y_{Ba})}{s_H}$$

als Versetzung der Kurbelschwinge.

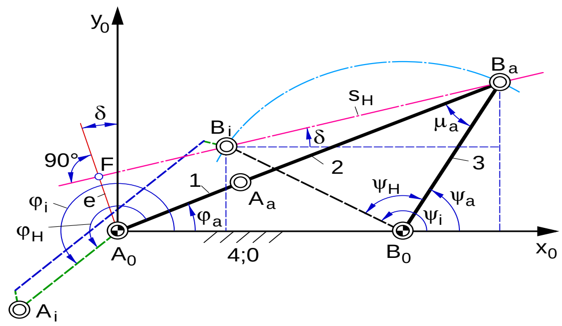


Bild 3. Versetzte Kurbelschwinge in den Totlagen

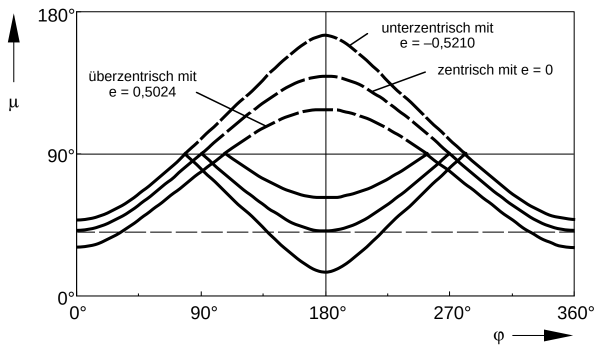


Bild 4. Übertragungswinkel μ

Literatur:

[1] Dittrich, G., Wehn, V.: Ebenen Kurbelschwinge mit einstellbarer Versetzung. Der Konstrukteur 21 (1990) Nr. 12, S. 21/22.

[2] Dittrich, G., Braune, R.: Getriebetechnik in Beispielen: Grundlagen und 46 Aufgaben aus der Praxis. München: Oldenbourg 1978, 2. Auflage 1987.

[3] Braune, R.: Beitrag zum Begriff der Versetzung an ebenen viergliedrigen kinematischen Ketten und Getrieben. Ind.-Anz. 93 (1971) Nr. 26, S.557/561.