

# REGELN – GLIEDER

Baustein	Funktion	Info	Sprungantwort (Zeitbereich)	Bodendiagramm (f-Bereich) log!	elektr. Schaltung
<b>P-Regler</b> Proportionalglied schnell regelt nie ganz aus einfach, billig	$x_a(t) = k * x_e(t)$ $G(s) = k$ $G(s) = -\frac{R_2}{R_1}$	$k = \text{Verstärkung}$ $k < 0 \rightarrow \varphi = -180^\circ$ proportional zur Regelabweichung			
<b>I-Regler</b> Integrator langsam überschwingt regelt ganz aus	$x_a(t) = k_I * \int_0^t x_e(\tau) d\tau$ $G(s) = \frac{k_I}{s}$ $G(s) = -\frac{1}{sRC}$	$k_I = \text{Verstärkung}$ $\omega_D = k_I$ proportional zum zeitlichen Integral			
<b>D-Regler</b> Differenzierer schnell regelt nie aus bessere Stabilität	$x_a(t) = k_D * \dot{x}_e(t)$ $G(s) = k_D * s$ $G(s) = -sRC$	$k_D = \text{Verstärkung}$ $\omega_D = \frac{1}{k_D}$ proportional zur zeitlichen Änderung			
<b>PT1-Glied</b> Verzögerungsglied erster Ordnung DGL 1ter Ordnung	$x_a(t) + T \dot{x}_a(t) = k * x_e(t)$ $G(s) = \frac{k}{1 + sT}$ $G(s) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + sR_2C}$	$k = \text{Verstärkung}$ $T = \text{Zeitkonstante}$ $\omega_k = \frac{1}{T}$			
<b>PD-Glied</b> P parallel zu D	$x_a(t) = k (x_e(t) + T \dot{x}_e(t))$ $G(s) = k (1 + sT)$ $G(s) = -\frac{R_2}{R_1} (1 + sR_1C)$	$k = \text{Verstärkung}$ $T = \text{Zeitkonstante}$ $\omega_k = \frac{1}{T}$			
<b>PI-Regler</b> P parallel zu I inverse zu DT1 Vorteile v. beiden	$x_a(t) = k_R \left( x_e(t) + \frac{1}{T_N} \int_0^t x_e(\tau) d\tau \right)$ $G(s) = k_R \frac{1 + sT_N}{sT_N} = k_R + \frac{1}{sT_0}$ $G(s) = -\frac{1 + sR_2C}{sR_1C}$	$k_R = \text{Verstärkung}$ $T_N = \text{Nachstellzeit}$ $T_0 = \text{Wiederholzeit}$ $\omega_k = \frac{1}{T_N}$ $T_0 = \frac{T_N}{k_R}$			

Baustein	Funktion	Info	Sprungantwort (Zeitbereich)	Bodediagramm (f-Bereich) log!	elektr. Schaltung
<b>IT1-Glied</b> I seriell zu PT1	$x_a(t) = \left( -\frac{T_1}{T_I} + \frac{t}{T_I} + \frac{T_1}{T_I} e^{-t/T_1} \right) x_e(t)$ $G(s) = \frac{1}{sT_I(1+sT_1)}$	$\omega_k = \frac{1}{T_1}$ $\omega_I = \frac{1}{T_I}$			—
<b>DT1-Glied</b> (Vorhaltglied) (D+PT1)-Glied reale Differenzierer	$G(s) = \frac{ks}{1+sT}$ $G(s) = -\frac{R_2Cs}{1+sR_1C}$	$\omega_k = \frac{1}{T}$			
<b>PDT1-Glied</b> PT1 seriell zu PD lead-lag Verbesserung der Stabilität	$G(s) = k \frac{1+sT_1}{1+sT_2}$ $G(s) = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1+sR_1C_1}{1+sR_2C_2}$	$T_1 > T_2$ (Phasenhebung) = lead  $T_1 < T_2$ (Phasenabsenkung) = lag			
<b>Tt-Glied</b> Totzeitglied zeitverschobene Einganggröße	$x_a(t) = x_e(t - T_t)$ $G(s) = e^{-sT_t}$	$T_t = \text{Totzeit}$			—
<b>Allpass</b>	$G(s) = \frac{1-sT}{1+sT} = -\frac{s-a}{s+a}$	$a = \frac{1}{T}$			—

Baustein	Funktion	Info	Sprungantwort (Zeitbereich)	Bodendiagramm (f-Bereich) log!	elektr. Schaltung
<b>PT2-Glied</b>	$\frac{1}{\omega_n^2} \ddot{x}_a + \frac{2D}{\omega_n} \dot{x}_a + x_a = k * x_e(t)$ $G(s) = \frac{k}{1 + \frac{2D}{\omega_n} s + \frac{1}{\omega_n^2} s^2}$ <p><math>k</math>: Stationärverstärkung  <math>D</math>: Dämpfungsgrad  <math>\omega_n</math>: natürliche Kreisfrequenz  <math>\sigma = D * \omega_n</math>: absolute Dämpfung</p>	gedämpfte Schwingung $\omega_0 = \omega_n \sqrt{1 - D^2}$  Resonanzfrequenz $\omega_{rZ} = \omega_n \sqrt{1 - 2D^2}$  Resonanzüberhöhung bei: $ D  < \frac{1}{\sqrt{2}}$  Überschwingweite $\ddot{u} = e^{-\frac{\pi D}{\sqrt{1-D^2}}}$			Polstellen $s_{1,2} = \omega_n (-D \pm \sqrt{D^2 - 1})$ Gauss'sche Zahlenebene 
<b>PID-Regler</b> P I D parallel ideal Standardregler	$x_a = \left( k_R + \frac{k_R}{T_N} t + \frac{k_R T_V}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \right) x_e(t)$ $F_R(s) = k_R + \frac{k_I}{s} + k_D s$ $G(s) = - \frac{(1 + sR_2 C_2)(1 + sR_1 C_1)}{sR_1 C_2}$	$\omega_D = \frac{1}{T_0}$  $T_0 = \frac{T_N}{k_R}$  $T_A + T_B = T_N + T_1$ $T_A * T_B = T_N(T_1 + T_V)$		$F_R = \frac{1 + s(T_A + T_B) + s^2 T_A T_B}{s T_0 (1 + s T_1)}$	
<b>PIDT1-Regler</b> P I DT1 parallel real	$F_R(s) = k_R \left( 1 + \frac{1}{s T_N} + \frac{s T_V}{1 + s T_1} \right)$ $G(s) = \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{s} \frac{1}{R_3 C_1} + \frac{s R_5 C_2}{1 + s R_4 C_2}$	$T_A + T_B = T_N + T_1$ $T_A * T_B = T_N(T_1 + T_V)$			
<b>Analogregler</b> Rückwirkungs- freiheit	$G(s) = - \frac{Z_R(s)}{Z_S(s)}$	Differenzeingangswid.: $R_D \rightarrow \infty$ Differenzverstärkung: $k_D \rightarrow \infty$ Ausgangswiderstand: $R_a \rightarrow 0$	Grundregeln $C \leq 10 \mu F$ $10 k\Omega \leq R \leq 1 M\Omega$	vorteilhaft: zuerst Kondensatoren festlegen	