Nomogramme

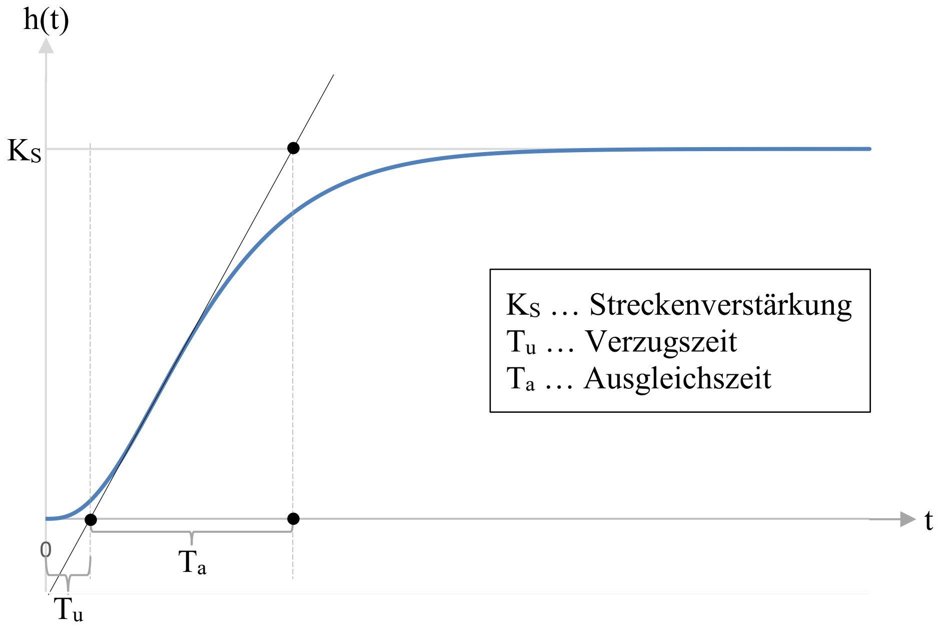
für den Versuch

Kennwertermittlung

Approximation von Regelstrecken,
deren Übergangsfunktion h(t) - experimentell aufgenommen - vorliegt.

1 Stetig lineare, nichtschwingende, proportionale Regelstrecke mit Verzögerungen n-ter Ordnung (P-T_n-Strecken)

1.1 Wendetangentenverfahren



1.1.1 Approximation an eine P-T_1-T_t-Strecke

a) Einfache Form:

Vorgehensweise:

- Verstärkung $\mathbf{K_S}$ ermitteln

  $K_S = \frac{\Delta x_a}{\Delta x_e}$

- T_u und T_a mittels Wendetangente bestimmen
- $T_t := T_u$
- $T_1 := T_a$

$G(s) = \frac{K_S \cdot e^{-sT_t}}{1+sT_1}$
$h(t) = \begin{cases} 0 & ; \text{für } t < T_t \\ K_S \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-T_t}{T_1}}\right) & ; \text{für } t \geq T_t \end{cases}$

b) Analytische Form:

Vorgehensweise:

- Wahl zweier Punkte $P_1=\{t_1;h(t_1)\}$ und $P_1=\{t_2;h(t_2)\}$, für die die Approximation exakt sein soll
- Berechnung:

$$T_1 = \frac{t_1 - t_2}{\ln\left(1 - \frac{h(t_2)}{K_S}\right) - \ln\left(1 - \frac{h(t_1)}{K_S}\right)}$$

$$T_t = t_1 + T_1 \cdot \ln\left(1 - \frac{h(t_1)}{K_S}\right) \quad \textit{oder} \quad t_2 + T_1 \cdot \ln\left(1 - \frac{h(t_2)}{K_S}\right)$$

- G(s) bzw. h(t): siehe oben

1.1.2 Approximation an eine P-T_n-Strecke mit gleichen Zeitkonstanten

Vorgehensweise:

- Verstärkung $\mathbf{K_S}$ ermitteln
- $\frac{\mathbf{T_a}}{\mathbf{T_u}}$ mittels Wendetangente bestimmen
- Grad der Verzögerung **n** aus folgender Tabelle ermitteln:

$\frac{T_a}{T_u}$	∞	9,65	4,59	3,13	2,44	2,03	1,75	1,56	1,41	1,29
n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

- $\frac{\mathbf{T_a}}{\mathbf{T_1}}$ aus Tabelle entnehmen:

n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
$\frac{T_a}{T_1}$	1	2,72	3,69	4,45	5,12	5,70	6,23	6,71	7,16	7,59

- $\mathbf{T_1}$ berechnen

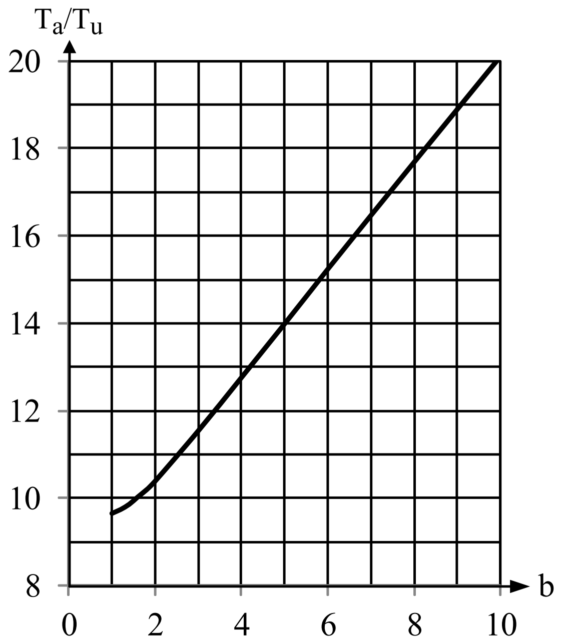
$$G(s) = \frac{K_S}{(1+sT_1)^n}$$

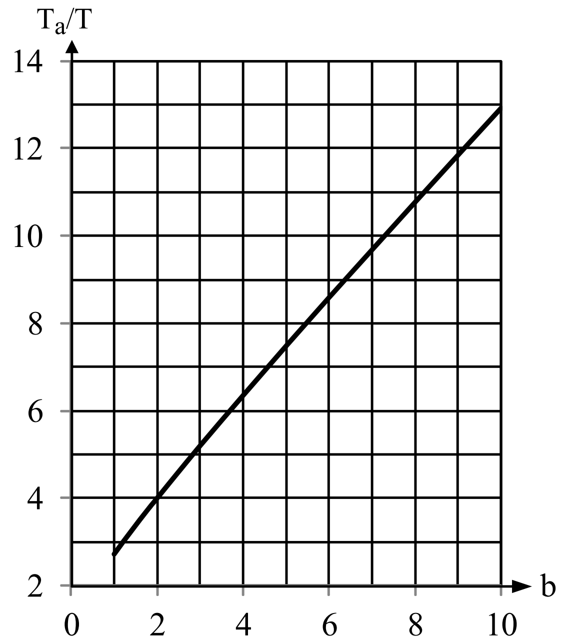
$$h(t) = \begin{cases} 0 & ; \text{für } t < T_t \\ K_S \cdot \left\{1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} \left[\frac{1}{k!} \cdot \left(\frac{t}{T_1}\right)^k\right]\right\} & ; \text{für } t \geq T_t \end{cases}$$ [1]

[1] *k!* bedeutet Fakultät von *k*.

1.1.3 Approximation an P-T_n-Strecke mit verschiedenen Zeitkonstanten

a) P-T_2-Strecke (geeignet für $T_a/T_u > 9{,}65$)





T_a/T_u → →b→ b→ →T_a/T→ →T

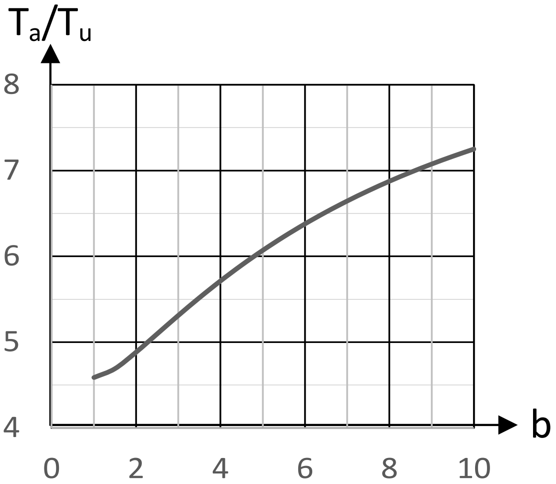
Vorgehensweise:

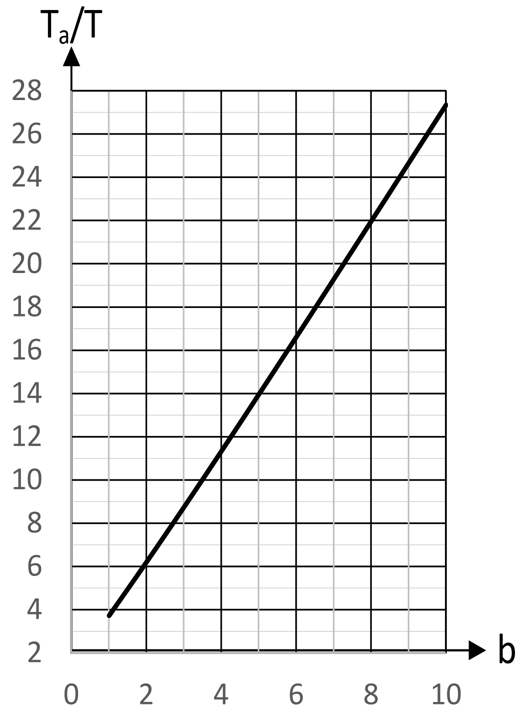
- ☞ Verstärkung $\mathbf{K_S}$ ermitteln
- ☞ $\frac{\mathbf{T_a}}{\mathbf{T_u}}$ mittels Wendetangente bestimmen
- ☞ mit $\frac{\mathbf{T_a}}{\mathbf{T_u}}$ aus linkem Nomogramm Faktor **b** ermitteln:
- ☞ mit b aus rechtem Nomogramm $\frac{\mathbf{T_a}}{\mathbf{T}}$ ermitteln
- ☞ **T** berechnen
- ☞ $\mathbf{T_1} = \mathrm{T}$
- ☞ $\mathbf{T_2} = \mathrm{b} \cdot \mathrm{T}$

$$G(s) = \frac{K_S}{(1+sT_1)\cdot(1+sT_2)}$$

$$h(t) = \begin{cases} 0 & ;\text{für } t < T_t \\ K_S \cdot \left(1 - \frac{b}{b-1} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{1}{b-1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}\right) & ;\text{für } t \geq T_t \end{cases}$$

b) P-T3-Strecke (geeignet für $4{,}59 < T_a/T_u < 7{,}25$)





T_a/T_u→ →b→ b→ →T_a/T→ →T

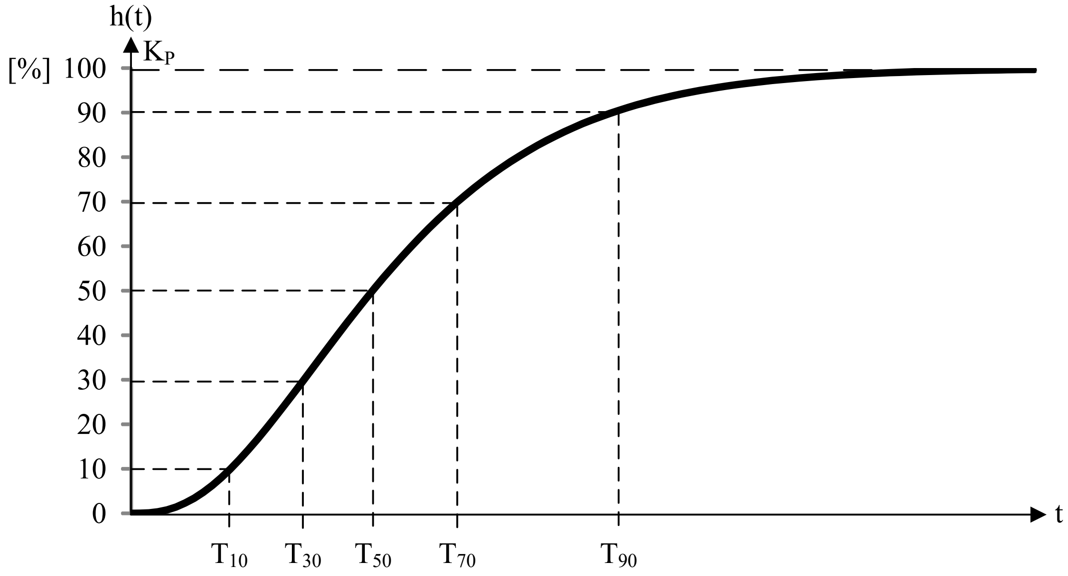
Vorgehensweise:

- ☞ Verstärkung **K_S** ermitteln
- ☞ $\mathbf{\frac{T_a}{T_u}}$ mittels Wendetangente bestimmen
- ☞ mit $\mathbf{\frac{T_a}{T_u}}$ aus linkem Nomogramm Faktor **b** ermitteln:
- ☞ mit **b** aus rechtem Nomogramm $\mathbf{\frac{T_a}{T}}$ ermitteln
- ☞ **T** berechnen
- ☞ $\mathbf{T_1} = T$; $\mathbf{T_2} = b \cdot T$

$$G(s) = \frac{K_S}{(1+sT_1)\cdot(1+sT_2)^2}$$

$$h(t) = \begin{cases} 0 & ;(t < T_t) \\ K_S \cdot \left\{1 - \frac{1}{(b-1)^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \left[\frac{b\cdot(b-2)}{(b-1)^2} + \frac{t}{T_1\cdot(b-1)}\right] \cdot e^{-\frac{t}{b\cdot T_2}}\right\} & ;(t \geq T_t) \end{cases}$$

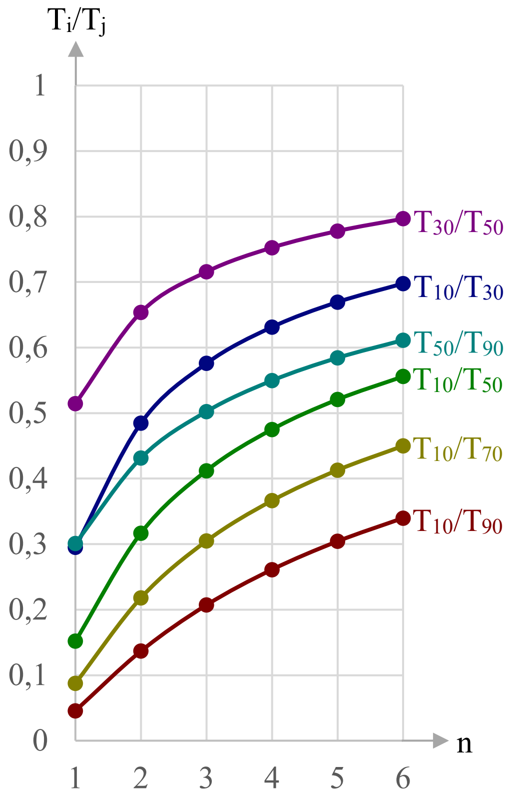
1.2 Zeitprozentkennwertverfahren

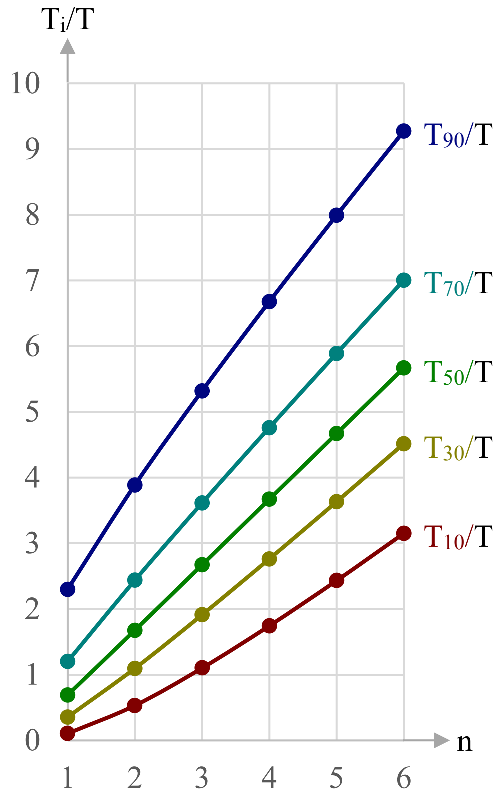


Vorgehensweise:

- K_S ermitteln
- Zeitkonstanten aus Sprungantwort bestimmen (T_{10}, T_{30}, T_{50}, T_{70} bzw. T_{90})
- Quotienten bilden (z.B. T_{10}/ T_{90})
- Mit Hilfe der Nomogramme auf den folgenden Seiten bestimmen:
  - bei gleichen Zeitkonstanten: n (Ordnung der Verzögerung)
  - bei verschiedenen Zeitkonstanten: b (Quotient aus T_2 und T_1)
- Mit n bzw. b aus zweitem Nomogramm T_i/T bestimmen
- Zeitkonstanten berechnen

1.2.1 Approximation an P-Tn-Strecke mit gleichen Zeitkonstanten





→ T_i/T_j →n [2] → n;i → T_i/T → T

☞ $\mathbf{T_1} := \mathrm{T}$

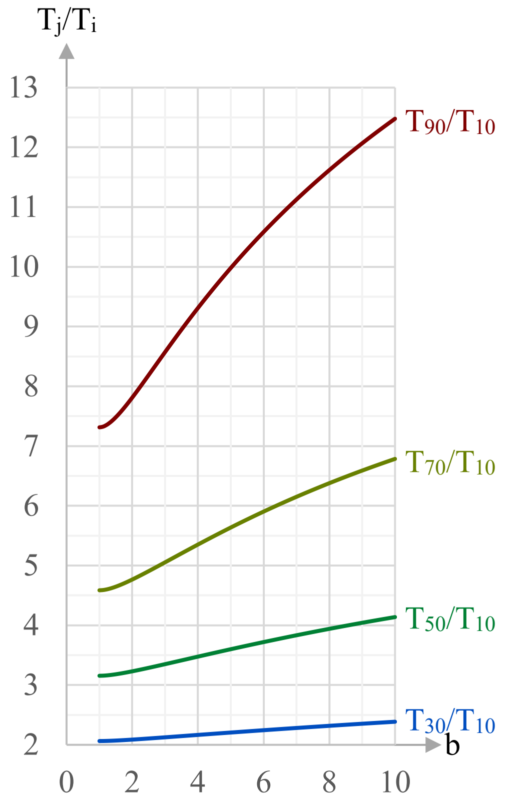
$$G(s) = \frac{K_S}{(1+sT_1)^n}$$

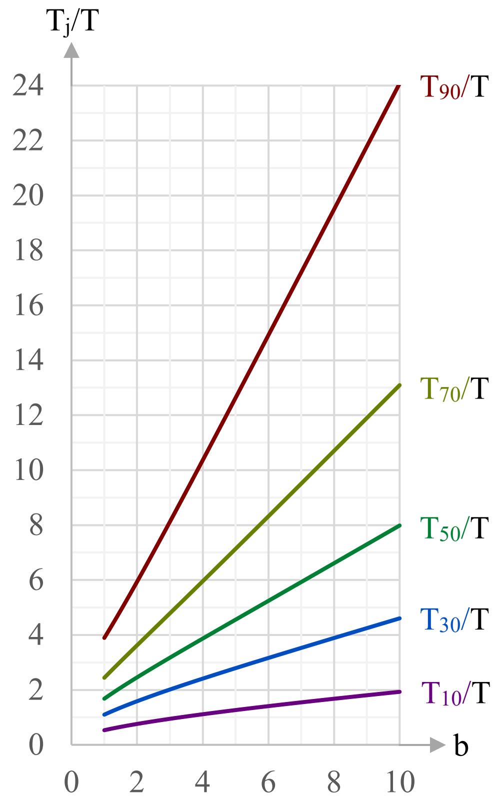
$$h(t) = \begin{cases} 0 & ; \text{für } t < T_t \\ K_S \cdot \left\{1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \cdot \sum_{k=0}^{n-1} \left[\frac{1}{k!} \cdot \left(\frac{t}{T_1}\right)^k\right]\right\} & ; \text{für } t \geq T_t \end{cases}$$ [3]

[2] n gibt die Anzahl der Verzögerungsglieder der Regelstrecke (Speicher) wieder und muss folglich immer ganzzahlig sein! Praktisch bedeutet dies, dass, sollte der Quotient T_i/T_j nicht auf einem der Punkte der Kurve im linken Nomogramm liegen, Sie sich für den nächstliegenden Punkt auf der Kurve und damit einen ganzzahligen Wert für n entscheiden müssen.

[3] *k!* bedeutet Fakultät von k.

1.2.2 Approximation an P-T2-Strecke mit verschiedenen Zeitkonstanten





→ T_j/T_i →b → b;j → T_j/T → T

- $\mathbf{T_1} := \mathrm{T}$
- $\mathbf{T_2} := \mathrm{b} \cdot \mathrm{T}$

$$G(s) = \frac{K_S}{(1+sT_1)\cdot(1+sT_2)}$$

$$h(t) = \begin{cases} 0 & ;\text{für } t < T_t \\ K_S \cdot \left(1 - \frac{b}{b-1} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{1}{b-1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}\right) & ;\text{für } t \geq T_t \end{cases}$$