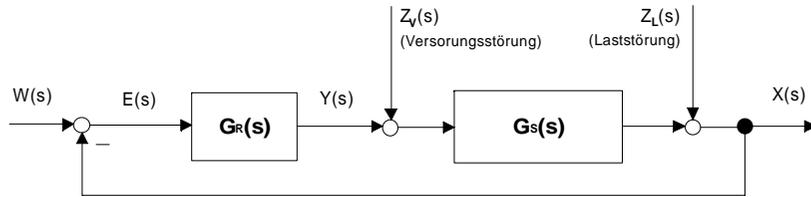


4 Einschleifiger Regelkreis

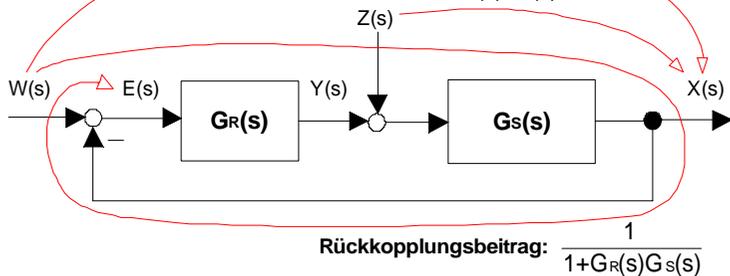


Übertragungsfunktion im Bildbereich:

$$X(s) = \frac{G_S(s) \cdot G_R(s)}{1 + G_S(s) \cdot G_R(s)} W(s) + \frac{G_S(s)}{1 + G_S(s) \cdot G_R(s)} Z_V(s) + \frac{1}{1 + G_S(s) \cdot G_R(s)} Z_L(s).$$

Führung: $\frac{G_R(s)G_S(s)}{1+G_R(s)G_S(s)}$

Störung: $\frac{G_S(s)}{1+G_R(s)G_S(s)}$



Regelgüte

Die Regelgüte eines Regelkreises stellt ein Maß der Abweichung zwischen Regelgröße $x(t)$ und Führungsgröße $w(t)$ dar.

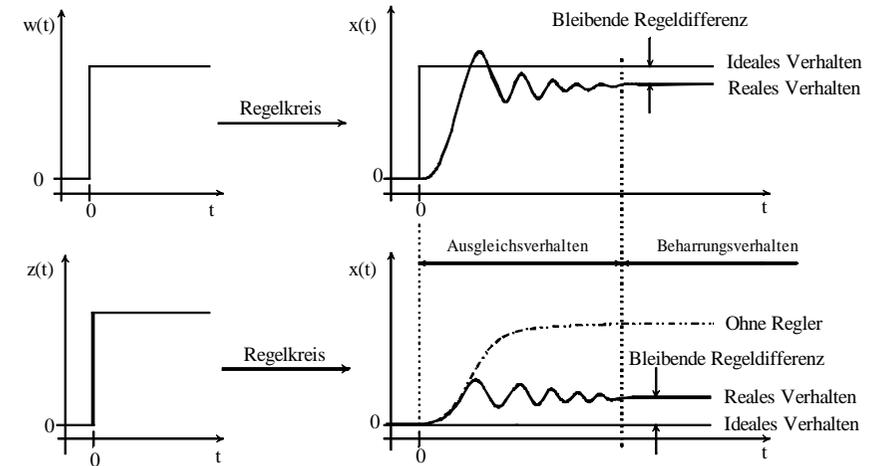


Abbildung 4-1: Bleibende Regeldifferenz bei Führungsgrößenänderung (oben) und bei Störgrößenänderung (unten)¹

Kreisverstärkung $V_0 = K_{PR} \cdot K_{PS}$

Die Kreisverstärkung V_0 gibt die gemeinsame Verstärkung von Regler und Regelstrecke an.

Bleibende Regeldifferenz $e_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (e(t)) = \lim_{t \rightarrow \infty} (w(t) - x(t))$

Die bleibende Regeldifferenz e_s stellt die Abweichung zwischen Führungs- und Regelgröße im Beharrungsverhalten nach einem angelegten Eingangssignal dar.

¹Tröster, F.: Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure; München, Wien: Oldenbourg, 2005

Strecke	Regler	Bei Führungsvorgabe	Bei Störeinfluss
P-T _n	P	$\frac{w_0}{1+V_0} = r \cdot w_0$	$-\frac{K_{PS} \cdot z_0}{1+V_0} = -r \cdot K_{PS} \cdot z_0$
	I	0	0
	PI	0	0
	PD	$\frac{w_0}{1+V_0} = r \cdot w_0$	$-\frac{K_{PS} \cdot z_0}{1+V_0} = -r \cdot K_{PS} \cdot z_0$
	PID	0	0
I-T _n	P	0	$-\frac{z_0}{K_{PR}}$
	I	Nicht definiert	
	PI	0	0
	PD	0	$-\frac{z_0}{K_{PR}}$
	PID	0	0

Aus dieser Tabelle lassen sich wichtige Erkenntnisse ableiten:

Der I-Regler regelt die Regelgröße $x(t)$ von Proportionalstrecken exakt auf die Sollgröße $w(t)$ ein. Störungen werden vollständig von ihm eliminiert.

I-Regler und I-Regelstrecken funktionieren nicht zusammen. Es stellt sich also kein stationärer Zustand ein. Man spricht in diesem Fall von instabilem Verhalten.

Die Erweiterung eines I-Reglers zum PI-Regler trägt dazu bei, Regelstrecken ohne Ausgleich auch zufriedenstellend regeln zu können.

Der P-Regler regelt Führungsänderungen bei I-Strecken exakt nach; Störungen kann er aber nicht beseitigen.

Beispiel:

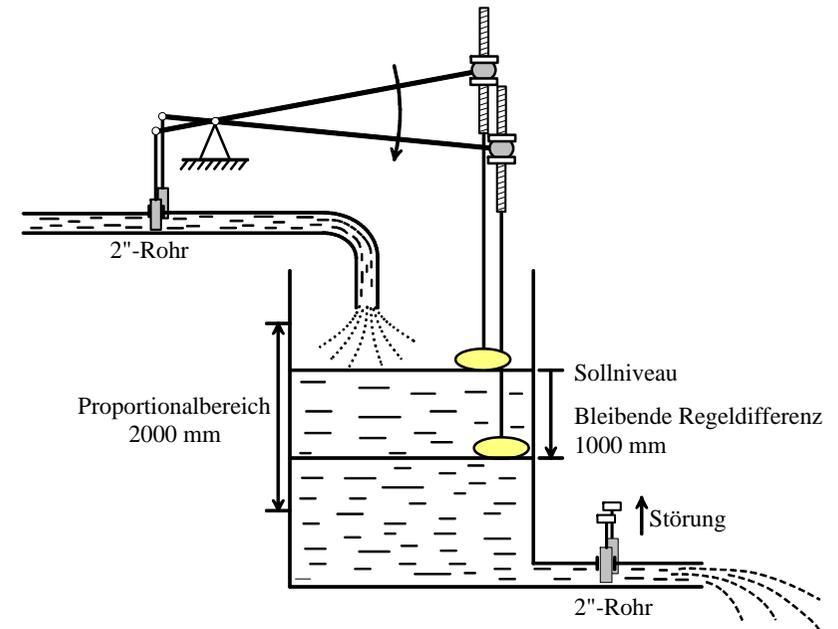


Abbildung 4-2: Bleibende Regeldifferenz am Beispiel einer Füllstandsregelung mit P-Regler¹

Bei einem 2"-Rohr (\varnothing ca. 50mm) muss der Proportionalbeiwert des Reglers auf $K_{PR} = 50\text{mm}/2000\text{mm} = 0.025$ eingestellt sein, wenn man einen Proportionalbereich von 2 m realisieren will. Beim unvorhergesehenen Abfluss einer größeren Wassermenge (Ventil öffnet sich um $z_0 = 25\text{mm}$), muss sich das Zuflussventil öffnen. Der Wasserspiegel fällt.

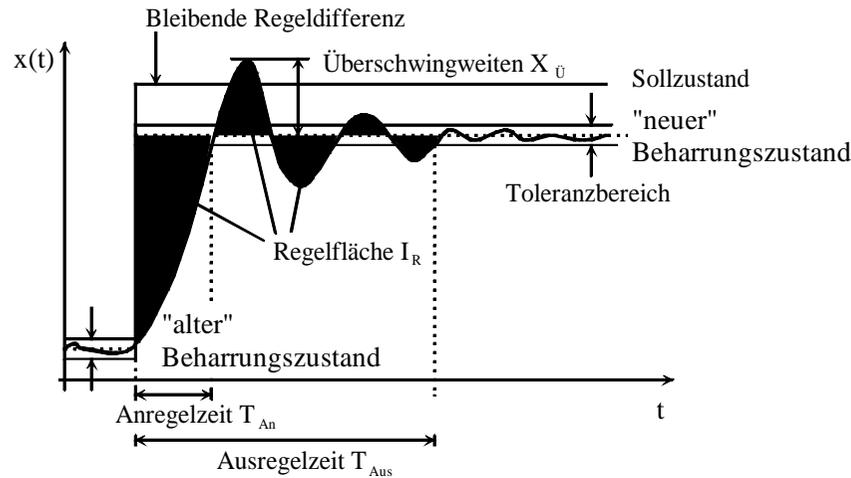
$$e_s = -\frac{z_0}{K_{PR}} = -\frac{25\text{mm}}{0,025} = -1000\text{mm} = 1\text{m}$$

Die Regeldifferenz macht somit die Hälfte des zur Verfügung stehenden Regelbereichs aus.

¹Tröster, F.: Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure; München, Wien: Oldenbourg, 2005

Dynamische Regelgüte

definiert sich als vorübergehende Regeldifferenz während des Einschwingvorgangs auf einen neuen Beharrungswert. Sie beschränkt sich auf den Zeitraum des Ausgleichvorgangs.



Definition: Anregelzeit T_{An}

Die Anregelzeit T_{An} ist die minimale Zeitspanne, welche die Regelgröße $x(t)$ für einen Übergang benötigt, vom Toleranzbereich des einen Zustands in den anderen zu gelangen, ohne endgültig in diesen einzutauchen..

Definition: Ausregelzeit T_{Aus}

Die Ausregelzeit T_{Aus} ist die Zeitspanne, welche die Regelgröße $x(t)$ für den Übergang benötigt, von einem Toleranzbereich eines Beharrungszustands endgültig in dem anderen zu verweilen.

Definition: Überschwingweite $X_{Ü}$

Die Überschwingweiten $X_{Ü}$ stellen die Ausschläge der Regelgröße $x(t)$ über den neu einzunehmenden Beharrungszustand dar.

P-T₂-Strecke wird durch diverse Regler geregelt.

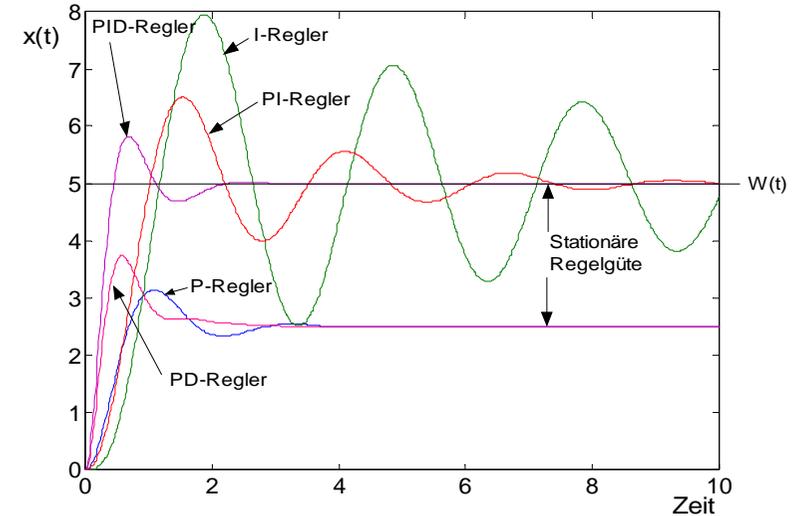


Abbildung 4-3: Dynamisches Führungsverhalten wichtiger Regler¹

Reglereigenschaften:

P-Regler	Er schwingt die Regelgröße auf einen neuen Beharrungswert ein, hinterlässt jedoch eine bleibende Regeldifferenz.
I-Regler	Er generiert einen stark überschwingenden Übergang. Dafür regelt er exakt, braucht jedoch eine sehr lange Zeit dazu..
PI-Regler	Der P-Anteil verbessert die I-Reglereigenschaften durch kürzere An- und Ausregelzeiten bzw. kleinere Überschwingweiten.
PD-Regler	Der D-Anteil führt den Übergang in kürzerer Zeit aus, verbessert aber die Ungenauigkeit nicht. Die An- und Ausregelzeiten sind gegenüber dem P-Regler verbessert.
PID-Regler	Die Universalität eines PID-Reglers wird anhand seiner Schnelligkeit und Genauigkeit deutlich. Die Regelfläche ist sehr klein, die daraus ableitbaren anderen dynamischen Regelgüten sind folglich optimiert.

¹Tröster, F.: Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure; München, Wien: Oldenbourg, 2005

P-T₂-Strecke wird durch diverse Regler geregelt.

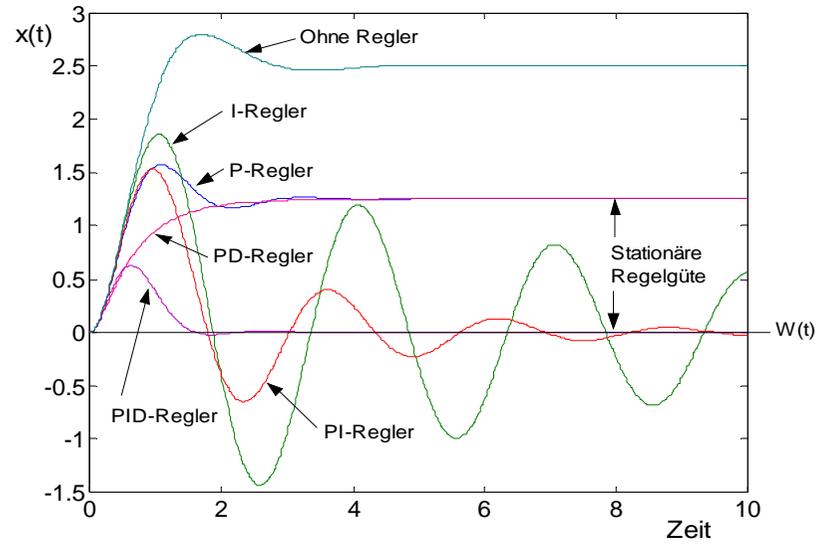


Abbildung 4-4: Dynamisches Störungsverhalten wichtiger Regler ¹

¹Tröster, F.: Steuerungs- und Regelungstechnik für Ingenieure; München, Wien: Oldenbourg, 2005