

## Versuch 2

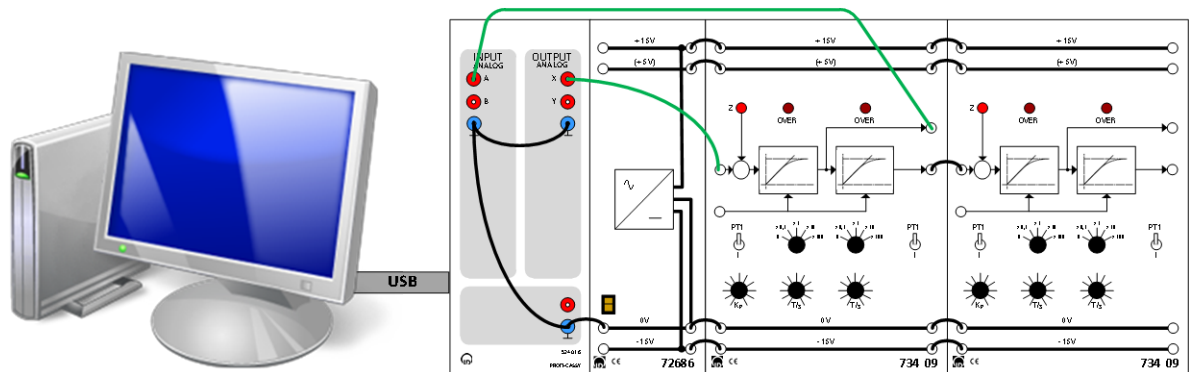
### Kennwertermittlung an Regelstrecken mit Ausgleich

Das Arbeitsziel ist das Kennenlernen unterschiedlicher grafischer Methoden zur experimentellen Modellbildung im Zeitbereich an Regelstrecken mit Ausgleich.

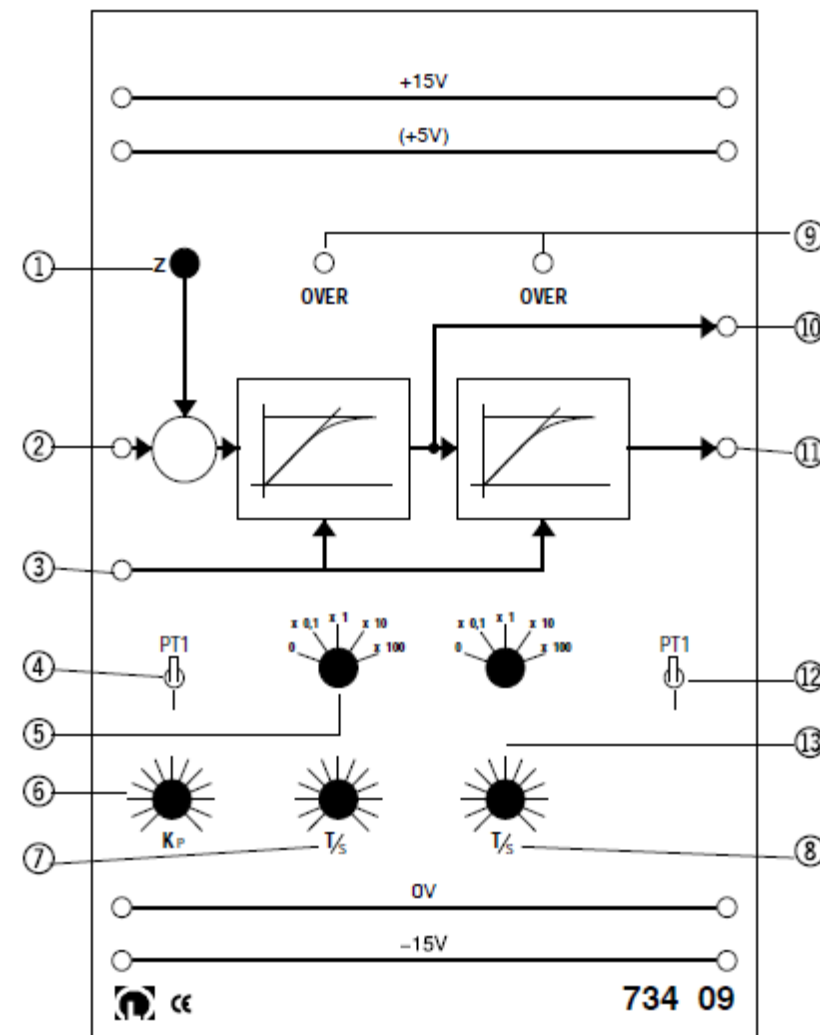
#### 1. Versuchsaufbau

Zur Simulation der Regelstrecken steht Ihnen eine Versuchsanordnung mit zwei Simulationsboards, mit je zwei  $PT_1$ -Gliedern zur Verfügung. Eingang und Ausgang der Regelstrecke sind über die Schnittstelle PROFI-CASSY der Firma LD-Didactic via USB-Kabel mit einem PC verbunden. Die Ausgangsspannung der Regelstrecke wird zusätzlich an einem Voltmeter angezeigt. Die Ansteuerung der Regelstrecke sowie die Aufnahme der Sprungantworten erfolgt mit Hilfe der Software WinFACT des Ingenieurbüro Kahlert.

Eine kostenlose Demo-Version der im Labor verwendeten Software WinFACT steht Ihnen auf der Seite <http://www.kahlert.com/web/download.php#demos> zum Download zur Verfügung.



Die Abbildung zeigt das Simulationsboard. Quelle (Bild und Text): LD-Didactic



Die Streckennachbildung enthält zwei einstellbare Zeitverzögerungsglieder in Form von Speichern, die mit den Schaltern **4** bzw. **12** auch als Integratoren geschaltet werden können.

Die Verstärkung der Strecke  $K_P$  kann mit dem Steller **6** von 0,2 bis 1,5 eingestellt werden.

Die Verzögerungs- oder Nachführzeiten, gemessen in Sekunden, werden mit Schalter **5** bzw. **13** grob in Stufen 0, x0,1, x1, x10, x100 und mit Steller **7** bzw. **8** fein von 1 bis 10 eingestellt.

Die Stellgröße  $y$  wird am Eingang **2** dem Summierpunkt zugeführt. Mit dem Taster **1** kann eine Störgröße  $z$  von  $U = +2V$  DC aufgegeben werden.

Die LED's **9** leuchten, wenn die Glieder in die Übersteuerung geraten sind. Dies ist beim Betrieb als Integratoren wichtig.

Über den Eingang **3** kann den elektronischen Schaltern der Integratoren das Reset-Signal zugeführt werden, damit wieder die Startbedingung geschaffen ist.

An den Ausgängen **10** und **11** können die Ausgangsspannungen bei Streckennachbildungen mit einem bzw. zwei Speichern gemessen werden

## 2. Versuchsvorbereitung

☞ Das Kolloquium zur Versuchsvorbereitung erfolgt mündlich in der Gruppe.  
Diskutiert werden die Zeichnung und die ermittelten Parameter in der Ergebnistabelle.

1. Grundlage für einen systematischen Reglerentwurf ist die Kenntnis des statischen und dynamischen Verhaltens der Regelstrecke. Sind Struktur und Parameter des Regelstreckenmodells nicht bekannt, müssen sie experimentell ermittelt werden.

Eine praktikable Methode ist die Analyse der Sprungantwort. Hierbei wird der Wert der Eingangsgröße einer Regelstrecke sprunghaft verändert, und der daraus resultierende zeitliche Verlauf der Ausgangsgröße erfasst.

Mithilfe von grafischen Näherungsverfahren lässt sich aus der Sprungantwort als mathematisches Modell für die Regelstrecke eine Übertragungsfunktion  $G(s)$  mit den zugehörigen Parametern gewinnen. Bei Anwendung verschiedener Näherungsverfahren können die gefundenen Übertragungsfunktionen voneinander abweichen.

Eine Sonderform der Sprungantwort ist die Übergangsfunktion  $h(t)$ , als Antwort der Regelstrecke auf den Einheitssprung. Diese lässt sich aus einer gemessenen Sprungantwort mit beliebigem Eingangssprung ermitteln, indem man die Messwerte auf die Höhe des Eingangsprungs normiert.

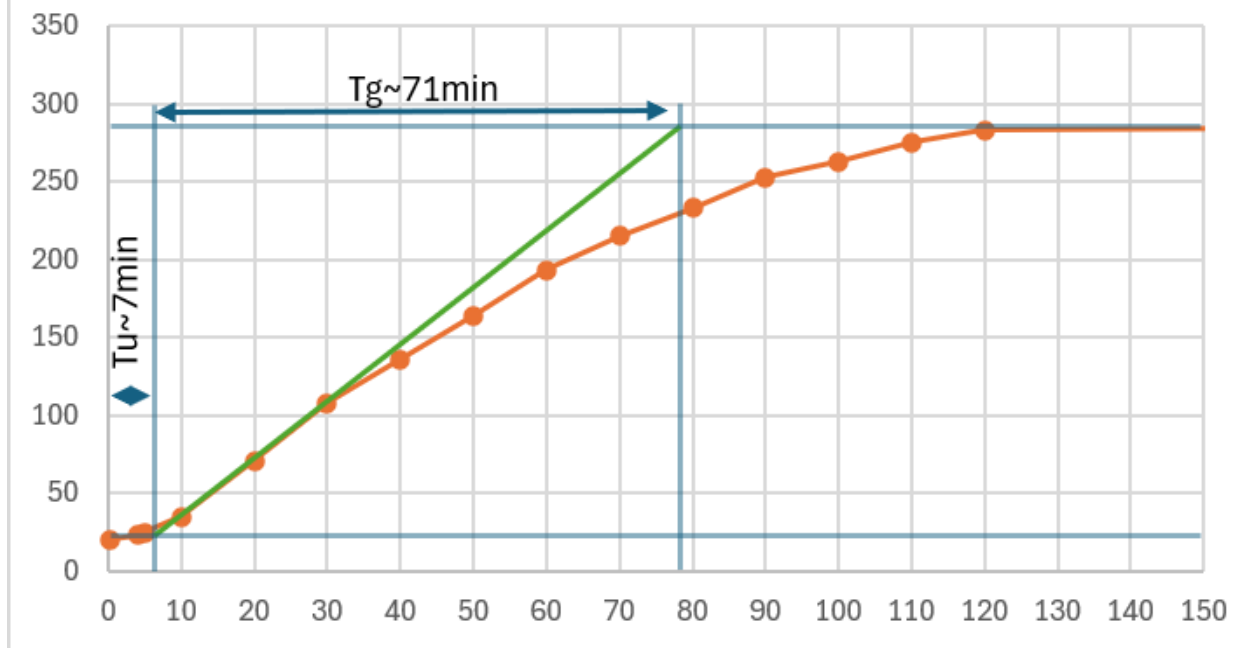
Auf eine Temperaturregelstrecke wurde ein Eingangssprung  $[x_e(t>0) = 80 \text{ W}]$  geschaltet. Dabei wurden am Streckenausgang folgende Messwerte aufgenommen:

t/min	0..3	4	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	$\infty$
$x_a/^\circ\text{C}$	20	23	25	35	71	108	136	164	193	215	233	253	263	275	283	305

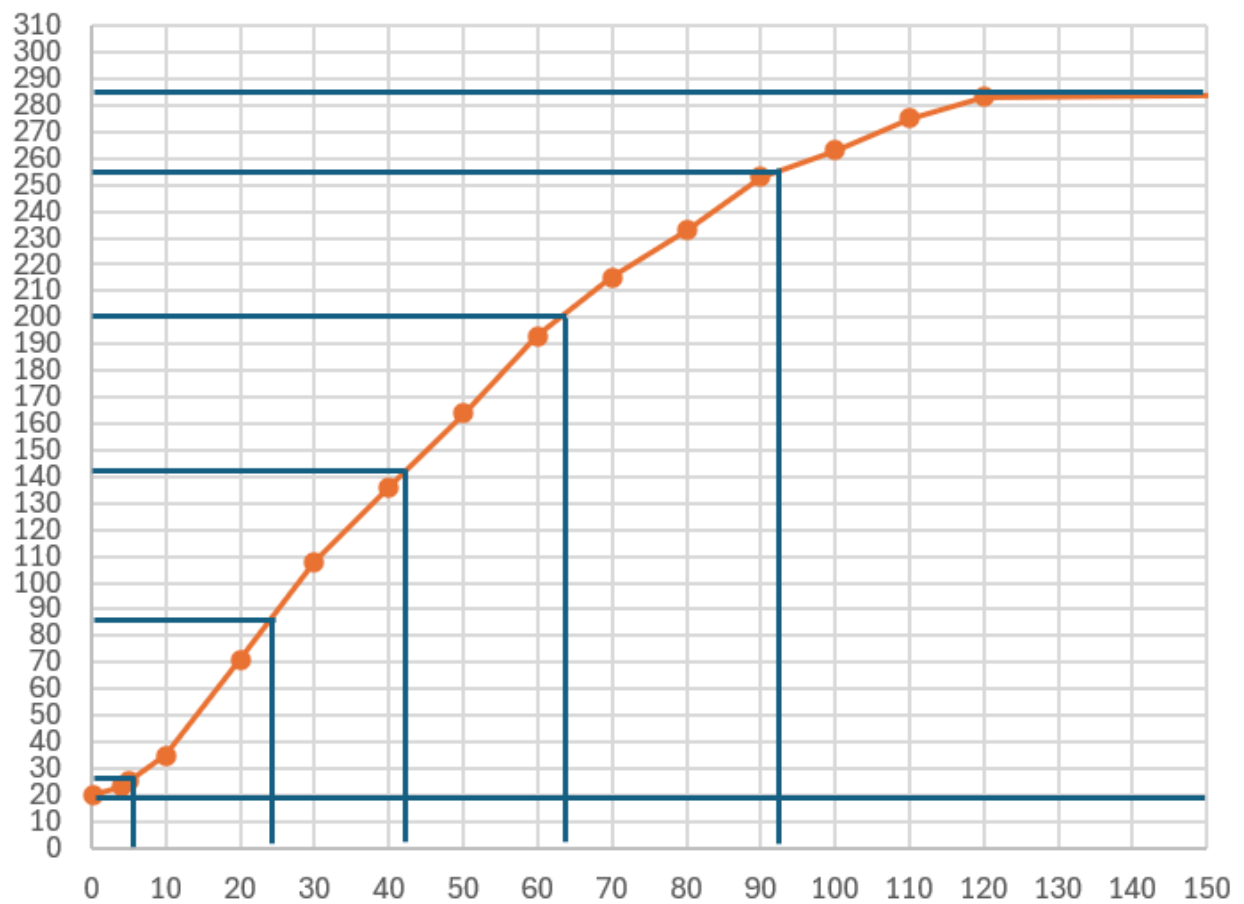
Ermitteln Sie aus der grafischen Darstellung dieser Messwerte für jedes der fünf nachfolgend angegebenen Verfahren, aus den Nomogrammen die Parameter der Übertragungsfunktion und tragen sie diese in die Tabelle ein. Wenn die Zeichnung richtig angefertigt wurde, sollten sich  $k_p = 3,6$ ;  $T_u \approx 7 \text{ min}$ ,  $T_g \approx 78 \text{ min}$  ermitteln lassen.

a) Approximation als <b><math>PT_1</math>-<math>T_t</math>-Strecke</b> Wendetangentenverfahren	$K_p = 3,6$	$T_t: 7\text{min}$	$T: 71\text{min}$
b) Approximation als P- $T_n$ -Strecke mit <b>gleichen</b> Zeitkonstanten (Wendetangentenverfahren)	$K_p = 3,6$	$T:$	$n:$
c) Approximation als P- $T_n$ -Strecke mit <b>gleichen</b> Zeitkonstanten (Zeitprozentkennwertverfahren)	$K_p = 3,6$	$T:$	$n:$
d) Approximation als P- $T_n$ -Strecke mit <b>verschiedenen</b> Zeitkonstanten (Wendetangentenverfahren)	$K_p = 3,6$	$T1:$	$T2:$
e) Approximation als P- $T_n$ -Strecke mit <b>verschiedenen</b> Zeitkonstanten (Zeitprozentkennwertverfahren)	$K_p = 3,6$	$T1:$	$T2:$

## Temperaturregelstrecke



## Temperaturregelstrecke

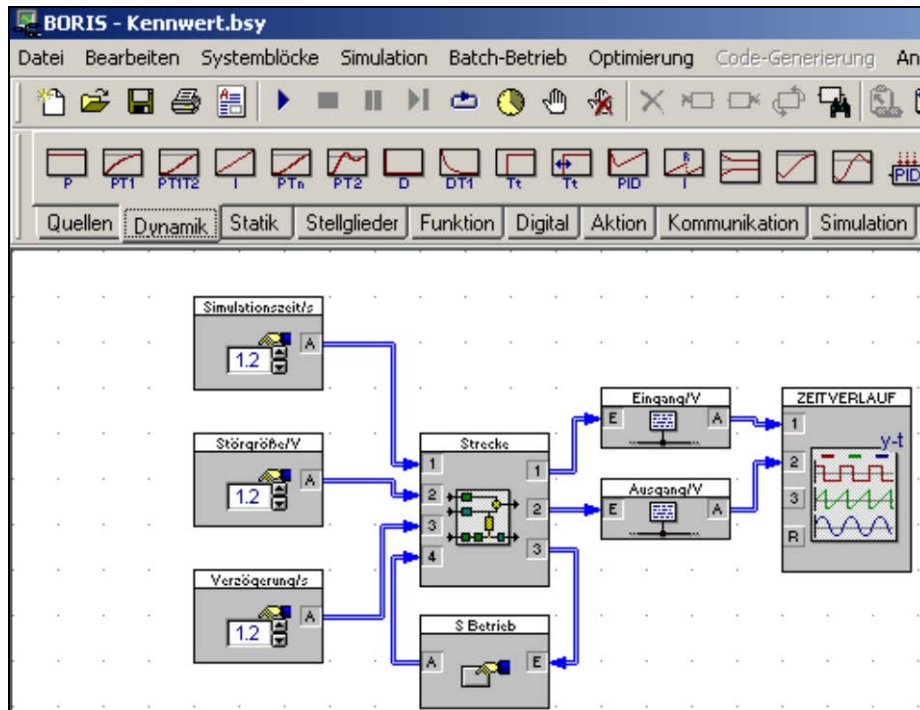




- Studieren Sie die folgenden Hinweise zur Bedienung des Programms BORIS. Die Software BORIS (**B**lock**o**rientierte **S**imulation von Regelkreisen) ist Bestandteil des Softwarepakets WinFACT, das vom Ingenieurbüro Dr. Kahlert entwickelt wurde.

I.d.R. wird zu Beginn des Versuchs auf Ihrem Arbeitsplatz-Rechner die WinFACT-Anwendung **Kennwertermittlung** bereits gestartet worden sein. Falls nicht, gehen Sie bitte wie folgt vor:

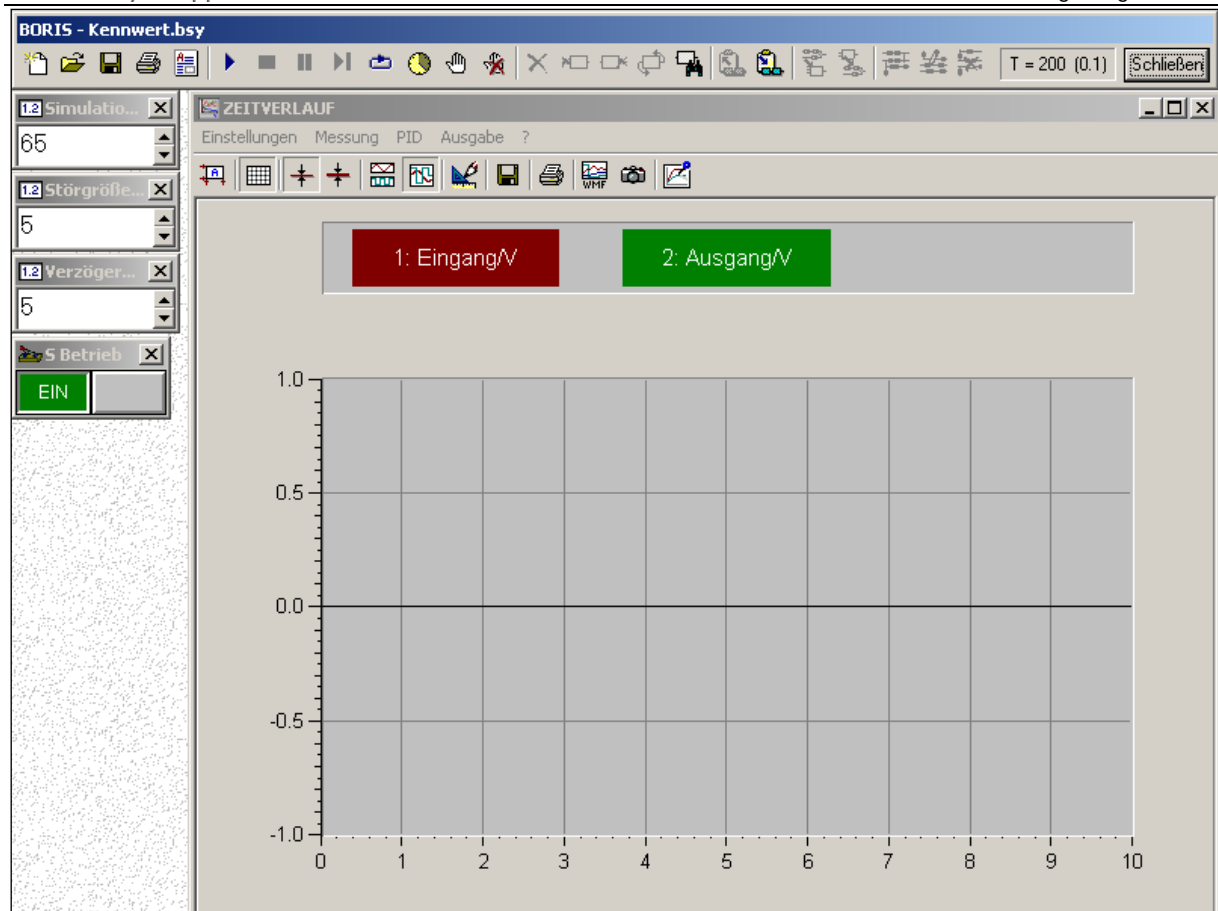
Nach dem Hochlaufen des Arbeitsplatzrechners und dem Einschalten der Stromversorgung für das Simulationsmodell starten Sie die Anwendung **Kennwertermittlung** durch Doppelklick auf das entsprechende Desktopsymbol! Nachfolgendes Blockschaltbild erscheint:



Der Block **Strecke** stellt die Schnittstelle zu Ihrer Regelstrecke dar. Die links davon platzierten Blöcke dienen der Eingabe von Werten für die **Simulationsdauer** (in s), die **Störgröße** (in V) und die **Verzögerung der Störgröße** (in s). Mit Hilfe des Schalters **S Betrieb** kann man zwischen dem normalen Betriebsmodus (**EIN**) und dem Stopp-Modus (**AUS**), in dem die Spannung am Regelstreckeneingang abgeschaltet wird, umschalten. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn der Simulationsvorgang abgebrochen werden muss. Wird vor Abbruch der Simulation nicht der Stopp-Modus eingeschaltet, bleibt nach dem Abbruch der letzte am Eingang der Regelstrecke anliegende Spannungswert (Störgröße) bestehen, damit geht auch der Wert der Ausgangsspannung nicht auf 0V zurück.

Der Block **ZEITVERLAUF** dient zur Aufnahme, Auswertung sowie dem Ausdrucken der Messkurven.

Mit der Menüfunktion **Ansicht → Anzeigemodus wechseln** gelangen Sie in eine alternative Ansicht, in der alle notwendigen Bedien- und Anzeigeelemente dargestellt werden.

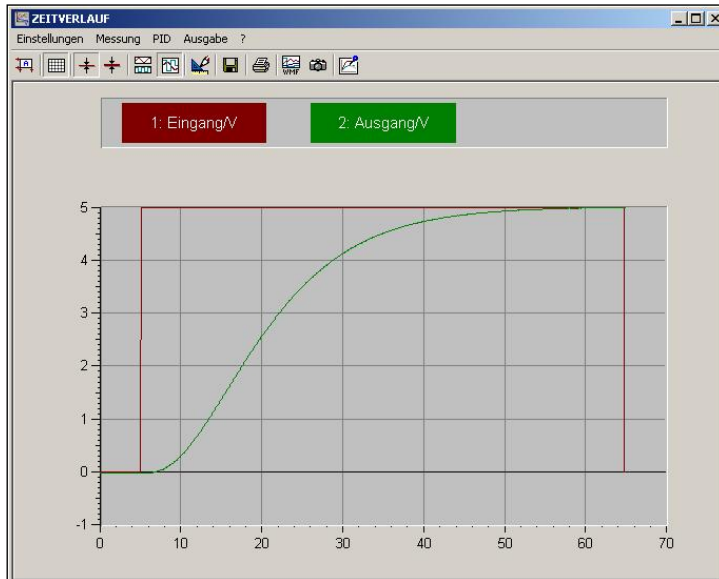


Die Werte in den Eingabefeldern (z.B. *Störgröße*) können entweder durch Direkteingabe oder durch Nutzen der beiden Scrollbuttons geändert werden. Das Umschalten in einen anderen Schaltzustand (am Schalter *S Betrieb*) erfolgt durch Klick auf die graue Schaltfläche. Der jeweils aktuelle Schaltzustand wird farbig angezeigt.




Mit nebenstehenden Funktionsbuttons lässt sich die Aufnahme der Sprungantwort starten bzw. stoppen. Normalerweise ist ein Abbrechen (Stoppen) der Simulation nicht erforderlich, da diese nach der voreingestellten Simulationszeit von 200s automatisch beendet wird. Sollte dennoch der Abbruch der Simulation erforderlich sein, so achten Sie bitte darauf, vor Betätigung des *STOP*-Buttons den Schalter *S Betrieb* in den Zustand *STOP* zu schalten (s.o.)!

Im Fenster **ZEITVERLAUF** werden die Messkurven während der Aufnahme einer Sprungantwort aufgezeichnet und stehen anschließend zur weiteren Auswertung bereit.




Durch die Menüfunktion **Einstellungen → Einstellungen...** lässt sich die Achsskalierung ändern. Zu diesem Zweck müsste allerdings die Option *manuelle Skalierung* aktiviert werden. Vor einem erneuten Simulationsdurchlauf sollte die *automatische Skalierung* wieder eingeschaltet werden.

Mit Hilfe des Buttons  kann die Skalierung jederzeit automatisch angepasst werden.

Im Messmodus (Button ) können zwei Messlineale (vertikale schwarze Linien) im Diagramm per Drag & Drop verschoben werden. Die an den Linealen gemessenen Werte der aufgezeichneten Kurven werden in einem separaten Fenster angezeigt.

Ist die Option **Messung → Tangente einzeichnen** aktiviert, werden der untere Punkt des linken Lineals und der obere Punkt des rechten Lineals zusätzlich mit einer schwarzen Gerade verbunden. Durch geschickte Wahl der Skalierung der y-Achse und Verschieben der beiden Lineale lässt sich diese Gerade an die Messkurve annähern und als Tangente zur Kennwertermittlung nutzen.

**Tipp:** Die Verwendung des Messmodus erfordert etwas Übung, ehe die Tangenten korrekt angelegt und ausgewertet werden können. Ungeübten Nutzern der Software sei daher empfohlen, die Messkurven ohne aktivierten Messmodus auszudrucken und die Tangente von Hand einzuzeichnen.

Um das Diagramm auszudrucken klicken Sie im Fenster **Zeitverlauf** auf diesen Button !



### 3. Versuchsdurchführung

Wechseln Sie in die Ansicht *Bedienen und Beobachten* (Ansicht  $\rightarrow$  Anzeigemodus wechseln)!

- Schalten Sie den Schalter **S Betrieb** in den Zustand **EIN**!
- Stellen Sie für die **Störgröße** (Eingangssignal) eine Spannung von **5V** ein!
- Wählen Sie die **Simulationsdauer** passend zu den von Ihnen gewählten Zeitkonstanten (max. 180s)!
- Nehmen Sie die Sprungantworten für nachfolgende Strecken auf und werten Sie diese wie in den nachfolgenden Abschnitten gefordert aus! Drucken Sie jede aufgenommene Messkurve aus und beschriften Sie diese mit den Vorgabewerten (Streckentyp, Kennwerte) für die Strecke!

**Hinweis:** Wählen Sie keine kleineren Zeitkonstanten als 3s.

#### 3.1. P-T<sub>1</sub>-Strecke

Ermitteln Sie aus der Sprungantwort die Übertragungsfunktion  $G(s)$  **und** die Übergangsfunktion  $h(t)$ , wählen Sie dafür eine geeignete Methode!

#### 3.2. P-T<sub>2</sub>-Strecke mit zwei gleichen Zeitkonstanten

Ermitteln Sie aus der Sprungantwort jeweils die Übertragungsfunktion  $G(s)$  **und** die Übergangsfunktion  $h(t)$  als Approximation an

- eine P-T<sub>1</sub>-T<sub>t</sub> –Strecke (Wendetangentenverfahren) **und**
- eine P-T<sub>n</sub>-Strecke mit gleichen Zeitkonstanten (mittels Wendetangentenverfahren)!

#### 3.3. P-T<sub>2</sub>-Strecke mit verschiedenen Zeitkonstanten ( $T_1=2 \cdot T_2$ )

Ermitteln Sie aus der Sprungantwort jeweils die Übertragungsfunktion  $G(s)$  **und** die Übergangsfunktion  $h(t)$  als Approximation an

- eine P-T<sub>1</sub>-T<sub>t</sub> –Strecke (Wendetangentenverfahren) **und**
- eine P-T<sub>n</sub>-Strecke mit verschied. Zeitkonstanten (mittels Zeitprozentkennwertverfahren)!

#### 3.4. P-T<sub>3</sub>-Strecke mit drei gleichen Zeitkonstanten

Ermitteln Sie aus der Sprungantwort jeweils die Übertragungsfunktion  $G(s)$  **und** die Übergangsfunktion  $h(t)$  als Approximation an

- eine P-T<sub>1</sub>-T<sub>t</sub> –Strecke (Wendetangentenverfahren) **und**
- eine P-T<sub>n</sub>-Strecke mit gleichen Zeitkonstanten (mittels Zeitprozentkennwertverfahren)!

#### 3.5. P-T<sub>3</sub>-Strecke mit verschiedenen Zeitkonstanten ( $T_1=T_2=2 \cdot T_3$ )

Ermitteln Sie aus der Sprungantwort jeweils die Übertragungsfunktion  $G(s)$  **und** die Übergangsfunktion  $h(t)$  als Approximation an

- eine P-T<sub>1</sub>-T<sub>t</sub> –Strecke (Wendetangentenverfahren) **und**
- eine P-T<sub>n</sub>-Strecke mit verschiedenen Zeitkonstanten (mittels Wendetangentenverfahren)!

#### 3.6. Zusammenfassung

Bewerten Sie Ihre Ergebnisse und diskutieren Sie aufgetretene Abweichungen gegenüber den am Simulationsmodell eingestellten Werten!