

[Technische Berechnungen]

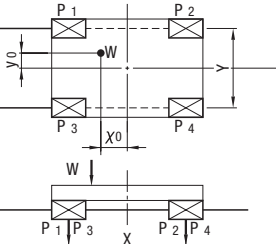
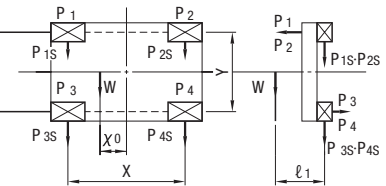
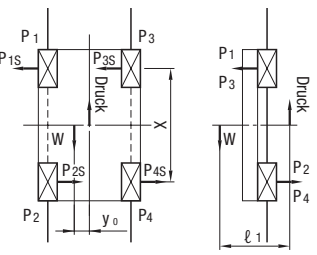
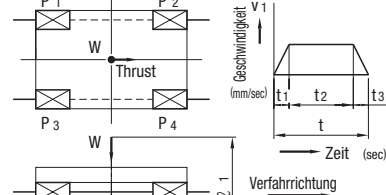
Berechnung der Lebensdauer von Linearsystemen, Teil 2

•Lastberechnungen

Da ein Linearsystem während einer linearen Hin- und Herbewegung das Gewicht des Werkstücks trägt, variiert die auf das System einwirkende Last unter Umständen je nach dem Schwerpunkt des Werkstücks, der Position, an der Druck ausgeübt wird, und den Geschwindigkeitsänderungen aufgrund von Start-, Stopp-, Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen ändern.

Bei der Auswahl des Linearsystems müssen diese Bedingungen beachtet werden.

Tabelle 5: Einsatzbedingungen und Formeln für die Lastberechnung

Typ	Einsatzbedingungen und Last	Typ	Einsatzbedingungen und Last
1	Horizontalachse  $P_1 = \frac{1}{4} W + \frac{X}{2X} W + \frac{y_0}{2Y} W$ $P_2 = \frac{1}{4} W - \frac{X}{2X} W + \frac{y_0}{2Y} W$ $P_3 = \frac{1}{4} W + \frac{X}{2X} W - \frac{y_0}{2Y} W$ $P_4 = \frac{1}{4} W - \frac{X}{2X} W - \frac{y_0}{2Y} W$	3	Senkrecht zur Horizontalachse  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2X} W$ $P_{1S} = P_{3S} = \frac{1}{4} W + \frac{X}{2X} W$ $P_{2S} = P_{4S} = \frac{1}{4} W - \frac{X}{2X} W$
	Vertikalachse  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{\ell_1}{2X} W$ $P_{1S} = P_{2S} = P_{3S} = P_{4S} = \frac{y_0}{2X} W$		Beschleunigung, Verzögerung  $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X} \right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_1 \cdot X} \right)$ $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} W \left(1 - \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X} \right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} W \left(1 + \frac{2V_1 \cdot \ell_1}{g \cdot t_3 \cdot X} \right)$ $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{4} W$ $g: \text{Erdbeschleunigung} = 9.8 \times 10^3 \text{ mm/sec}^2$

W : Wirkende Last (N) P₁, P₂, P₃, P₄: Auf das Linearsystem wirkende Last (N)
X, Y: Verfahrweg des Linearsystems (mm) V: Bewegungsgeschwindigkeit (mm/s)
t₁: Beschleunigungszeit (s) t₃: Verzögerungszeit (s)

•Aus den Laständerungen abgeleitete mittlere Last

Im Allgemeinen ändert sich die auf ein Linearsystem einwirkende Last entsprechend der Verwendung des Systems. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn eine Hin- und Herbewegung gestartet/gestoppt wird, im Gegensatz zu einer Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit, oder ob während des Verfahrens ein Werkstück vorhanden ist oder nicht usw. Aus diesem Grund ist es zur richtigen Planung der Lebensdauer unter verschiedenen Bedingungen und Laständerungen wichtig, eine mittlere Last zu ermitteln und diese für die Berechnungen zur Lebensdauer zu verwenden.

(1) Stufenförmige Laständerung auf dem Verfahrweg (Abb. 3)

Verfahrweg ℓ_1 unter der P₁
Verfahrweg ℓ_2 unter der P₂
:
Verfahrweg ℓ_n unter der Last P_n
Die mittlere Last P_m kann mithilfe der folgenden Formel berechnet werden:

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell} (P_1^3 \ell_1 + P_2^3 \ell_2 + \dots + P_n^3 \ell_n)}$$

P_m: Aus den Laständerungen (N) abgeleitete mittlere Last ℓ : Gesamtverfahrweg (m)

(2) Nahezu lineare Laständerung (Abb. 4). Die mittlere Last P_m kann mithilfe der folgenden Formel näherungsweise berechnet werden:

$$P_m \approx \frac{1}{3} (P_{\min} + 2 \cdot P_{\max})$$

P_{min}: Min. Min. veränderliche Last (N)

P_{max}: Max. veränderliche Last (N)

(3) Die Laständerung ähnelt der in Abbildung 5 dargestellten Sinuskurve (a), (b): Die mittlere Last P_m kann mithilfe der folgenden Formel näherungsweise berechnet werden:

$$\text{Abb. 5(a)} P_m \approx 0.65 P_{\max}$$
$$\text{Abb. 5(b)} P_m \approx 0.75 P_{\max}$$

■ Kreuzrollenführungen

Die Nenn-Lebensdauer ist die gesamte Wegstrecke, die jede Linearführung derselben Serie unter denselben Bedingungen zurücklegt kann, ohne dass es in 90% des Systems zu einer Abblätterung kommt. Man errechnet die Nenn-Lebensdauer aus der dynamischen Tragzahl und der auf die Linearführung einwirkenden Last wie folgt:

$$L = \left(\frac{f_T}{f_W} \cdot \frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50 \quad (1)$$

L : Nenn-Lebensdauer (km) C : Dynamische Tragzahl (N)
f_T : Temperaturkoeffizient (siehe Abb. 2) P : Wirkende Last (N)
: Lastkoeffizient (siehe Tabelle 4)

Die Lebensdauer kann in Stunden berechnet werden, indem die Wegstrecke für eine Zeiteinheit ermittelt wird. Sie kann mithilfe der folgenden Formeln ermittelt werden, bei der Verfahrweglänge und Verfahrzyklen als konstant angenommen werden.

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60} \quad (2)$$

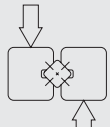
L_h: Lebensdauer in Stunden ℓ_s : Länge des Verfahrweges (m)

L : Rated Life Span (km) n₁: Anzahl der Hin- und Herbewegungen pro Minute (cpm)


■ Kreuzrollenführungen

Die Nennlast von Kreuzrollenführungen wird durch die Rollelemente (Anzahl der Rollen) bestimmt. Die Nennlast kann mithilfe der folgenden Formeln berechnet werden:

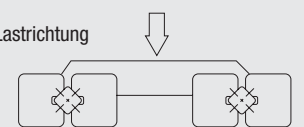
Eine Welle

Lastrichtung	
Dynamische Tragzahl (N)	$C = \left(\frac{Z}{2} \right)^{3/4} \cdot C_1$
Statische Tragzahl (N)	$C_0 = \left(\frac{Z}{2} \right) \cdot C_{01}$

Eine Welle, vertikal

Lastrichtung	
Dynamische Tragzahl (N)	$C = \left(\frac{Z}{2} \right)^{3/4} \cdot C_1 \cdot 2^{7/9}$
Statische Tragzahl (N)	$C_0 = \left(\frac{Z}{2} \right) \cdot C_{01} \cdot 2$

Zwei Wellen, parallel

Lastrichtung	
Dynamische Tragzahl (N)	$C = \left(\frac{Z}{2} \right)^{3/4} \cdot C_1 \cdot 2^{7/9}$
Statische Tragzahl (N)	$C_0 = \left(\frac{Z}{2} \right) \cdot C_{01} \cdot 2$

C₁: Dynamische Tragzahl pro Rolle (N)

C₀₁: Dynamische Tragzahl pro Rolle (N)

Z : Anzahl der Rollelemente

Die Lebensdauer von Kreuzrollenführungen wird mithilfe der folgenden Formel berechnet:

$$L = \left(\frac{f_T \cdot C}{f_W \cdot P} \right)^{10/3} \cdot 50$$

L : Life Span Hours (km) C : Dynamische Tragzahl (N)

f_T : Temperature Coefficient (See Fig-2)

f_W : Lastkoeffizient (siehe Tabelle 4) P : Wirkende Last (N)

Lebensdauer in Stunden

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60}$$

L_h: Lebensdauer in Stunden ℓ_s : Länge des Verfahrweges (m)

L : Life Span Hours (km) n₁: Anzahl der Hin- und Herbewegungen pro Minute (cpm)