

Außen-Malteserkreuzgetriebe

307

- Übertragungsgetriebe zur Umwandlung einer umlaufenden Drehung in eine umlaufende Drehung mit mehreren exakten Rasten (Schrittastgetriebe)
- Ebenes viergliedriges Kurbelgetriebe

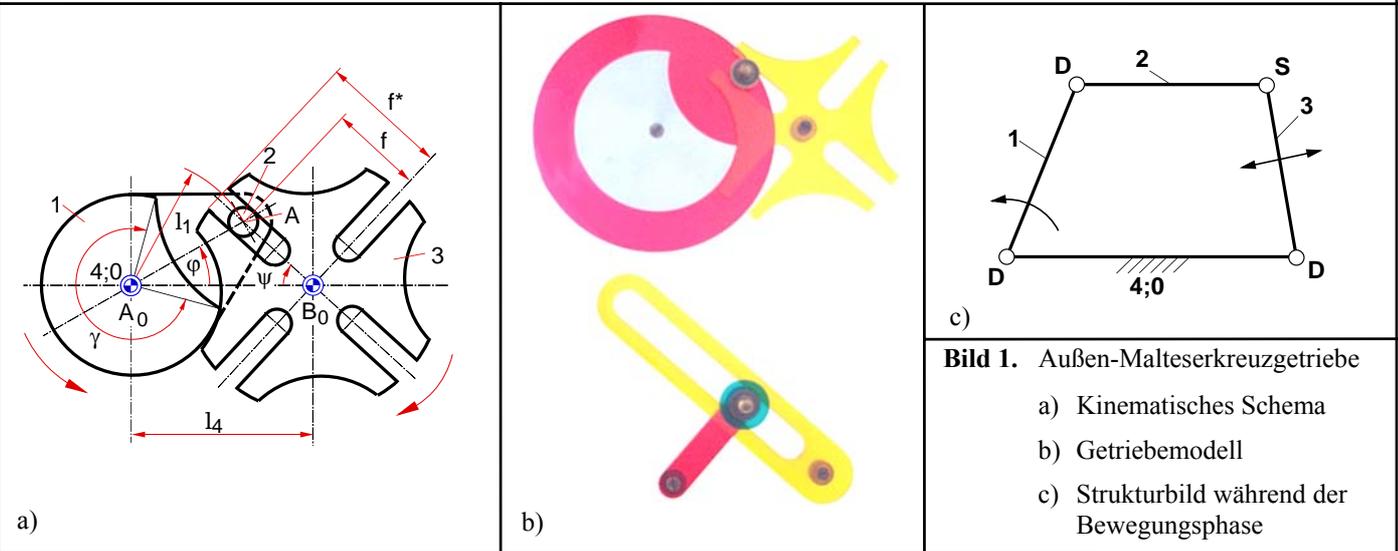


Bild 1. Außen-Malteserkreuzgetriebe
a) Kinematisches Schema
b) Getriebemodell
c) Strukturbild während der Bewegungsphase

Symbole im Strukturbild:

D für Drehung **S** für Schiebung **W** für Schraubung (Windung) ↻ Antriebsgelenk; ↔ Abtriebsglied
Beispiel **D₂S**: 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 3 Drehgelenke (D),
1 Schubgelenk (S)

Abmessungen: (in Längeneinheiten)

$A_0B_0 = l_4 = 1$; $A_0A = l_1 = \sin 45^\circ = 0,707$; $f^* = \cos 45^\circ = 0,707$;
 $z = 4$ (Anzahl der Schlitze des Malteserkreuzes).

Erläuterung:

Das Malteserkreuzgetriebe nach **Bild 1** hat als Antriebsglied eine um den Gestellpunkt A_0 umlaufende Kurbel 1, die im Punkt A einen Treiber (Bolzen, ggf. mit Rolle 2) trägt. Das Abtriebsglied ist das im Gestell 4:0 im Punkt B_0 drehbar gelagerte Malteserkreuz 3, in dessen z Schlitze der Treiber nacheinander von außen eingreift. Beim Außen-Malteserkreuzgetriebe drehen sich Kurbel und Malteserkreuz gegenläufig. Das Malteserkreuz steht still (Rast), solange der Treiber und das Malteserkreuz außer Eingriff sind. Das Malteserkreuz wird in dieser Zeit durch eine Stillstandssicherung gegen Verdrehen gesichert. Beim vorliegenden Getriebe wird eine formschlüssige Kreissegmentsperre benutzt. Das Malteserkreuz besitzt zwischen den Schlitzen kreissegmentförmige Aussparungen, in die ein entsprechendes Kreissegment eingreift, das auf der Kurbel befestigt ist.

Während der Bewegungsphase ist das Malteserkreuzgetriebe mit der schwingenden Kurbelschleife mit derselben Kurbellänge $l_1 = A_0A$ und der Gestelllänge $l_4 = A_0B_0$ (**Bild 2a,b**) kinematisch gleichwertig. Beim Treibereintritt bzw. -austritt steht die Kurbelgerade A_0A^* senkrecht auf der Mittellinie B_0A^* des betreffenden Schlitzes bzw. der Schleife. Die Stellungen entsprechen den Totlagen der Kurbelschleife, was bedeutet, dass die Winkelgeschwindigkeit des Abtriebsgliedes null ist. Beim Übergang von der Bewegungsphase in die

Stillstandsphase bzw. umgekehrt wird somit ein Geschwindigkeitssprung (Stoß) vermieden. Dagegen tritt ein Beschleunigungssprung (Ruck) auf, weil die von A^* nach A_0 gerichtete Normalbeschleunigung des Treibers in diesen Stellungen ihre Wirkung als Tangentialbeschleunigung des Malteserkreuzes auf null bzw. umgekehrt ändert. Bei einem vierschlitziigen Malteserkreuzgetriebe ist der Schrittinkel $\psi_S \equiv 2\psi^* = 360^\circ/4 = 90^\circ$, der Antriebsdrehwinkel für Schritt $\varphi_S \equiv 2\varphi^* = 90^\circ$ und der für Rast $\varphi_R = 270^\circ$, so dass bei einer Periode von $\varphi_S + \varphi_R = 360^\circ$ das Schritt-Perioden-Verhältnis $v = \varphi_S / (\varphi_S + \varphi_R) = 0,25$ beträgt (**Bild 3**).

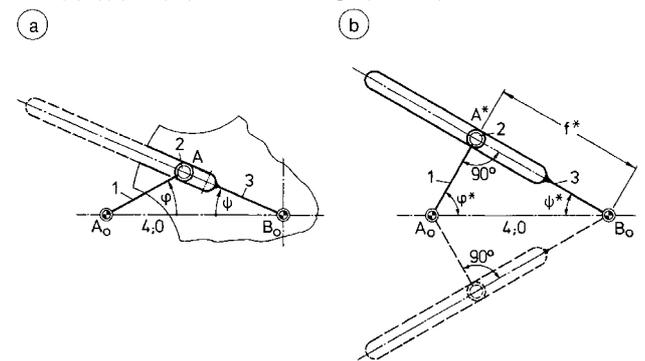


Bild 2. Schwingende Kurbelschleife als Ersatzgetriebe für das Malteserkreuzgetriebe
a) Allgemeine Stellung b) Totlagen

Literatur:

- [1] Dittrich, G., Wehn, V.: Außen-Malteserkreuzgetriebe. Der Konstrukteur 21 (1990) Nr. 9, S. 13/14.
- [2] Dittrich, G. u. Braune, R.: Getriebetechnik in Beispielen: Grundlagen und 46 Aufgaben aus der Praxis. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag 1978, 2. Auflage 1987.
- [3] Meyer zur Capellen, W.: Sphärische Maltesergetriebe. Technische Mitteilungen 54 (1961) Nr. 7, S. 239/44.

Autor: Prof. Dr.-Ing. G. Dittrich
Vorveröffentlichung in [1] und Erstveröffentlichung im Internet am 30.05.2000

Übertragungsfunktionen:

Während der Bewegungsphase, d.h. für $-\varphi^* \leq \varphi \leq \varphi^*$, weist das Malteserkreuzgetriebe dieselben Übertragungsfunktionen (**Bild 5**) wie die entsprechende schwingende Kurbelschleife mit $\lambda = l_1/l_4$ auf:

$$\varphi^* = \arccos \lambda = 180^\circ \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{z} \right),$$

$$\sin \psi = \frac{\lambda \sin \varphi}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi}},$$

$$\psi' = \frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{\lambda(\cos \varphi - 1)}{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi},$$

$$\psi'' = \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} = -\frac{\lambda(1 - \lambda^2)\sin \varphi}{(1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \varphi)^2}.$$

Bei konstanter Antriebswinkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi} = d\varphi/dt$ der Kurbel 1 geben die Übertragungsfunktionen 1. und 2. Ordnung auch den Verlauf der Winkelgeschwindigkeit $\dot{\psi} = d\psi/dt$ bzw. der Winkelbeschleunigung $\ddot{\psi} = d^2\psi/dt^2$ des Malteserkreuzes wieder:

$$\dot{\psi} = \psi' \dot{\varphi}; \quad \ddot{\psi} = \psi'' \dot{\varphi}^2 \quad \text{bei } \dot{\varphi} = \text{const.}$$

Das Extremum der bezogenen Winkelgeschwindigkeit

$$\psi'_{\text{ex}} = \psi'_{\text{ex}} / \dot{\varphi} = \lambda / (1 - \lambda)$$

tritt beim Kurbelwinkel $\varphi = 0^\circ$.

Die Kurbelstellungen, in denen das Malteserkreuz Extremwerte seiner bezogenen Winkelbeschleunigung $\psi'' = \ddot{\psi} / \dot{\varphi}^2$ annimmt, ergeben sich durch $\psi''' = d\psi''/d\varphi = 0$ aus

$$\cos \varphi_{\text{ex}\psi''} = -\frac{1 + \lambda^2}{4\lambda} + \sqrt{\left(\frac{1 + \lambda^2}{4\lambda} \right)^2 + 2}.$$

Durch Einsetzen der Werte $\varphi = \varphi_{\text{ex}\psi''}$ in die Gleichung $\psi'' = \psi''(\varphi)$ ergeben sich die Extremwerte der bezogenen Winkelbeschleunigung selbst. Die bezogene Winkelbeschleunigung springt beim Treibereintritt und -austritt bei $\varphi = \pm\varphi^*$ von null um

$$|\Delta\psi''(\varphi^*)| = \lambda / \sqrt{1 - \lambda^2} = \tan(180^\circ / z).$$

Einige kinematische Kennwerte sind für Malteserkreuzgetriebe mit $3 \leq z \leq 15$ in der **Tafel 1** angegeben.

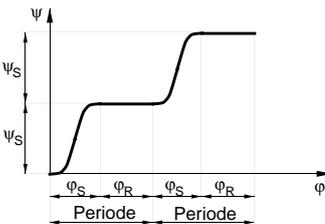


Bild 3.

Nichtmaßstäbliches Übertragungsdiagramm eines Schrittrastgetriebes

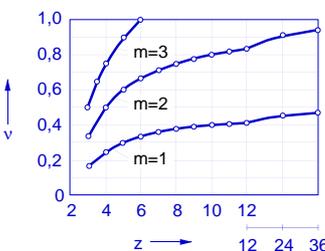


Bild 4.

Schritt-Perioden-Verhältnis v in Abhängigkeit von der Schlitzzahl z für Außen-Malteserkreuzgetriebe, die durch m gleichmäßig verteilte Treiber angetrieben werden.

z	$\psi^* = \varphi_s^*/2$	$\varphi^* = \varphi_s^*/2$	ψ'_{ex} bei $\varphi = 0^\circ$	$ \Delta\psi''(\varphi^*) $	$\varphi_{\text{ex}\psi''}$	ψ''_{ex}	m_{max}
3	60°	30°	6,464	1,732	± 4,758	± 31,392	6
4	45°	45°	2,414	1,000	± 11,464	± 5,407	4
5	36°	54°	1,426	0,727	± 17,571	± 2,299	3
6	30°	60°	1,000	0,577	± 22,903	± 1,350	3
7	25,7°	64,3°	0,766	0,482	± 27,555	± 0,928	2
8	22,5°	67,5°	0,620	0,414	± 31,642	± 0,700	2
9	20°	70°	0,520	0,364	± 35,262	± 0,559	2
10	18°	72°	0,447	0,325	± 38,491	± 0,465	2
12	15°	75°	0,349	0,268	± 44,005	± 0,348	2
15	12°	78°	0,262	0,213	± 50,508	± 0,253	2

Tafel 1. Kinematische Kennwerte

Auslegung:

Wenn die Anzahl der Stationen (Schlitze) z , in denen der Stillstand des Malteserkreuzes genutzt wird, vorgegeben ist, folgt der Schrittinkel aus

$$\psi_S \equiv 2\psi^* = \frac{360^\circ}{z}$$

und der Antriebswinkel für Schritt aus

$$\varphi_S \equiv 2\varphi^* = 180^\circ - \psi_S.$$

Lässt man zu, dass $m = 1$ Treiber oder bis zu $m_{\text{max}} = 2z/(z-2)$ Treiber auf dem Kurbelkreis gleichmäßig verteilt angeordnet sind, so gilt für den Antriebswinkel für Rast, der gleich dem notwendigen Sperrkurbelwinkel γ ist,

$$\varphi_R = \frac{360^\circ}{m} - \varphi_S.$$

Ist das Schritt-Perioden-Verhältnis

$$v = \frac{\varphi_S}{\varphi_S + \varphi_R}$$

oder das Rast-Perioden-Verhältnis

$$v_R = \frac{\varphi_R}{\varphi_S + \varphi_R} = 1 - v$$

vorgegeben, so können die Werte für m und z über die Beziehung

$$v = m \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{z} \right)$$

gewählt werden (**Bild 4**).

Das Verhältnis von Kurbellänge $l_1 = \overline{A_0A}$ zu Gestelllänge $l_4 = \overline{A_0B_0}$ ist

$$\lambda = l_1/l_4 = \sin \psi^* = \sin(180^\circ/z),$$

der Treiberabstand $f^* = \overline{B_0A^*}$, bezogen auf die Gestelllänge, ist

$$f^*/l_4 = \cos \psi^* = \cos(180^\circ/z).$$

Indem dem Malteserkreuzgetriebe ein gleichförmig übersetzendes Getriebe (z.B. Zahnräder- oder Riemengetriebe) nachgeschaltet wird, kann der Schrittinkel von ψ_S auf $\bar{\psi}_S$ bzw. die Stationenzahl von z auf \bar{z} verändert werden. Für das Übersetzungsverhältnis des Nachschaltgetriebes gilt

$$|i| = \left| \frac{\omega_{\text{an}}}{\omega_{\text{ab}}} \right| = \frac{\psi_S}{\bar{\psi}_S} = \frac{\bar{z}}{z}.$$

Das nachgeschaltete Getriebe hat auf das Schritt-Perioden-Verhältnis v keinen Einfluss.

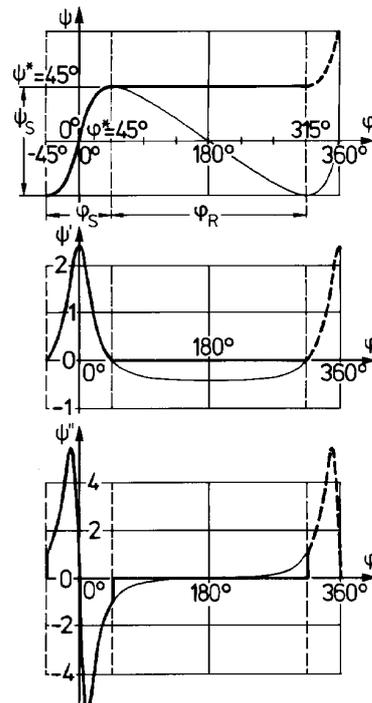


Bild 5. Übertragungsfunktionen 0. bis 2. Ordnung