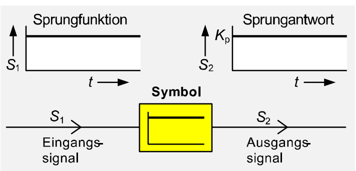
Regelkreisglieder

P-Glied (Proportionalglied ohne Verzögerung) → 无拖延 → 比值是定值

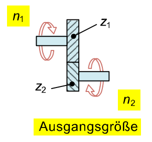


Ausgangssignal S_2 ist proportional zum Eingangssignal S1

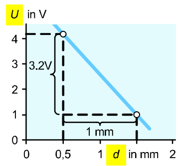
$$K_P = \frac{S_2}{S_1}$$

输入信号经过P-Glied后得到输出信号

Beispiele



Zahnradgetriebe



Abstandssensor

Zahnradgetriebe mit z_1 = 200 Zähnen und z_2 = 100 Zähnen

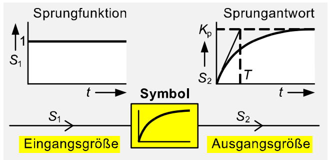
$$K_P = \frac{z_1}{z_2} = 2$$

Abstandssensor laut Kennlinie

$$K_P = \frac{\Delta U}{\Delta d} = \frac{-3.2\,V}{1mm} = -3.2$$

negative Verstärkung, da Spannung mit Abstand abnimmt 反向增强

PT1-Glied (Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung)



输入−输出是曲线

Sprungantwort

exp (- t/T) = $e^{-t/T}$ | $S_2 = K_p \cdot [1 - \exp(-t/T)]$

S_2 Ausgangsgröße | t Zeit
K_p Proportionalbeiwert | T Zeitkonstante

时间常数T

Zeitkonstante T kann mittels Tangente im 0-Punkt bestimmt werden (Ableitung für t = 0); theoretisch wird der Endwert erst für t → ∞ erreicht, aber bereits nach 2 · T: 87%, 3 · T: 95% und 5 · T: 99% des Endwertes

PT1-G实现了电压函数的拖延

PT_1-Glied reagiert auf Sprungfunktion mit **Verzögerung**, d.h. es folgt dem Ausgangssignal erst nach einiger Zeit

比值不是常数

Beschreibung durch Differenzial-gleichung **1. Ordnung** ($y = S_1$, $x = S_2$)

$$T \cdot x' + x = K \cdot y$$

Lösung für Sprungfunktion der Höhe y:

$$x = K \cdot y \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

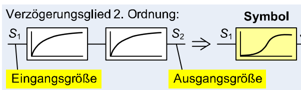
e = 2.7182… Eulersche Zahl

$K = K_p$ ist der Proportionalbeiwert, d.h. die Höhe der Sprungantwort

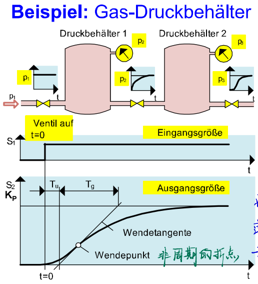
Endwert ist lineare Funktion des Eingangswerts

PT2-Glied (Proportionalglied mit Verzögerung 2. Ordnung)

aperiodisches Verhalten 非周期性



Beispiel: Gas-Druckbehälter



经过第一个储存器后 ↓ 经过第二个储存器后. ↓ 两个储存器满了，电压趋于100%

非周期的折点

2 in Reihe geschaltete Energiespeicher

PT2-Glied实现了电压函数的"双拖延"

PT_2-Glied reagiert auf Sprungfunktion mit **„doppelter" Verzögerung (S-Kurve)** im **aperiodischen** Fall 使之成为非周期性的S曲线. oder mit **Schwingungen** (Schwingglied)

Beschreibung mit Differenzialgleichung **2. Ordnung** ($y = S_1$, $x = S_2$)

$$T_1 \cdot T_2 \cdot x'' + (T_1 + T_2)x' + x = K \cdot y$$

Lösung für Sprungfunktion der Höhe y:

$$x = K \cdot y \left(1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_2}}\right)$$

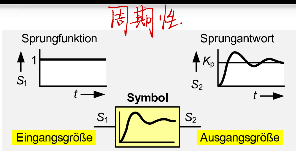
K: Proportionalbeiwert (Verstärkung)
T_1, T_2: Zeitkonstanten (der Teilstrecken)

Kurve hat einen **Wendepunkt** mittels **Wendetangente** Definition von

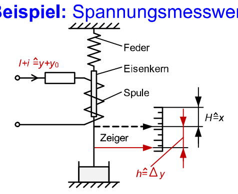
T_u: Verzugszeit (nicht gleich T_1) Totzeit.
T_g: Ausgleichszeit (nicht gleich T_2)

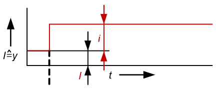
periodisches Verhalten - Schwingglied 振动

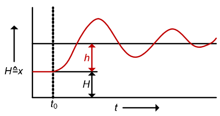
周期性



Beispiel: Spannungsmesswerk







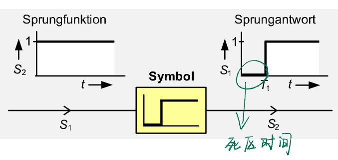
bei 2 physikalisch verschiedenen Energiespeichern kann es durch **periodischen** Energieaustausch zu ***Schwingungen*** kommen

PT_2-Glied reagiert auf Sprungfunktion der Höhe 1 mit **Einschwingen** auf den neuen Wert K_P, der erst nach Abklingen der Schwingung erreicht wird;

bei **sprunghafter** Änderung des Spulenstroms I (Stellgröße y) ändert sich der Hub H (Regelgröße x) um den Weg h; der Übergang in die neue Lage H + h erfolgt in **schwingender Form** (mechanische Energie in Feder und Bewegungsenergie im Eisenkern)

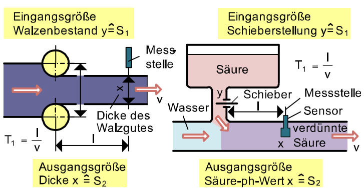
Totzeitglied (Tt-Glied) 死区时间

Sprungantwort



死区时间

Beispiele: Dickenmessung von Walzgut, Mischung von Flüssigkeiten



Regelstrecken mit **Totzeit** reagieren auf eine sprunghafte Änderung der Eingangsgröße S_2 ebenfalls mit einer **sprunghaften** Änderung der Ausgangsgröße, aber um die **Totzeit T_t später**

Totzeit (Laufzeit) oft abhängig von einer Weglänge l und Geschwindigkeit des Signalträgers v, d.h.

$$T_t = \frac{l}{v}$$

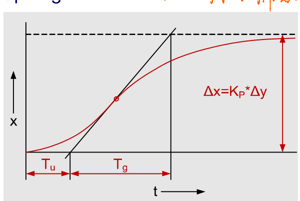
bei Regelung mit Computern (SPS) immer Totzeiten durch **zyklische Abtastung**, Analog-Digitalwandlung etc.

Totzeitglieder meist kombiniert mit Verzögerungsgliedern

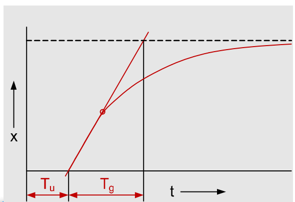
Achtung: *Totzeit ≠ Verzögerungszeit*

Regelstrecke höherer Ordnung

Sprungantwort 超过两个时间常数.



Ersatz-Sprungantwort



mehr als zwei Zeitkonstanten (mehrere hintereinander geschaltete Energiespeicher); ähnlicher Verlauf wie aperiodische PT_2-Glieder, nur **Anfangsverlauf flacher**

Charakterisierung mit

T_u: Verzugszeit → 拖延时间 "死区时间"
T_g: Ausgleichszeit → 变化时间

ermittelbar anhand *Wendetangente*

bei sehr hoher Ordnung vereinfachte ***Ersatz-Sprungantwort*** mit Totzeit $T_t = T_u$ und PT_1 -Glied mit $T = T_g$

Abschätzung des *Regelverhaltens* aus Ersatz-Sprungantwort

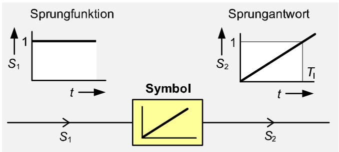
$\frac{T_u}{T_g} \le \frac{1}{10}$ gut regelbar

$\frac{T_u}{T_g} \approx \frac{1}{6}$ noch regelbar

$\frac{T_u}{T_g} \ge \frac{1}{3}$ schwer regelbar

Regelstrecken ohne Ausgleich 无差控制系统

I-Glied (Integralglied)



Ausgangssignal S2 (Regelgröße x) steigt nicht nur proportional zur Eingangsgröße S_1 (Stellgröße y), sondern auch *mit der Zeit t* an;

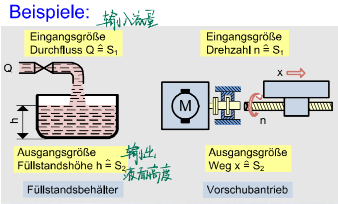
Integrationszeitkonstante T_I : 时间常数
Zeit bis zum Anstieg auf Sprunghöhe 1

Sprungantwort: $S_2 = \frac{1}{T_I} \cdot t = K_I \cdot t$

Integrationsbeiwert: $K_I = \frac{1}{T_I}$

allgemein: $S_2 = K_I \cdot \int_{t_0}^{t} S_1 \cdot dt$

Beispiele: 输入流量

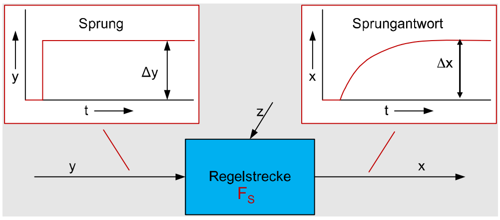


Regelstrecke ***ohne Ausgleich***, da die Regelgröße keinem festen Endwert zustrebt, sondern ständig weiter wächst

weiteres Beispiel: Kursregelung bei Fahrzeugen

schwieriger zu regeln als Strecken mit Ausgleich

3.2 Regelstrecken 控制系统



Annahme: *zeitinvariant*, d.h. Verhalten der Regelstrecke ändert sich nicht mit der Zeit

lineare Übertragungsfunktion F_S : 线性转移函数

(1) bei Erregung mit y = a*f(t) antwortet das **System** mit x = a*F_S (f(t)) = F_S (a*f(t))

(2) bei Erregung mit y = f(t) + g(t) ist die Antwort x = F_S (f(t)) + F_S(g(t)) = F_S (f(t) + g(t))

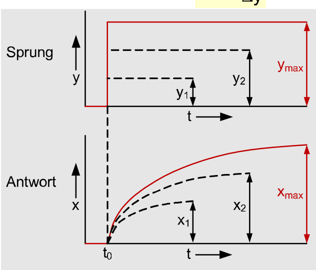
线性时间变量
lineare und zeitinvariante Regelstrecken lassen sich durch ihre *Sprungantwort* **vollständig charakterisieren**, d.h. durch ihre **Reaktion** am Ausgang x auf einen **Sprung** am Eingang y auf 1 zum Zeitpunkt t = 0;
entsprechend **Sprungantwort** für Störgröße z

Regelstrecken mit Ausgleich 有差控制系统

自动控制
Regelstrecken mit Ausgleich besitzen eine gewisse **Selbstregeleigenschaft**, d.h. sie geraten bei einer Änderung der Stellgröße y oder Störgröße z nicht aus dem Gleichgewicht, sondern die Regelgröße strebt einem neuen Endwert zu (bei den meisten praktisch relevanten Strecken der Fall)

Beispiel: Elektromotor mit Last erhöht bei Änderung der Spannung die Drehzahl auf einen neuen Endwert 电机会改变转数的电压

Übertragungsbeiwert $K_P = \frac{\Delta x}{\Delta y}$



比例值 Kp
Proportionalbeiwert K_P gibt an, wie stark sich die Ausgangsgröße x *(Endwert)* in Abhängigkeit der Eingangsgröße y ändert 输出值 x
(Verstärkung der Strecke) 取决于

Ausgleichsbeiwert $Q = \frac{1}{K_P} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ 输入值 y

Strecke mit Ausgleich: Q > 0, d.h. K_P endlich

Strecke ohne Ausgleich: Q = 0, d.h. K_P unendlich

je **größer** Q, umso **leichter** ist die Regelaufgabe