

1	Experimentelle Entwurfsverfahren für Strecken mit Ausgleich	2
1.1	Summenzeitverfahren nach Kuhn	2
1.2	Verfahren nach Chien, Hrones und Reswick	4
1.3	Verfahren nach Ziegler und Nichols	6
1.4	Experimentelles Einstellverfahren nach Ziegler und Nichols.....	8
1.5	Reglerentwurf nach Betragsoptimum	9

Experimentelle Entwurfsverfahren für Strecken mit Ausgleich

Mit den nachfolgend vorgestellten experimentellen Reglerentwurfsverfahren lassen sich Regelparameter ohne großen mathematischen Aufwand anhand der Sprungfunktion oder anhand des Verhaltens des geschlossenen Regelkreises ermitteln.

1.1 Summenzeitverfahren nach Kuhn

Da ein P-Regler eine bleibende Regelabweichung mit sich bringt und im Regelbetrieb somit nicht der Sollwert w und damit \hat{y} erreicht werden würde, lassen sich über das Summenzeitverfahren nur PI- und PID Regler entwerfen.

Vorraussetzung:

Das Summenzeitverfahren ist nur für Regelstrecken anwendbar dessen Sprungantwort keine Totzeit aufweist, die Sprungantwort der Strecke also unmittelbar mit dem Eingangssprung beginnt (Abbildung 0-1).

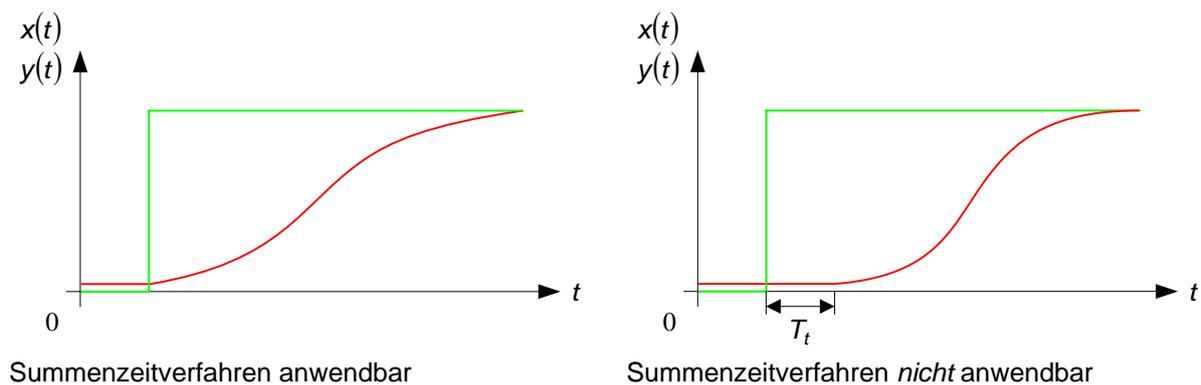


Abbildung 0-1

Reglerparameter	Normaler Regelverlauf (kein Überschwingen)			Schneller Regelverlauf (20% Überschwingen)		
	K_R	T_N	T_V	K_R	T_N	T_V
PI- Regler	$\frac{0,5}{K_S}$	$0,5 \cdot T_\Sigma$	–	$\frac{1}{K_S}$	$0,7 \cdot T_\Sigma$	–
PID- Regler	$\frac{1}{K_S}$	$0,667 \cdot T_\Sigma$	$0,167 \cdot T_\Sigma$	$\frac{2}{K_S}$	$0,8 \cdot T_\Sigma$	$0,194 \cdot T_\Sigma$

Tabelle 0-1: Reglereinstellung nach Kuhn

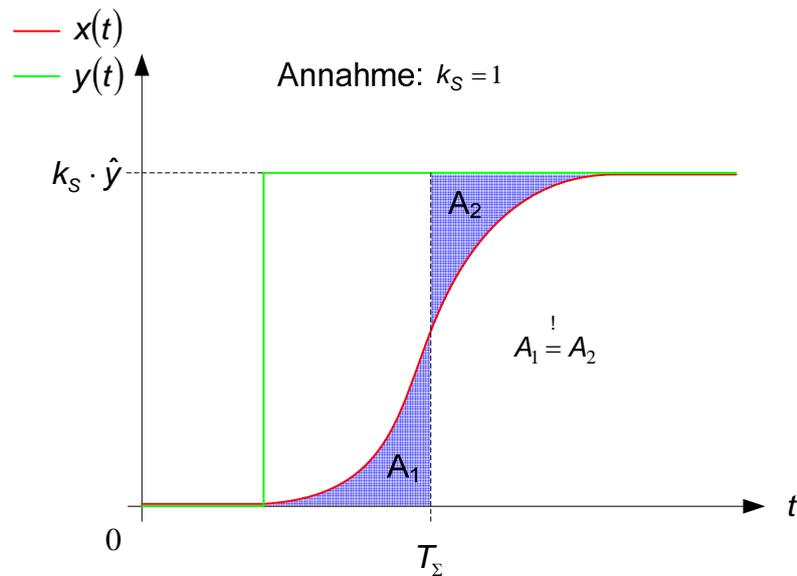


Abbildung 0-2

Vorgehensweise:

- 1) Stellwertsprung auf die Regelstrecke geben.
- 2) Sprungantwort der Strecke aufnehmen.
- 3) Summenzeitkonstante ermitteln und statische Streckenverstärkung für $t \rightarrow \infty$ ablesen.
- 4) Zum bestimmen der Summenzeitkonstante T_Σ eine Gerade orthogonal zur Zeitachse solange verschieben bis die unter Abbildung 0-2 dargestellte Flächengleichheit gegeben ist. Der Schnittpunkt mit der Zeitachse ergibt die Summenzeitkonstante.
- 5) Reglerparameter nach Tabelle 0-1 ermitteln.

1.2 Verfahren nach Chien, Hrones und Reswick

Vorraussetzung:

Die Schwierigkeit der Regelstrecke muss $< 0,33$ sein: $S = \frac{T_u}{T_g} < 0,33$.

Regler	Parameter	Aperiodischer Verlauf bei		Kürzeste Ausregelzeit bei	
		Störung	Führung	Störung	Führung
P- Regler	K_R	$0,3 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,3 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,7 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,7 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$
PI- Regler	K_R	$0,6 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,35 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,7 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,6 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$
	T_N	$4 \cdot T_u$	$1,2 \cdot T_g$	$2,3 \cdot T_u$	T_g
PID- Regler	K_R	$0,95 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,6 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$1,2 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$	$0,95 \cdot \frac{1}{K_S} \cdot \frac{T_g}{T_u}$
	T_N	$2,4 \cdot T_u$	T_g	$2 \cdot T_u$	$1,35 \cdot T_g$
	T_V	$0,42 \cdot T_u$	$0,5 \cdot T_u$	$0,42 \cdot T_u$	$0,47 \cdot T_u$

Tabelle 0-2

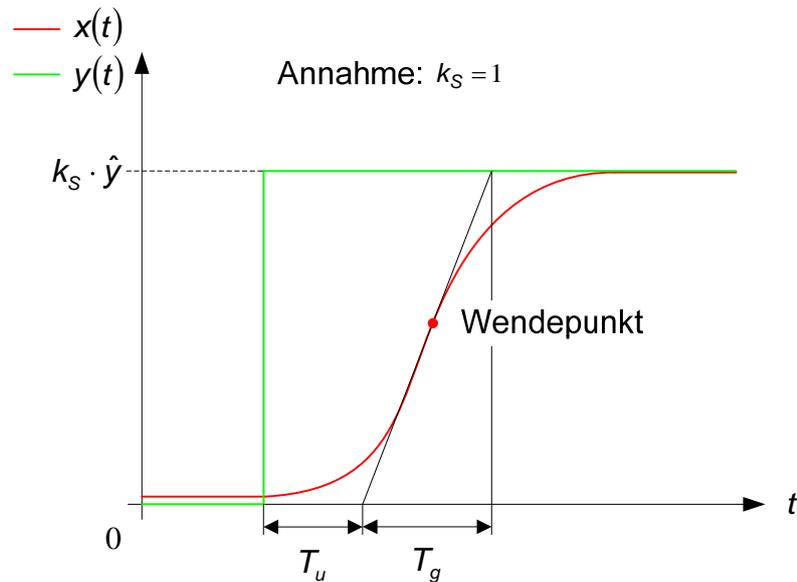


Abbildung 0-3

Vorgehensweise:

- 1) Stellwertsprung auf die Regelstrecke geben.
- 2) Sprungantwort der Strecke aufnehmen.
- 3) Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort anlegen und an den Schnittpunkten mit $\dot{x}(t) = 0$ die Verzugszeit T_v und mit \hat{x} die Ausgleichszeit T_g ablesen (Abbildung 0-3).
- 4) statische Streckenverstärkung k_S für $t \rightarrow \infty$ ablesen (Abbildung 0-3).
- 5) Reglerparameter nach Tabelle 0-2 ermitteln

1.3 Verfahren nach Ziegler und Nichols

Das Verfahren von Ziegler Nichols stellt eine Regelstrecke n-ter Ordnung als eine Reihenschaltung aus einem Totzeitglied und einem Verzögerungsglied 1. Ordnung dar (Abbildung 0-4).

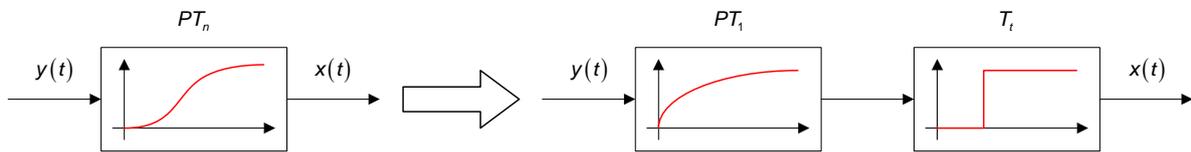


Abbildung 0-4 Darstellung eines Verzögerungsgliedes n-ter Ordnung durch ein Totzeitglied und ein Verzögerungsglied 1. Ordnung

Regler	K_R	T_N	T_V
P- Regler	$\frac{T}{K_S \cdot T_t}$	-	-
PI- Regler	$0,9 \cdot \frac{T}{K_S \cdot T_t}$	$3,3 \cdot T_t$	-
PID- Regler	$1,2 \cdot \frac{T}{K_S \cdot T_t}$	$2 \cdot T_t$	$0,5 \cdot T_t$

Tabelle 0-3

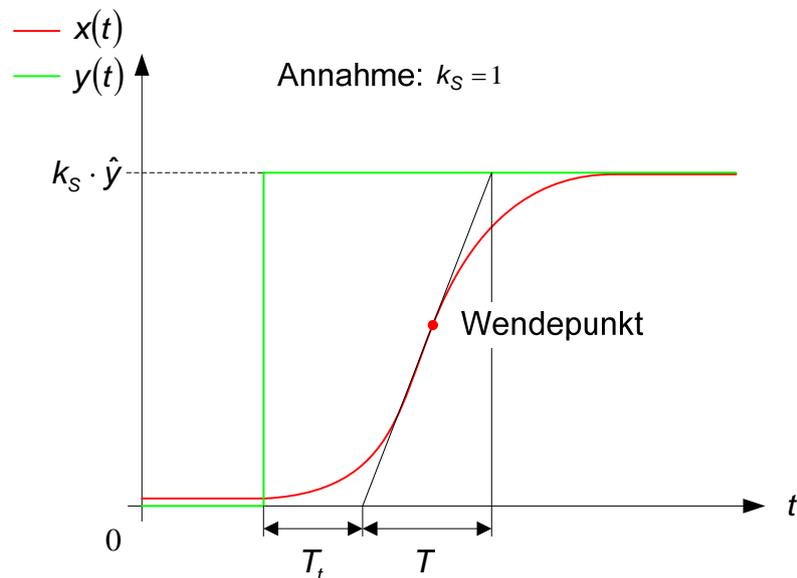


Abbildung 0-5

Vorgehensweise:

- 1) Stellwertsprung auf die Regelstrecke geben.
- 2) Sprungantwort der Strecke aufnehmen.
- 3) Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort anlegen und an den Schnittpunkten mit $\dot{x}(t) = 0$ die Verzugszeit T_v und mit \hat{x} die Ausgleichszeit T_g ablesen (Abbildung 0-5).
- 4) statische Streckenverstärkung k_S für $t \rightarrow \infty$ ablesen (Abbildung 0-5).
- 5) Reglerparameter nach Tabelle 0-3 ermitteln.

1.4 Experimentelles Einstellverfahren nach Ziegler und Nichols

Die Anwendung dieses Verfahrens ist er unüblich da es selten möglich ist ein System an seine Stabilitätsgrenze zu bringen.

Regler	K_R	T_N	T_V
P- Regler	$0,5 \cdot K_{R \text{ kritisch}}$	–	–
PI- Regler	$0,45 \cdot K_{R \text{ kritisch}}$	$0,83 \cdot T_{\text{kritisch}}$	–
PID- Regler	$0,6 \cdot K_{R \text{ kritisch}}$	$0,5 \cdot T_{\text{kritisch}}$	$0,125 \cdot T_{\text{kritisch}}$

Tabelle 0-4

Vorgehensweise:

- 1) *Regelkreis schließen*
- 2) *Regler als P- Regler einstellen*
- 3) *Reglerverstärkung K_R erhöhen bis Dauerschwingung eintritt (Stabilitätsgrenze)*
- 4) *Die Werte $K_{R, \text{kritisch}}$ und T_{kritisch} ermitteln*
- 5) *Errechnen der Regelparameter nach Tabelle 0-4*

1.5 Reglerentwurf nach Betragsoptimum

Regler	K_R	T_N	T_V
P- Regler	$\frac{1}{K_S} \cdot \frac{\left(\frac{T_g}{T_u}\right)^2}{1 + \frac{2 \cdot T_g}{T_u}}$	-	-
PI- Regler	$\frac{1}{K_S} \cdot \left(\frac{T_g}{2 \cdot T_u} + \frac{T_g}{12 \cdot T_u}\right)$	$T_g + \frac{T_g \cdot T_u^2}{6 \cdot T_g^2}$	-
PID- Regler	$\frac{1}{K_S} \cdot \left(\frac{3 \cdot T_g}{4 \cdot T_u} + \frac{1}{4} + \frac{T_g}{80 \cdot T_u}\right)$	$T_g + \frac{T_u}{3}$	$\frac{T_g}{4} + \frac{T_g \cdot T_u}{80 \cdot T_g^2}$

Tabelle 0-5

Vorgehensweise:

- 1) Stellwertsprung auf die Regelstrecke geben.
- 2) Sprungantwort der Strecke aufnehmen.
- 3) Tangente im Wendepunkt der Sprungantwort anlegen und an den Schnittpunkten mit $x(t) = 0$ die Verzugszeit T_u und mit \hat{x} die Ausgleichszeit T_g ablesen (Abbildung 0-3).
- 4) statische Streckenverstärkung k_S für $t \rightarrow \infty$ ablesen (Abbildung 0-3).
- 5) Reglerparameter nach Tabelle 0-5 ermitteln