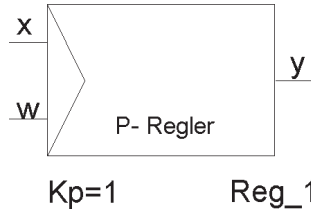


Anhang: Regelungstechnische Bauteile des Buches

P-Regler *P-Reg*



Anschlüsse des Modells:

Eingang für Regelgröße x
 Führungsgröße w
 Ausgang y

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default-)werten:

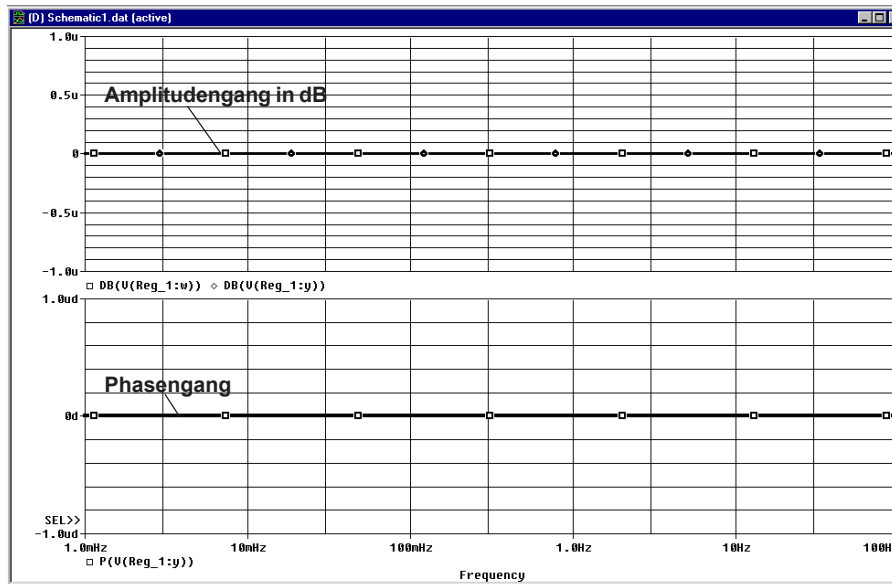
Proportionalverstärkung: $Kp = 1$
 Obere Begrenzung von y : $Max = 15G$
 Untere Begrenzung von y : $Min = -15G$

Es gilt:

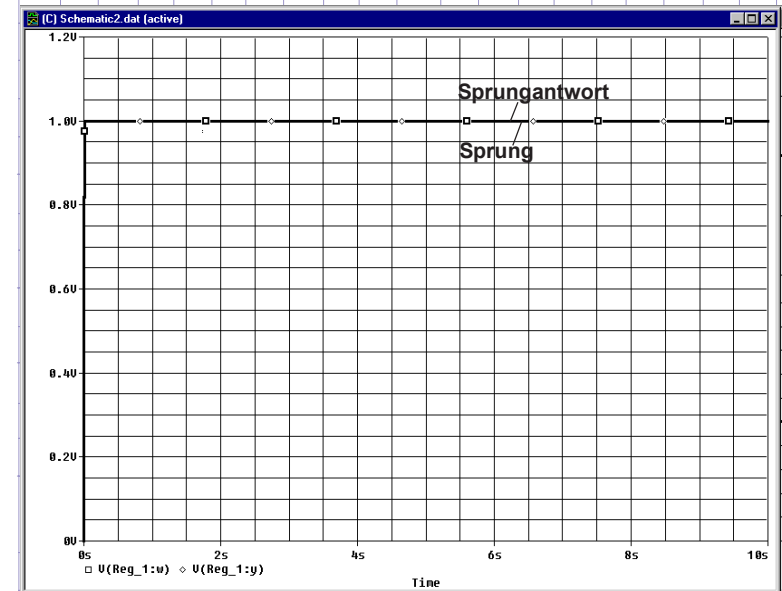
$$y = Kp \cdot (w - x)$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

$$F(s) = Kp$$

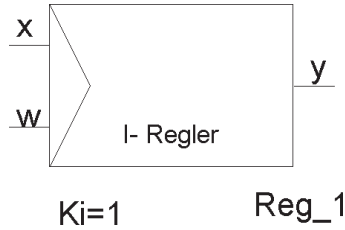


Bodediagramm des P-Reglers *P-Reg* mit Defaultwerten der Attribute



Sprungantwort des P-Reglers *P-Reg* mit Defaultwerten der Attribute

I-Regler I-Reg



Anschlüsse des Modells:
 Eingang für Regelgröße x
 Führungsgröße w
 Ausgang y

Es gilt:

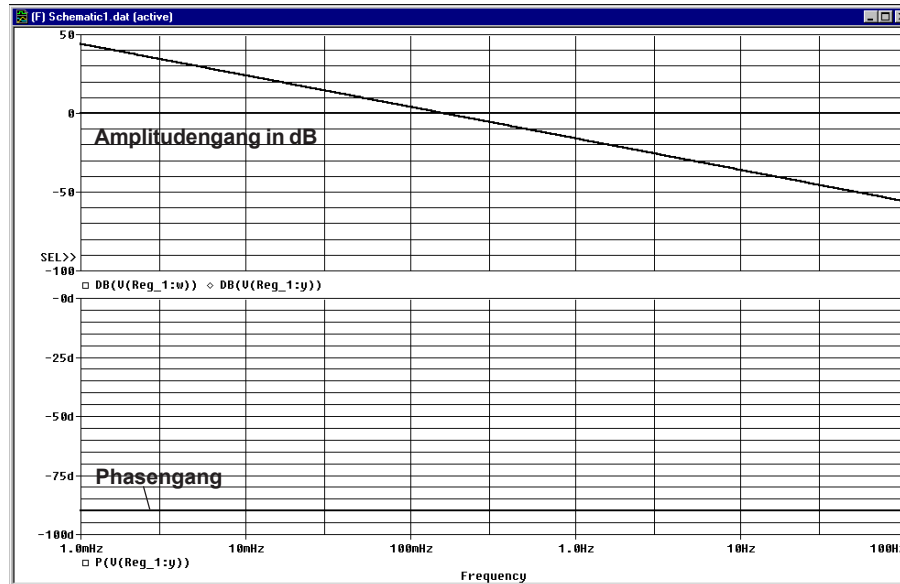
$$y = Ki \cdot \int_0^t w(\tau) - x(\tau) d\tau$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

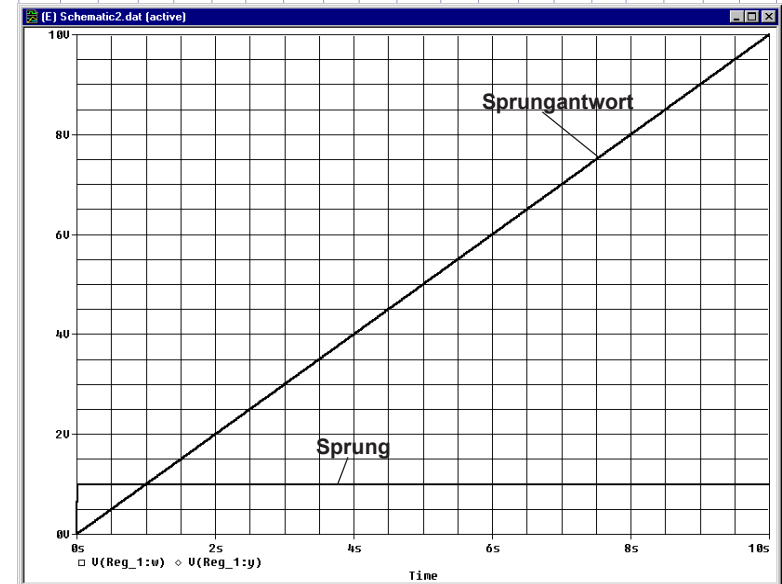
$$F(s) = Ki \cdot \frac{1}{s}$$

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default)werten:

Integrierbeiwert: $Ki = 1$
 Obere Begrenzung von y : $Max = 15G$
 Untere Begrenzung von y : $Min = -15G$

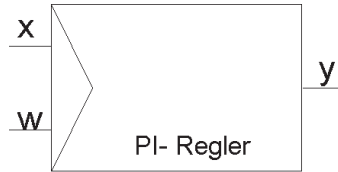


Bodendiagramm des I-Reglers I-Reg mit Defaultwerten der Attribute



Sprungantwort des I-Reglers I-Reg mit Defaultwerten der Attribute

PI-Regler *PI-Reg*



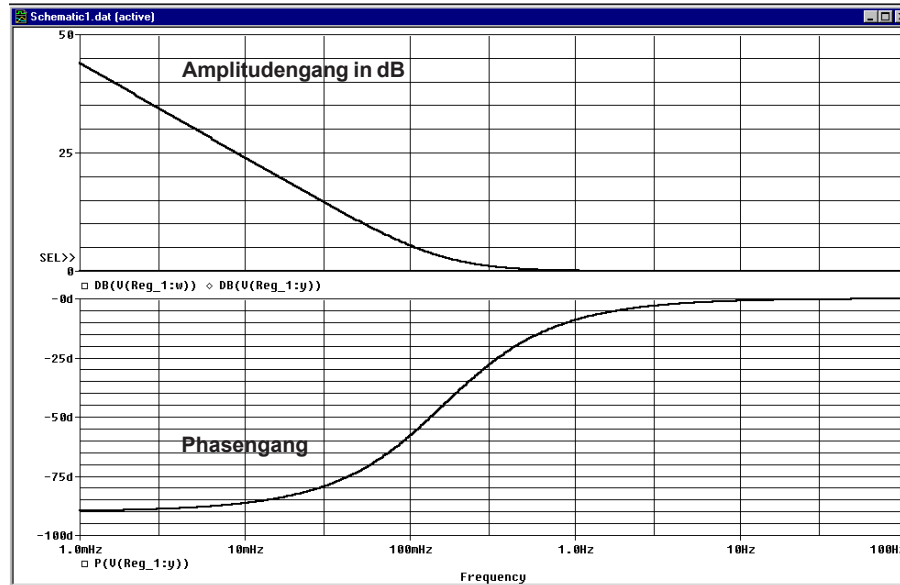
$K_p=1$ $T_n=1$
Reg_1

Anschlüsse des Modells:

Eingang für Regelgröße x
Führungsgröße w
Ausgang y

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default)werten:

Proportionalverstärkung: $K_p = 1$
Nachstellzeit: $T_n = 1$
Obere Begrenzung von y : $Max = 15G$
Untere Begrenzung von y : $Min = -15G$



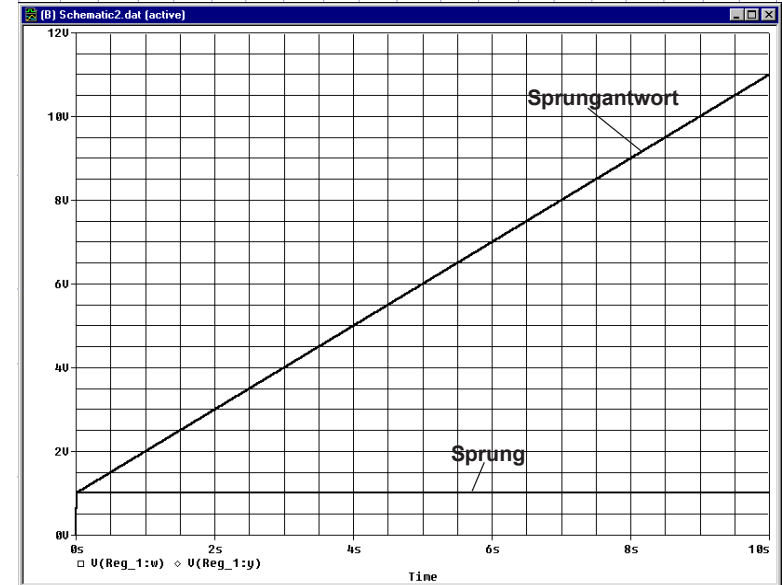
Bodendiagramm des PI-Reglers *PI-Reg* mit Defaultwerten der Attribute

Es gilt:

$$y = K_p \cdot \left[(w - x) + \frac{1}{T_n} \cdot \int_0^t w(\tau) - x(\tau) d\tau \right]$$

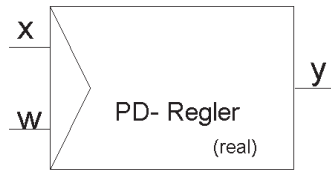
(Laplace-)Übertragungsfunktion:

$$F(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_n \cdot s}{T_n \cdot s}$$



Sprungantwort des PI-Reglers *PI-Reg* mit Defaultwerten der Attribute

Realer PD-Regler *PD_T1-Reg*



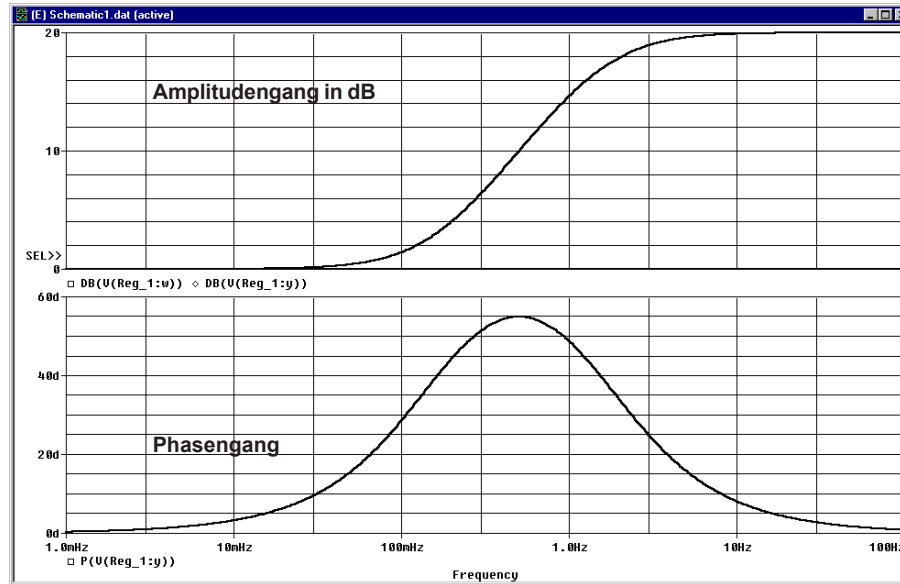
$K_p=1$ $T_v=1$ $T_1=0.1$
Reg_1

Anschlüsse des Modells:

Eingang für Regelgröße x
Führungsgröße w
Ausgang y

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default)werten:

Proportionalverstärkung:	$K_p = 1$
Vorhaltezeit:	$T_v = 1$
Zeitkonstante:	$T_1 = 0,1$
Obere Begrenzung von y :	$Max = 15G$
Untere Begrenzung von y :	$Min = -15G$



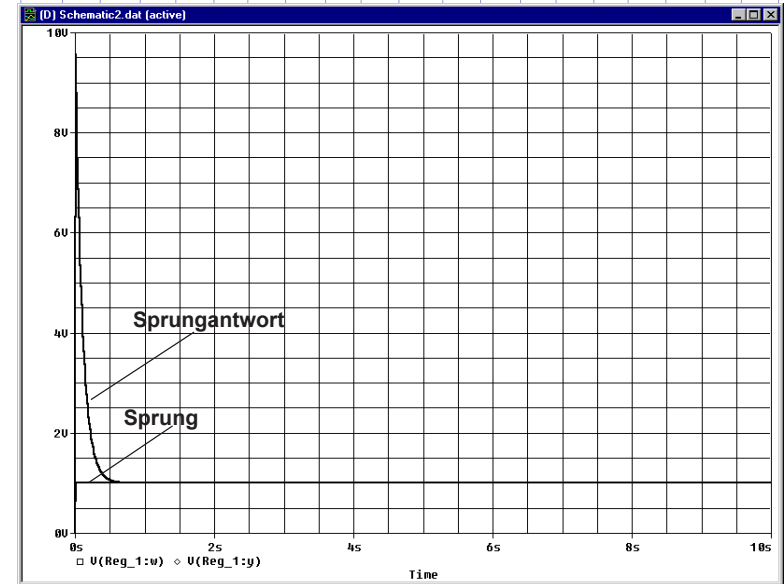
Bodendiagramm des PD-T1-Reglers *PD_T1-Reg* mit Defaultwerten der Attribute

Es gilt:

$$T_1 \frac{dy}{dt} + y = K_p \cdot \left[w - x + T_v \cdot \frac{d(w-x)}{dt} \right]$$

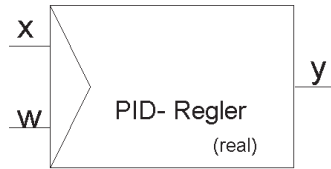
(Laplace-)Übertragungsfunktion:

$$F(s) = K_p \cdot \frac{1 + T_v \cdot s}{1 + T_1 \cdot s}$$



Sprungantwort des PD-T1-Regler; Defaultwerte der Attribute. $TR = 1ms$

realer PID-Regler *PID_T1-Reg* in additiver Form

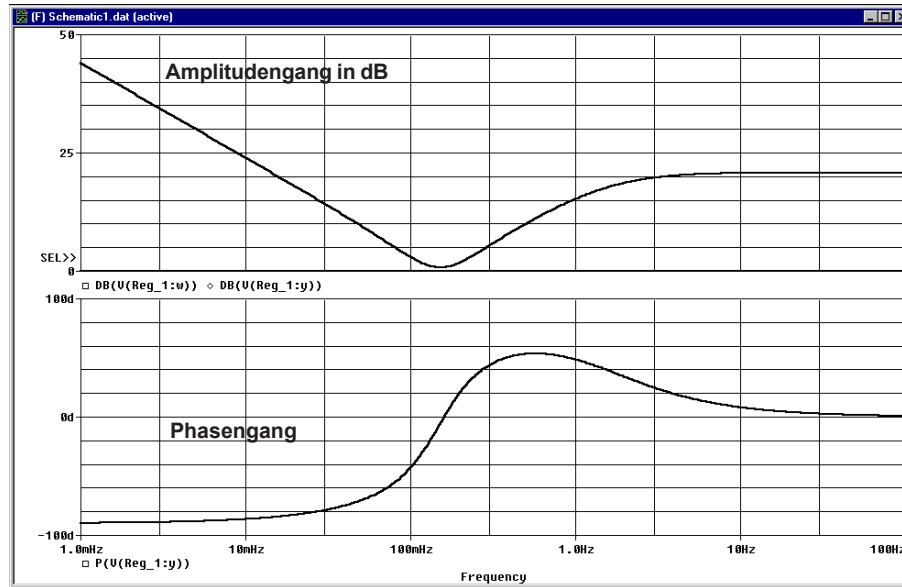


Anschlüsse des Modells:
 Eingang für Regelgröße X
 Führungsgröße W
 Ausgang y

$K_p=1$ $T_n=1$ $T_v=1$
 $T_1=0.1$ Reg_1

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default)werten:

Proportionalverstärkung:	$K_p = 1$
Vorhaltezeit:	$T_v = 1$
Nachstellzeit:	$T_n = 1$
Zeitkonstante:	$T_1 = 0,1$
Obere Begrenzung von y:	$Max = 15G$
Untere Begrenzung von y:	$Min = - 15G$



Bodediagramm des PID-T1-Reglers *PID_T1-Reg* mit Defaultwerten der Attribute

Der Regler *PID_T1-Reg* ist ein realer PID-Regler in additiver Form. Die Übertragungsfunktion in Laplace-Schreibweise lautet:

$$F(s) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot s} + \frac{T_v \cdot s}{1 + T_1 \cdot s} \right)$$

$$= K_p \frac{1 + s \cdot (T_n + T_1) + s^2 \cdot (T_1 T_n + T_n T_v)}{T_n \cdot s \cdot (1 + T_1 \cdot s)}$$

Um mit diesem PIDT1-Regler zwei Streckenzeitkonstanten T_{s1} und T_{s2} der Form

$$\frac{1}{(1 + T_{s1} \cdot s)(1 + T_{s2} \cdot s)}$$

zu kompensieren, muss gelten:

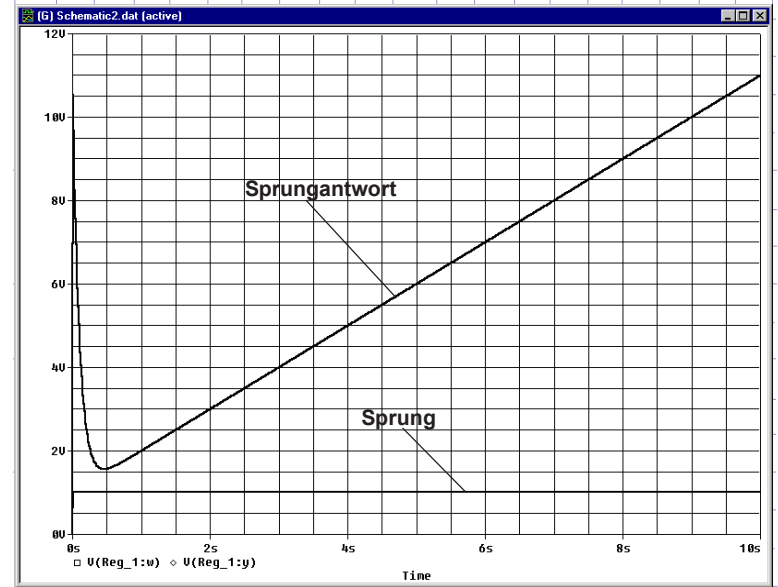
$$1 + s \cdot (T_n + T_1) + s^2 \cdot T_1 T_n + T_n T_v = (1 + T_{s1} \cdot s)(1 + T_{s2} \cdot s)$$

Aus einem Koeffizientenvergleich der Terme mit s und s^2 folgen 2 Gleichungen zur Bestimmung von T_n und T_v :

$$T_n = T_{s1} + T_{s2} - T_1 \quad \text{und} \quad T_v = \frac{T_{s1} \cdot T_{s2} - T_1 \cdot (T_{s1} + T_{s2} - T_1)}{T_{s1} + T_{s2} - T_1}$$

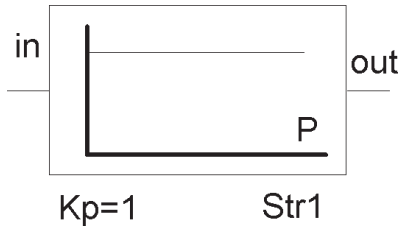
Daraus folgt für $T_1 \ll T_n, T_v, T_{s1}, T_{s2}$:

$$T_n = T_{s1} + T_{s2} \quad \text{und} \quad T_v = \frac{T_{s1} \cdot T_{s2}}{T_{s1} + T_{s2}}$$



Sprungantwort des PID-T1-Reglers. Defaultwerte der Attribute. $TR=1ms$

P-Element *P*



Anschlüsse des Modells:
 Eingang *in*
 Ausgang *out*

Es gilt:

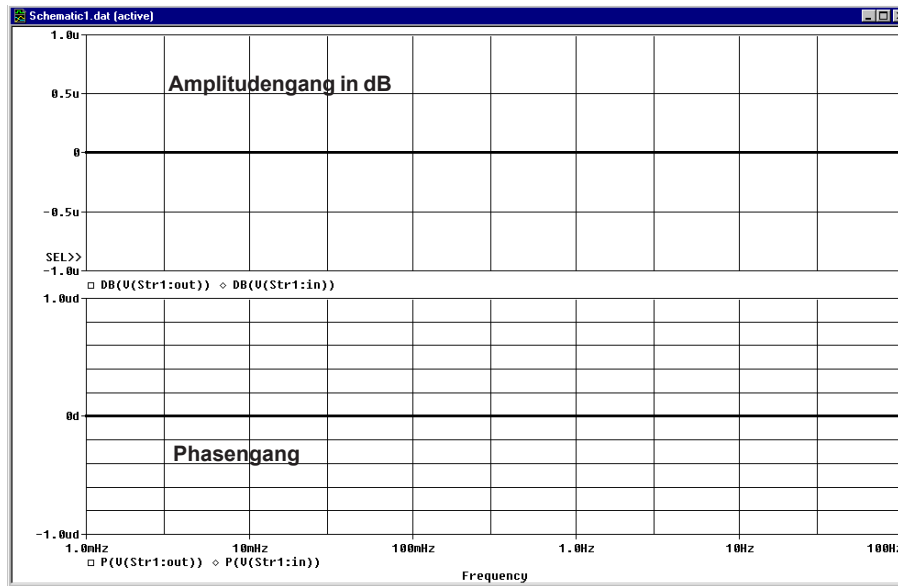
$$out(t) = K_p \cdot in(t)$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

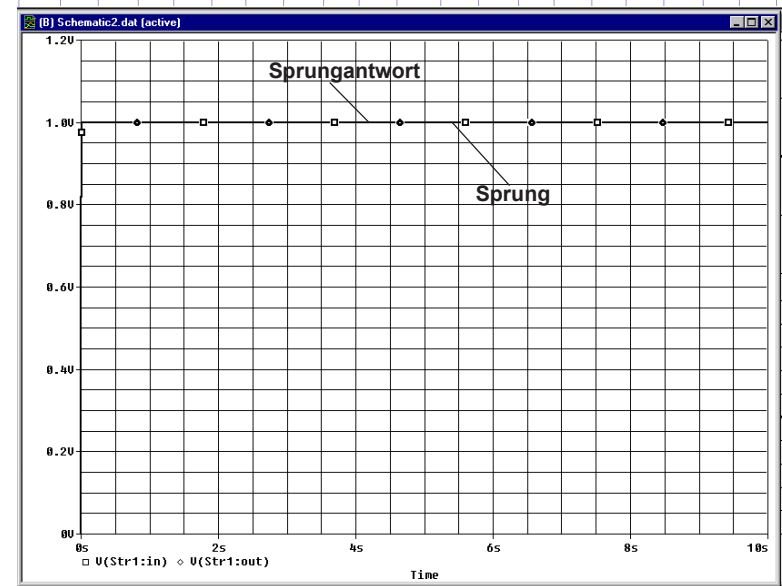
$$F(s) = K_p$$

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default-)werten:

Proportionalverstärkung: $K_p = 1$
 Obere Begrenzung von *out*: $Max = 15G$
 Untere Begrenzung von *out*: $Min = -15G$

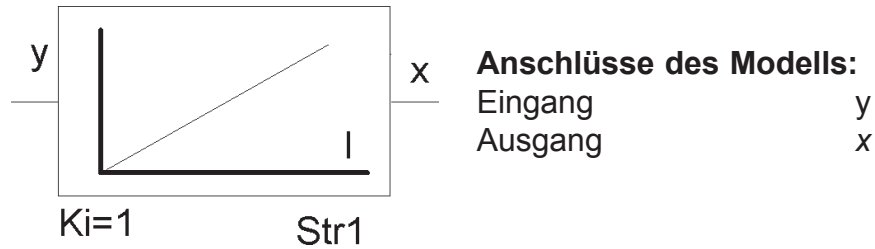


Bodendiagramm des P-Elements *P* mit Defaultwerten der Attribute



Sprungantwort des P-Elements *P* mit Defaultwerten der Attribute

I-Element /



Es gilt:

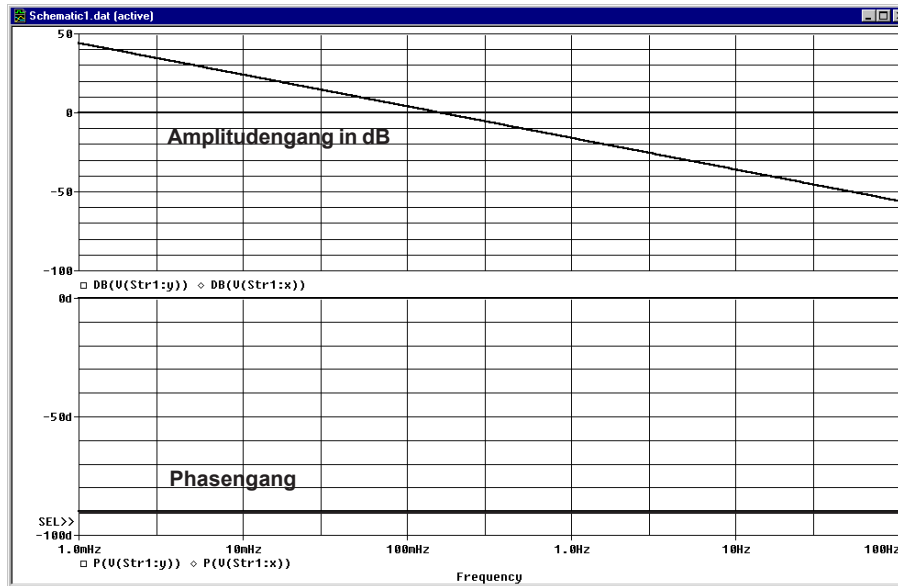
$$x = Ki \cdot \int_0^t y d\tau$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

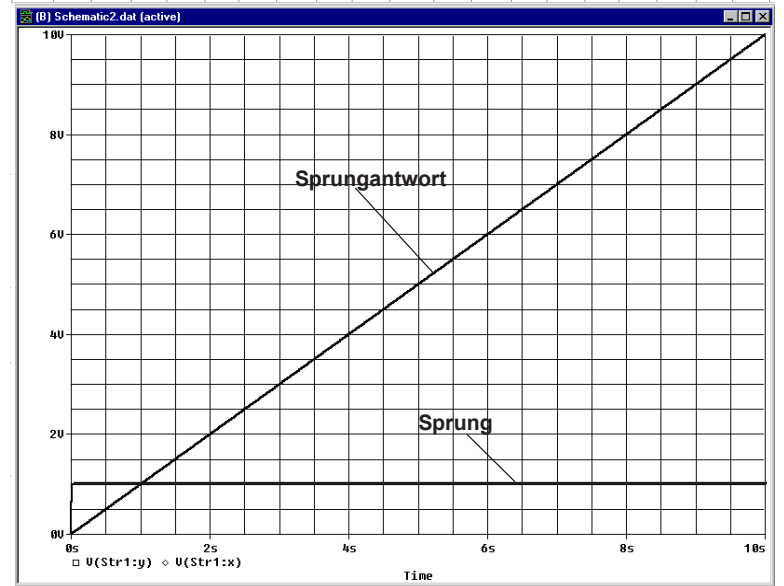
$$F(s) = Ki \cdot \frac{1}{s}$$

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default)werten:

Integrierbeiwert: $Ki = 1$
 Obere Begrenzung von x : $Max = 15G$
 Untere Begrenzung von x : $Min = -15G$
 Anfangswert: $Startval = 0$

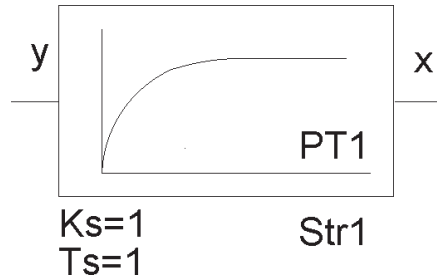


Bodediagramm des I-Elements / mit Defaultwerten der Attribute



Sprungantwort des I-Elements / mit Defaultwerten der Attribute

PT1-Element *PT1*



Anschlüsse des Modells:

Eingang y
 Ausgang x

Es gilt:

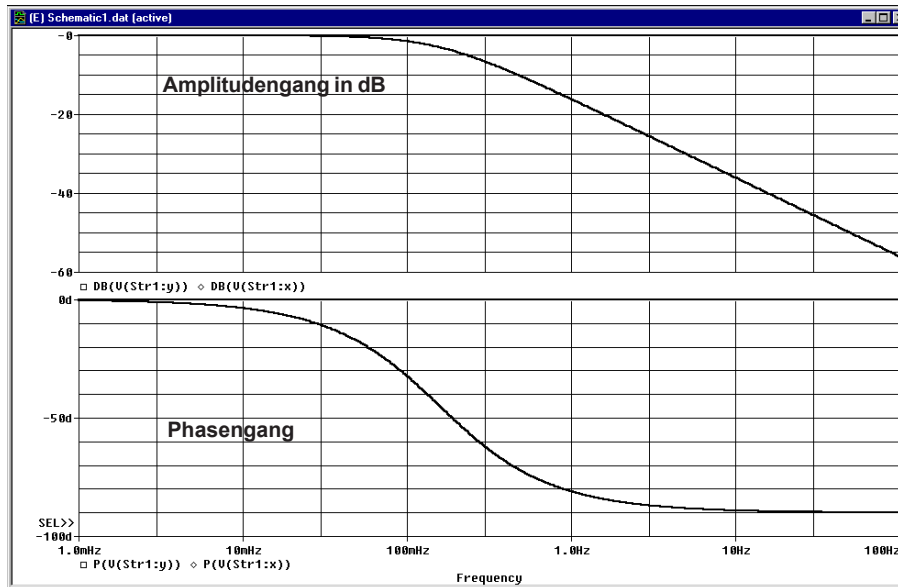
$$T1 \cdot \frac{dx}{dt} + x = Ks \cdot y$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

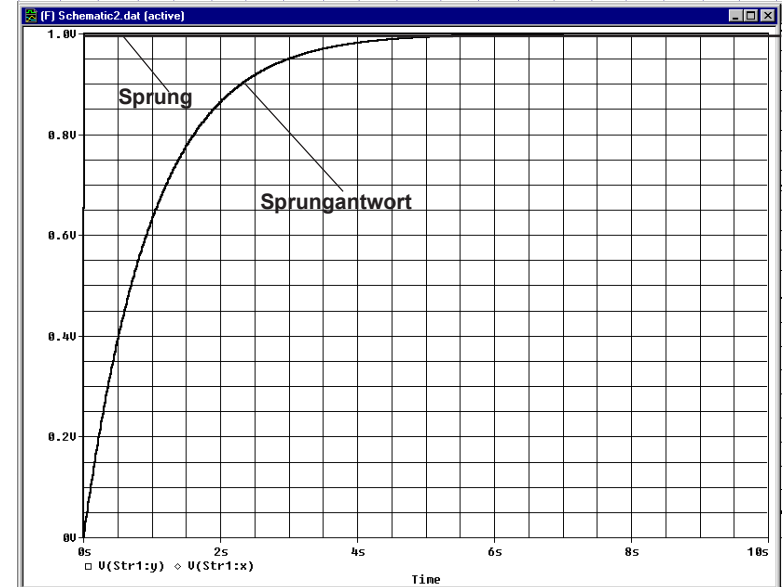
$$F(s) = Ks \cdot \frac{1}{1 + Ts \cdot s}$$

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default-)werten:

Proportionalverstärkung: $Ks = 1$
 Streckenzeitkonstante: $Ts = 1$
 Obere Begrenzung von x : $Max = 15G$
 Untere Begrenzung von x : $Min = -15G$
 Anfangswert: $Startval = 0$

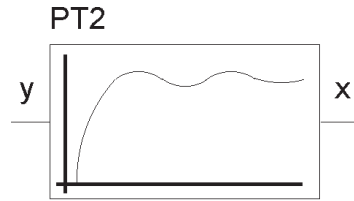


Bodediagramm des PT1-Elements *PT1* mit Defaultwerten der Attribute



Sprungantwort des PT1-Elements *PT1* mit Defaultwerten der Attribute

PT2-Element *PT2*



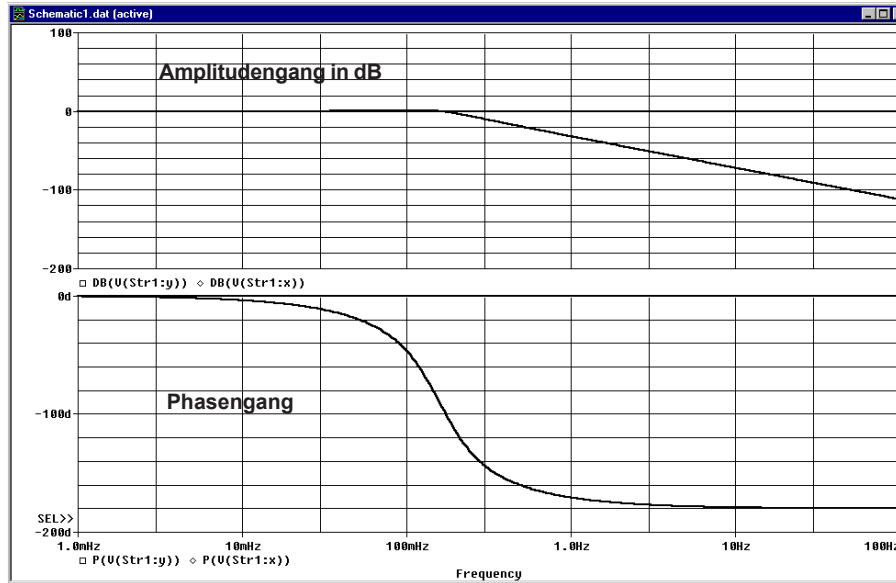
Anschlüsse des Modells:

Eingang y
Ausgang x

$K_s=1$ $D=0.5$ $\omega_0=1$
Str1

Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default-)werten:

Proportionalverstärkung:	$K_s = 1$
Resonanzfrequenz:	$\omega_0 = 1$
Dämpfung:	$D = 0,5$
Obere Begrenzung von x:	$Max = 15G$
Untere Begrenzung von x:	$Min = -15G$
Anfangswert:	Startval = 0



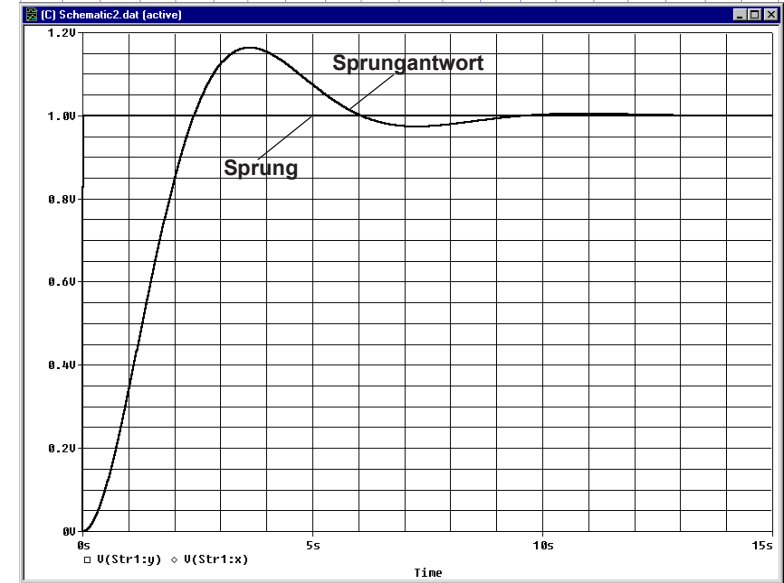
Bodediagramm des PT2-Elements *PT2* mit Defaultwerten der Attribute

Es gilt:

$$\frac{1}{\omega_0^2} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{2D}{\omega_0} \cdot \frac{dx}{dt} + x = K_s \cdot y$$

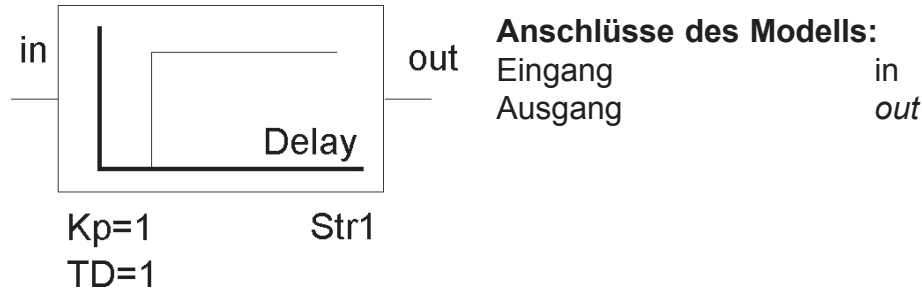
(Laplace-)Übertragungsfunktion:

$$F(s) = K_s \cdot \frac{1}{1 + \frac{2D}{\omega_0} \cdot s + \frac{1}{\omega_0^2} \cdot s^2}$$



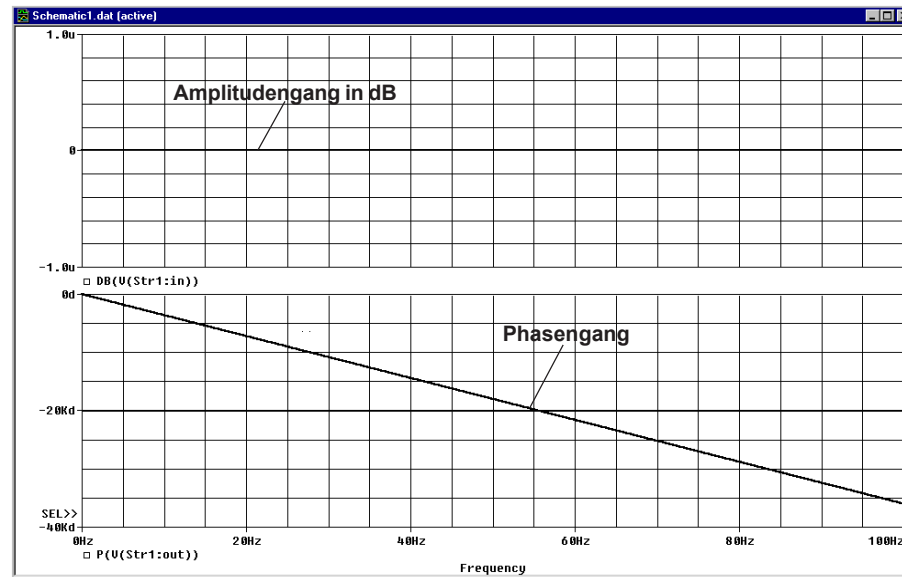
Sprungantwort des PT2-Elements *PT2* mit Defaultwerten der Attribute

Totzeit-Element *Delaytime*



Einstellbare Attribute mit Vorschlags-(Default-)werten:

Proportionalverstärkung: $K_p = 1$
Laufzeit: $T_D = 1$



Totzeit-Element *Delaytime* mit Defaultwerten der Attribute. Amplituden- und Phasengang

Es gilt:

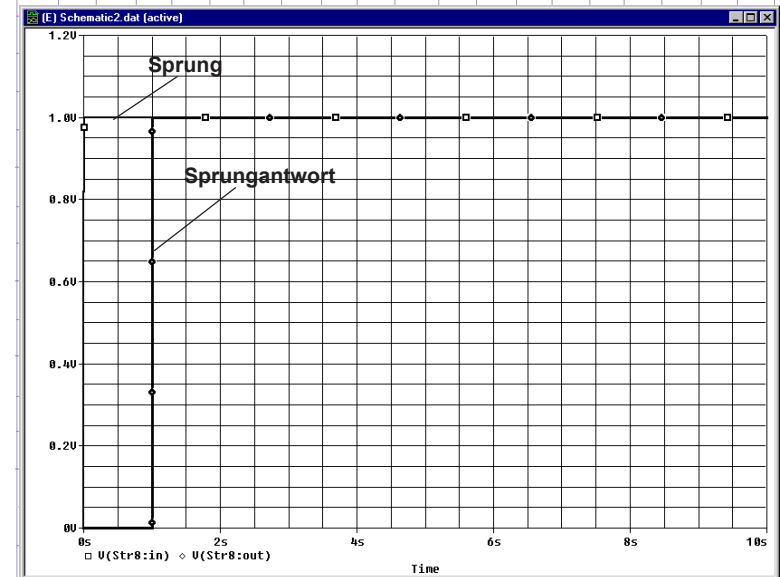
$$out(t) = K_p \cdot in(t - T_D)$$

(Laplace-)Übertragungsfunktion:

$$F(s) = K_p \cdot e^{-s \cdot T_D}$$

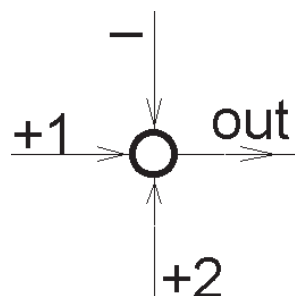
Hinweis:

Zur korrekten Simulation des Phasengangs des Totzeit-Elements muss die Mindestschrittweite der Berechnungen ausreichend klein gewählt werden. Für den Phasengang im untenstehenden Bild wurden 500 Punkte/ Dekade berechnet.



Sprungantwort des Totzeit-Elements ; Defaultwerte der Attribute. $T_R = 1$ ms

Summierer *plusminus*



Anschlüsse des Modells:

Positiver Anschluss 1 +1
Positiver Anschluss 2 +2
Negativer Anschluss -
Ausgang out

Es gilt: $v(out) = v(+1) + v(+2) - v(-)$

