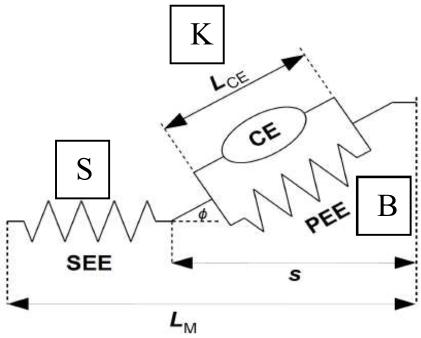
Muskeldynamik Formeln



Längen Beziehung

$L_K = L_B$

$L_M = L_K \cos\phi + L_S \qquad V_M = V_K \cos\phi$

$L_M = l_0 + r_i\varphi \qquad V_M = r_i\omega$

Strecker $r_i > 0$, Beuger $r_i < 0$

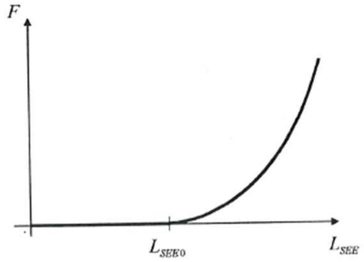
Kraftbeziehung

$(F_K + F_B)\cos\phi = F_S$

$F_M = F_S$

$F_K = F_{iso,max} \cdot f(L_K) \cdot g(v_K) \cdot a$

Seriell-Elastisches Element



$$k_S = \frac{F_{max}}{(0.04 \cdot L_{S0})^2}$$

$$F_S(L_S) = \begin{cases} 0 & L_S < L_{S0} \\ k_S \cdot (L_S - L_{S0})^2 & L_S \geq L_{S0} \end{cases}$$

Parall-Elastisches Element

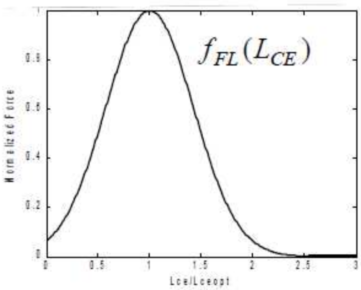
$$k_B = \frac{F_{max}}{(W \cdot L_{Kopt})^2} \qquad L_{B0} = P_0 L_{Kopt}$$

$$F_B(L_B) = \begin{cases} 0 & L_B < L_{B0} \\ k_B(L_B - L_{B0})^2 & L_B \geq L_{B0} \end{cases}$$

Maximale Kontraktionsgeschwindigkeit

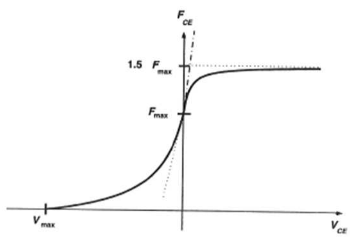
$v_{max} = 10 \cdot L_{Kopt}$ (immer positiv!)

Kraft-Längen-Beziehung kontraktiles Element



$$F_{ISO}(L_K) = F_{max} \cdot \exp\left(-\left(\frac{L_K - L_{Kopt}}{W L_{Kopt}}\right)^2\right)$$

Kraft-Geschwindigkeits-Beziehung kontraktiles Element



$$G(v_K) = \begin{cases} \frac{v_{max} + v_K}{v_{max} - v_K/A} & v_K < 0 \\ \frac{G_{max} v_K + v_{max} B}{v_K + v_{max} B} & v_K > 0 \end{cases}$$

$A = 0.25 \qquad G_{max} = 1.5 \qquad B = \frac{A(G_{max} - 1)}{1 + A}$ oder B = 0.05

F_{max}	Isometrische Maximalkraft
L_{Kopt}	optimale Länge vom kontraktilen Element
v_{Kmax}	max. Kontraktionsgeschwindigkeit des kontraktilen Elements
W	Maß für die Kraftlängenbeziehung
l_0	Gesamtmuskellänge des Muskels bei völliger Streckung des Gelenks
r_i	Hebelarm beim Drehgelenk
L_{s0}	Länge Sehne, ab der die Kraftentwicklung beginnt
k_S	Federkonstante Sehne
L_{B0}	Länge parallelelastisches Element, ab der die Kraftentwicklung beginnt
k_B	Federkonstante parallelelastisches Element

Simulation Formeln

2D Bewegungsgleichungen $M \cdot a = \Sigma Fi$ $I \cdot \alpha = \Sigma Ti$

3D Bewegungsgleichungen $M \cdot v' = \Sigma Fi$ $I \cdot \omega' + \omega \times (I \cdot \omega) = \Sigma Ti$

M	Masse	I	Trägheitsmoment
x	Position	φ	Drehwinkel
v	Geschwindigkeit	ω	Winkelgeschwindigkeit
a	Beschleunigung	α	Winkelbeschleunigung
Fi	Kräfte	Ti	Drehmomente

Gesamtmasse $M = \int_V \rho \, dV \approx \sum_i m_i$ Trägheitsmoment $I = \int_V \rho \, r^2 \, dV \approx \sum_i m_i \, r_i^2$

Schwerpunkt $x_s = \frac{1}{M} \int_V \rho \, x \, dV \approx \frac{1}{M} \sum_i m_i \, x_i$ relativer Schwerpunkt $\eta = \frac{x_s}{L}$

Kräfte

Gewichtskraft $F_W = m \cdot g$
Reibungskraft $F_F = \mu \cdot FN$
Luftwiderstand $F_D = ½ \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot v^2$
Luftauftrieb $F_A = ½ \cdot \rho \cdot C_L \cdot A \cdot v^2$
Magnus Kraft $F_M = ½ \cdot \rho \cdot C_M \cdot A \cdot r \cdot \omega \times v$

Eindringwiderstand Schnee $F_P = H \cdot V$ $V = L \cdot e^2 / 2 \cdot \tan\theta$
Hypoplastisch $F_P = H \cdot V \cdot f(\varepsilon)$ $\varepsilon = e / e_{max}$
Abscherwiderstand Schnee $F_S = p^* \cdot e \cdot L$

$$f(\varepsilon) = \begin{cases} 0 & \varepsilon < f_1 \\ \dfrac{\varepsilon - f_1}{f_2 - f_1} & f_1 \le \varepsilon \le f_2 \\ 1 & f_2 < \varepsilon \end{cases}$$

Hangabtreibende Kraft $F_H = m \cdot g \cdot \sin\alpha$
Normalkraft $F_N = m \cdot g \cdot \cos\alpha + m \, g \, v^2/r$
Laterale Kraft $F_L = m \cdot v^2 / r - m \cdot g \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta$

Mathematische Formeln

Interpolation

$$\alpha(s) = \frac{\alpha_i \cdot (s_{i+1} - s) + \alpha_{i+1} \cdot (s - s_i)}{s_{i+1} - s_i}$$

Ableitung

$$y' \approx \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1} \approx \frac{y(t + \Delta t) - y(t)}{\Delta t}$$

Lösen von Bewegungsgleichungen

$x'' = f(x, x')$ bzw. $a = f(x,v)$

$x' = v$ $x_{neu} = x + \Delta t \cdot v$

$v' = a = f(x,v)$ $v_{neu} = v + \Delta t \cdot a = v + \Delta t \cdot f(x,v)$