

## 4. Sprungantworten von Baugliedern (Regelstrecken)



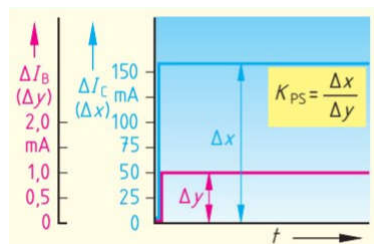
- Die Eigenschaften bzw. das zeitliche Verhalten der Bauglieder einer Regelstrecke werden meist durch das Sprung-Antwort-Verfahren ermittelt.
- Es erfolgt ein Sprung am Eingang (von 0% auf 100 %) und die Reaktion der Bauglieder wird beobachtet.



### • P – Verhalten (proportionales Verhalten)

z.B. Glühlampe

- Schaltet man eine Glühlampe mit Hilfe eines Schalters ein (Sprung am Eingang - y) fließt sofort ein elektrischer Strom durch die Lampe (Reaktion am Ausgang -x), die uns durch das Aussenden von Licht sichtbar wird.



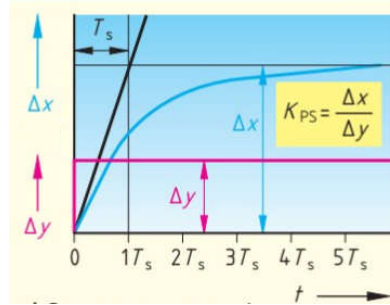
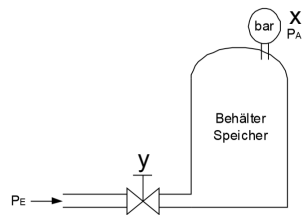
$K_{PS}$  – Proportionalbeiwert

(gibt das Verhältnis von der Änderung des Eingangswertes zur Änderung des Ausgangswertes an)

- **PT<sub>1</sub> – Verhalten** (Verzögerung 1. Ordnung)

z.B. Druckbehälter

- Der Anfangswert des Drucks  $p_A(x)$  im Behälter sei gleich dem äußeren atmosphärischen Druck. Wird das Ventil sprunghaft geöffnet ( $y$ ), so wird durch einströmende Druckluft zwar der Druck im Behälter sofort ansteigen, aber erst nach einer gewissen Zeit (abhängig von Ventilöffnung und Behältervolumen) den Endwert  $p_A = p_E$  erreichen.



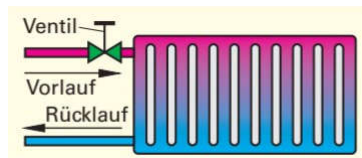
$T_s$  – Zeitkonstante (gibt die Verzögerung an und wird durch Anlegen einer Tangente an die Kennlinie im Ursprung ermittelt)

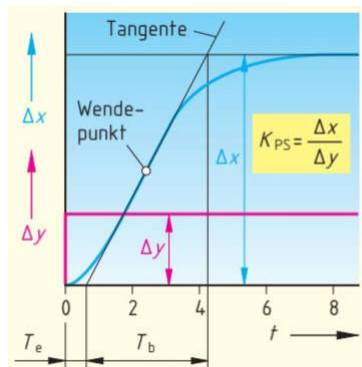


- **PT<sub>2</sub> – Verhalten** (Verzögerung 2. Ordnung und höher)

z.B. Heizkörper

- Ändert man die Ventilöffnung am Heizkörper schlagartig, wird die Temperatur am Anfang nur geringfügig höher, steigt dann schneller an und wird nach durchlaufen des Wendepunktes wieder langsamer bis sich die Endtemperatur einstellt.





$T_e$  – Verzugszeit  
 $T_b$  - Ausgleichszeit

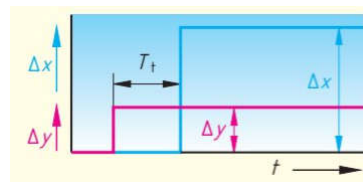
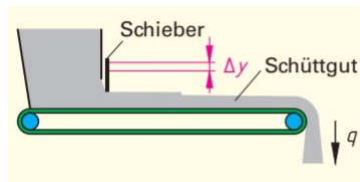
Das Verhältnis der Ausgleichszeit zur Verzugszeit geben die Regelbarkeit der Regelstrecken an:

$$\frac{\text{Ausgleichszeit}}{\text{Verzugszeit}} = \frac{T_b}{T_e} \quad \frac{T_b}{T_e} \geq 10 \Rightarrow \text{gut regelbar}; \quad \frac{T_b}{T_e} \leq 3 \Rightarrow \text{schlecht regelbar}$$

• **PT<sub>t</sub> – Verhalten** (Verhalten mit Totzeit)

z.B. Förderbänder

- Wird der Schieber (y) am Anfang des Förderbandes sprunghaft geöffnet trifft das Schüttgut auf das Förderband. Am Ende des Förderbandes ändert sich erst einmal nichts. Erst nach einer Transportzeit (Totzeit) trifft das Schüttgut am Ende des Förderbandes (x) ein.



$T_t$  – Totzeit (Verzögerung von der Änderung am Eingang bis zur Reaktion am Ausgang)

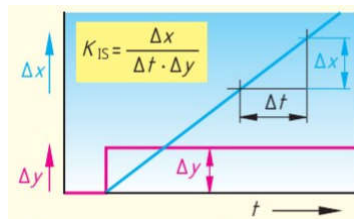
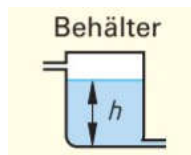
Regelstrecken mit Totzeit sind schwer regelbar.



- **I – Verhalten** (integrales Verhalten)

z.B. Füllstand eines Behälters





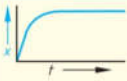


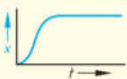





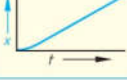

- Bei einem Behälter mit Abfluss, dessen Zu- und Ablaufvolumenstrom gleich groß sind, stellt sich eine konstante Füllhöhe ein. Verändert sich der Durchfluss des Zu- oder Ablaufs, steigt oder fällt der Flüssigkeitsspiegel. Dabei verändert sich der Pegel umso schneller, je größer die Differenz zwischen Zu und Ablauf ist.



$K_{IS}$  – Integrierbeiwert (gibt die zeitliche Änderung der Ausgangsgröße gegenüber der Eingangsgröße an)

- Übersicht – Verhalten von Bauteilen



Bezeichnung der Regelstrecke	Beispiel		Sprungantwort	Symbol	Proportional- oder Integrierbeiwert
	Regelstrecke	Regelgröße			
Regelstrecken mit Ausgleich	PT <sub>0</sub> 	Elektrischer Widerstand Spannung $U$			$K_{PS} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$
	PT <sub>1</sub> 	Druckluftkessel Druck $P$			$K_{PS} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$
	PT <sub>n</sub> 	Heizung Temperatur $\vartheta$			$K_{PS} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$
Regelstrecken ohne Ausgleich	IT <sub>0</sub> 	Behälter Füllstand $h$			$K_{IS} = \frac{\Delta x}{\Delta t \cdot \Delta y}$
	IT <sub>n</sub> 	Werkzeugspindel Lage $x$			$K_{IS} = \frac{\Delta x}{\Delta t \cdot \Delta y}$