

## Versuch 1: Einführung in die Regelungstechnik

In diesem Praktikumsversuch sollen die Begriffe und das Grundprinzip der Regelungstechnik kennengelernt werden. Hierzu soll eine Drehzahlregelung eines DC-Motors analysiert und beobachtet werden.

### 1 Theoretische Grundlagen

Die Automatisierungstechnik umfasst Aufgabenstellungen aus dem Bereich der binären Steuerungstechnik und dem Bereich der Regelungstechnik. Bild 1.1 veranschaulicht die Systemanordnung der Automatisierungstechnik.

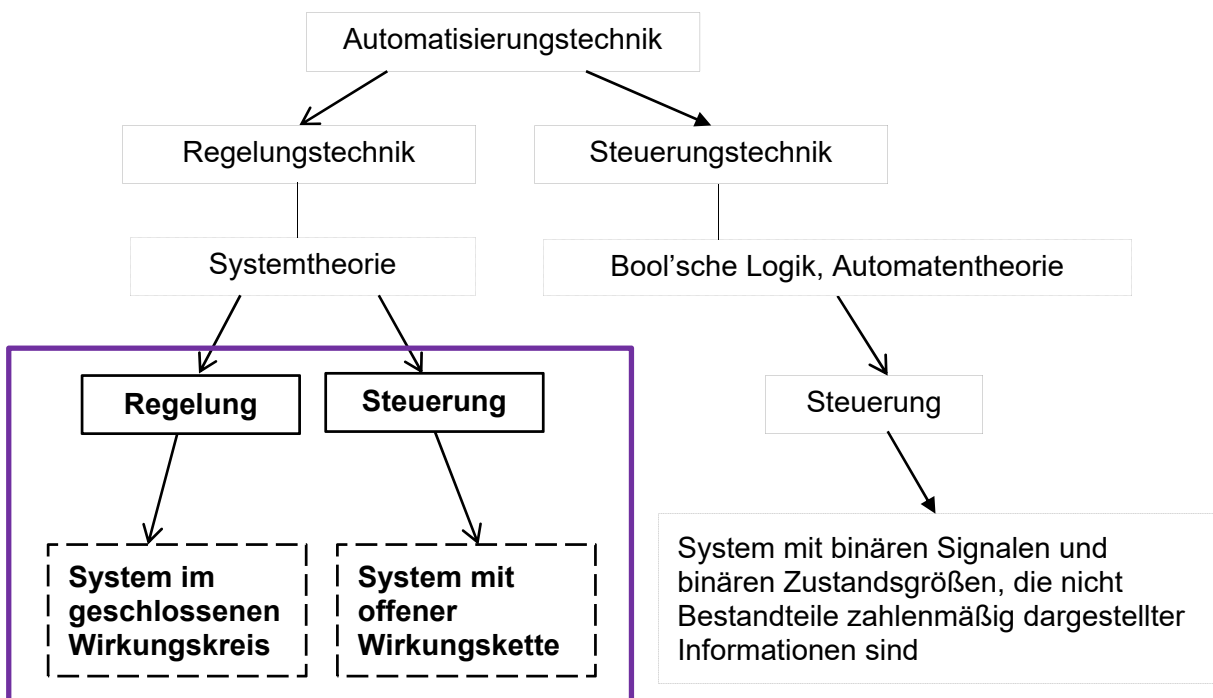
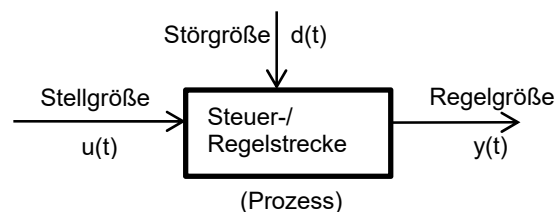


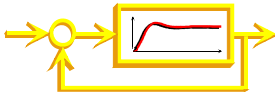
Bild 1.1: Zur Begriffsbestimmung von Steuerung und Regelung.

In diesem Versuch wird schließlich nur die Systemtheorie in der Regelungstechnik untersucht und betrachtet.

Die wichtigen Größen in der Regelungstechnik von einem Prozess:



- **Regelgröße:** die Ausgangsgröße des Prozesses  $y(t)$ , die auf einem gewünschten Wert/Verlauf gehalten werden soll.
- **Stellgröße:** die Eingangsgröße des Prozesses  $u(t)$ , durch deren Änderung die Regelgröße beeinflusst werden kann. Die Stellgröße ist die Ausgangsgröße des Reglers und damit die Eingangsgröße der zu regelnden Strecke.
- **Störgröße:** Von außen auf ein System einwirkende Größe, die die beabsichtigte Beeinflussung der Steuerung bzw. der Regelung behindert und entsprechenden Einfluss auf die Regelgröße hat.



## 1.1 Steuerung im regelungstechnischen Sinne

Bei einer Steuerung im regelungstechnischen Sinne erfolgt keine Rückkopplung der Messwerte des Prozesses. So kann der Einfluss der Störgröße nicht durch die Stellgröße kompensiert werden.

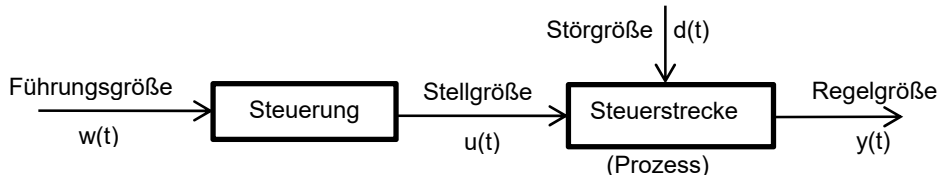


Bild 1.2: Grundstruktur einer Steuerung.

Damit in einer Steuerkette das gewünschte Ziel, Istwert folgt dem Sollwert ( $y(t) \approx w(t)$ ), erreicht wird, muss

- erstens die dynamischen Eigenschaften der Steuerstrecke genau bekannt sein. In Vorwegnahme der dynamischen Reaktion der Steuerstrecke auf die Stellgröße  $u(t)$  wird dann  $u(t)$  so gewählt, dass die Regelgröße  $y(t)$  dem zeitlichen Verlauf von der **Führungsgröße**  $w(t)$  möglichst nahe kommt.
- Zweitens darf die Steuerstrecke nicht gestört sein. Da die Steuereinrichtung (**Steuerung**) keine Informationen über die Störgröße erhält, kann sie nicht auf die Störung reagieren. Die Wirkungen der Störung übertragen sich in der Steuerkette ungemindert auf die Regelgröße.

## 1.2 Regelung im regelungstechnischen Sinne

Das Grundprinzip einer einfachen Regelung ist die negative Rückkopplung der Regelgröße  $y(t)$ . Aus ihr und der Führungsgröße  $w(t)$  wird durch Subtraktion die **Regelabweichung**  $e(t)$  gebildet. Kontinuierliche Signale werden betrachtet und die Prozesse werden gewöhnlich durch lineare dynamische Systeme beschrieben.

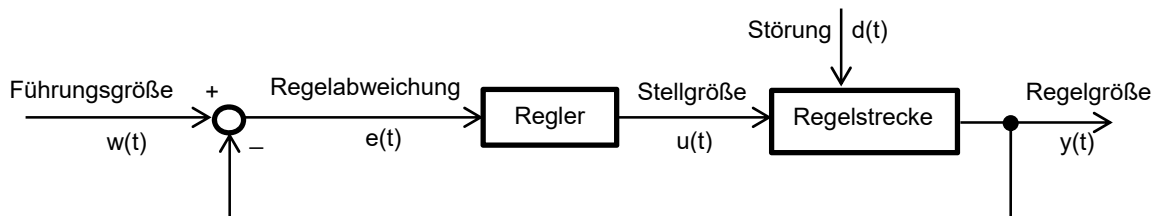


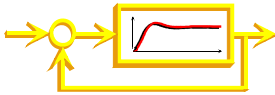
Bild 1.3: Grundstruktur einer Regelung/eines Regelkreises.

Die Regelgröße  $y(t)$  hängt von der Stellgröße  $u(t)$  und einer Störgröße  $d(t)$  ab, wobei die Störgröße nicht beeinflussbar ist. Ziel der Regelung ist es, die Regelgröße einer vorgegebenen Führungsgröße  $w(t)$  nachzuführen. Der Regler muss deshalb die Stellgröße  $u(t)$  so vorgeben, dass die Regelgröße der Führungsgröße angepasst und der Einfluss der Störgröße auf die Regelgröße **kompensiert** wird. Dabei steht dem Regler die Information zur Verfügung, um wie viel der aktuelle Wert  $y(t)$  der Regelgröße vom gewünschten Werte  $w(t)$  abweicht, also die sog. Regelabweichung  $e(t)$ .

Die **Regelungsaufgabe** wird nun so erläutert:

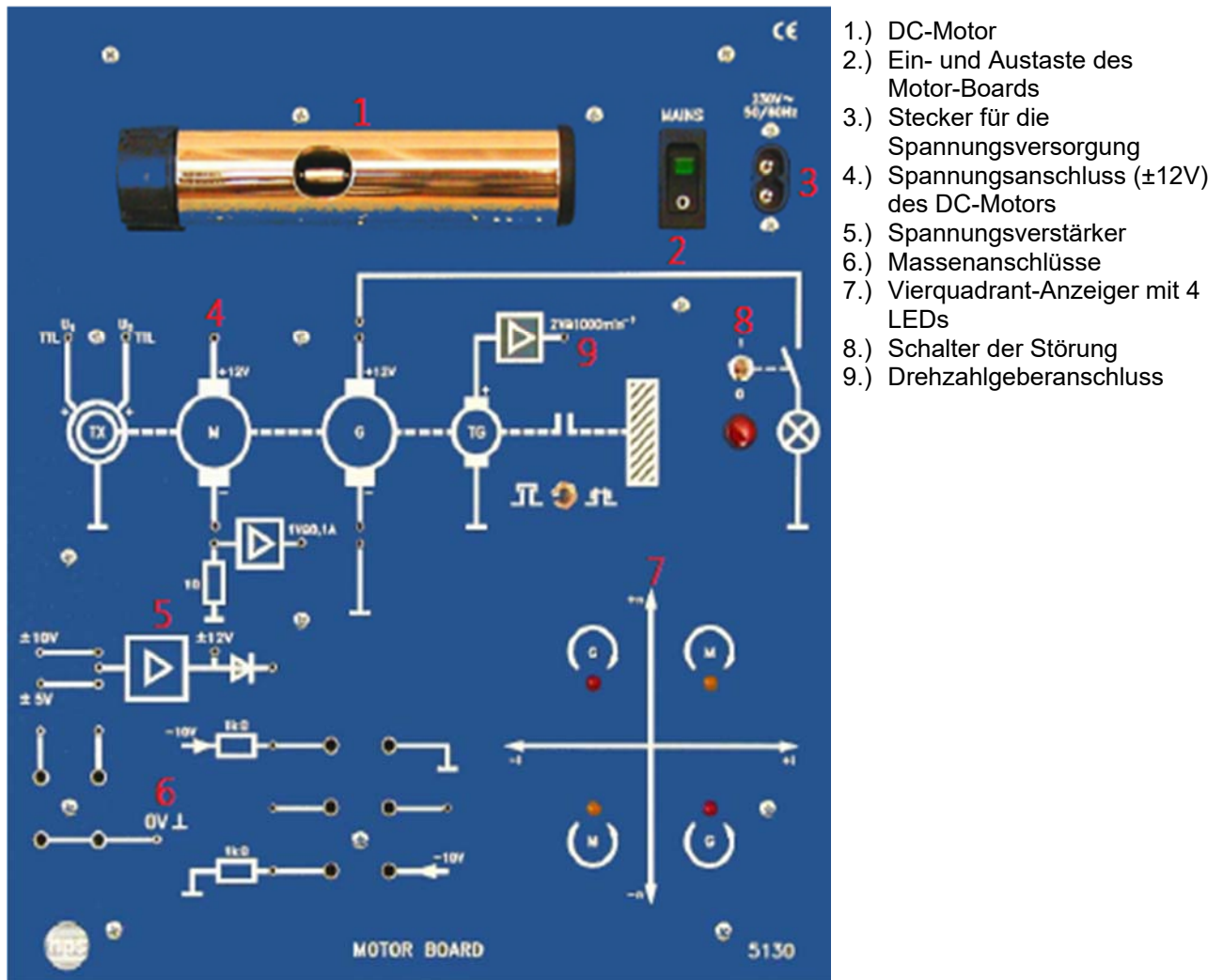
Gegeben ist ein dynamisches System (**Regelstrecke**) mit von außen beeinflussbaren Eingangsgrößen (**Stellgrößen**) und einer oder mehreren messbaren Ausgangsgrößen (**Regelgrößen**). Als Regelungsziel ist typischerweise die Aufgabe vorgegeben, die Regelgröße(n) auf vorgegebenen konstanten Werten zu halten oder in einer vorgegebenen Weise zeitlich zu verändern. Gleichzeitig soll die Wirkung äußerer Störungen unterdrückt werden.

Gesucht ist eine Regeleinrichtung (kurz: **Regler**), die unter Nutzung der gemessenen Werte die Stellgröße(n) so vorgibt, dass das geregelte System das Regelungsziel erfüllt.



## 2 Beschreibung der Drehzahlregelung eines DC-Motors

Im Folgenden soll zunächst die Wirkung der Steuerung und Regelung mit und ohne Störungen auf einem DC-Motor betrachtet werden. Bild 1.4 zeigt die untersuchte Regelstrecke.

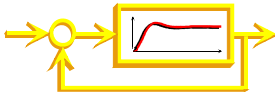


- 1.) DC-Motor
- 2.) Ein- und Austaste des Motor-Boards
- 3.) Stecker für die Spannungsversorgung
- 4.) Spannungsanschluss ( $\pm 12V$ ) des DC-Motors
- 5.) Spannungsverstärker
- 6.) Massenanschlüsse
- 7.) Vierquadrant-Anzeiger mit 4 LEDs
- 8.) Schalter der Störung
- 9.) Drehzahlgeberanschluss

Bild 1.1: MOTOR Board (Typ 5130).

### Beschreibung des Versuchstandes:

Die Untersuchung der Steuerung und Regelung auf dem DC-Motor sollen Ihnen das statische und das dynamische Verhalten der gesamten Drehzahlregelstrecke zeigen. Die Strecke besteht im Wesentlichen aus einem DC-Motor. Das Sichtfenster in dieser Baugruppe gestattet es, die Drehbewegung zu beobachten. Das Hauptziel der Untersuchungen besteht darin, dass Sie den Motor in der gebotenen Umgebung kennenlernen, wozu auch das Verhalten des Motors bei Einquadranten-Betrieb gesteuert werden soll. Darüber hinaus sollen die Messergebnisse auch einen Einblick in die Größenordnungen der Kenn- und Betriebswerte geben, mit denen man bei den hier verwendeten Kleinmotoren konfrontiert wird.



## 2.1 Drehzahlsteuerung

Um die Untersuchung der Drehzahlsteuerung durchführen zu können, soll man nun die Steuerkette der Drehzahl und ihre Komponenten betrachten; Das Blockschaltbild sieht wie folgt aus.

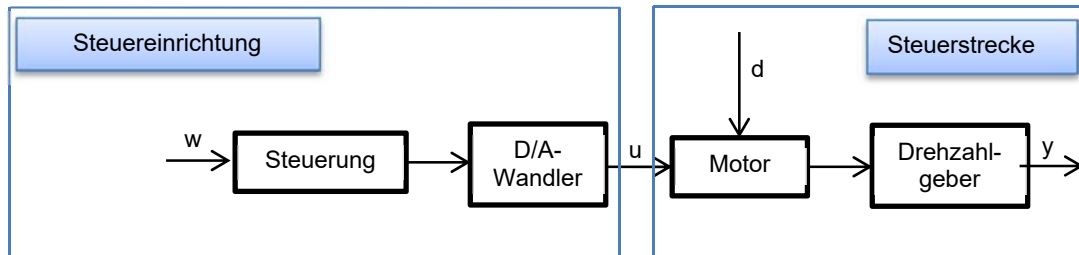


Bild 1.2: Steuerkette der Drehzahl des DC-Motors.

Eine Sollwertdrehzahl im Bereich von  $-5000$  U/min bis  $+5000$  U/min an die Steuereinrichtung als *Führungsgröße* ( $w$ ) wird entweder manuell oder automatisch mit einem spontan ausgewählten Wert angegeben. Die *Stellgröße*  $u$  wird in Integer-Wert umgewandelt und zu einem integrierten D/A Wandler gesendet. Der Wandler erzeugt aus diesen Werten eine analoge elektrische Spannung (in Volt) und gibt sie an die Steuerstrecke weiter.

Die Drehzahl des Motors wird durch einen Drehzahlgeber gemessen. Die Messgröße wird nicht als physikalische Größe (in U/min), sondern als elektrische analoge Messwerte (in Volt) weitergegeben. Die *Ausgangsgröße* des Motors wird in Drehzahl (U/min) umgerechnet und auf einer Bedienoberfläche angezeigt.

Für die Drehzahlsteuerung hier kann ein einfaches proportionales Glied verwendet werden. Die Verstärkung des Gliedes bzw. der Steuerung kann experimentell bestimmt und berechnet werden.

## 2.2 Drehzahlregelung

Betrachtet man nun die Drehzahlregelung des Motors, wird der Regelkreis wie folgt dargestellt:

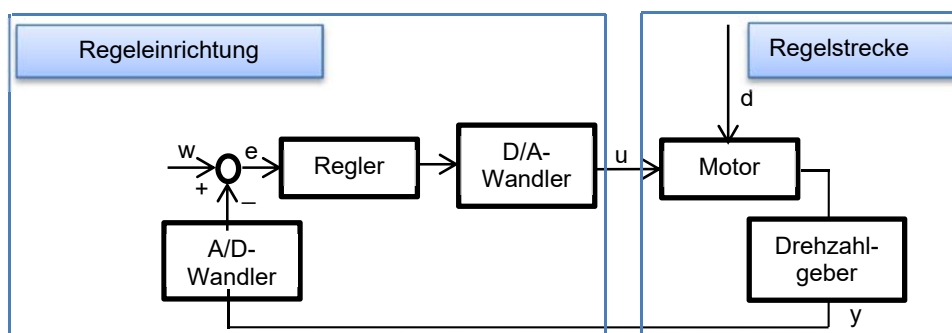
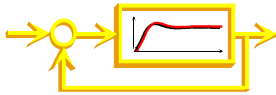


Bild 21.6: Blockschaltbild der Drehzahlregelung.

Eine Sollwertdrehzahl also die *Führungsgröße* ( $w$ ) im Bereich von  $-5000$  U/min bis  $+5000$  U/min wird wiederum entweder manuell oder automatisch mit einem spontan ausgewählten Wert angegeben. Der Regler berechnet die *Stellgröße* ( $u$ ), die durch einen D/A-Wandler vom Digital zum Analog konvertiert wird. Der Wandler erzeugt aus diesen Werten eine analoge elektrische Spannung (in Volt) und gibt sie an die Regelstrecke weiter.

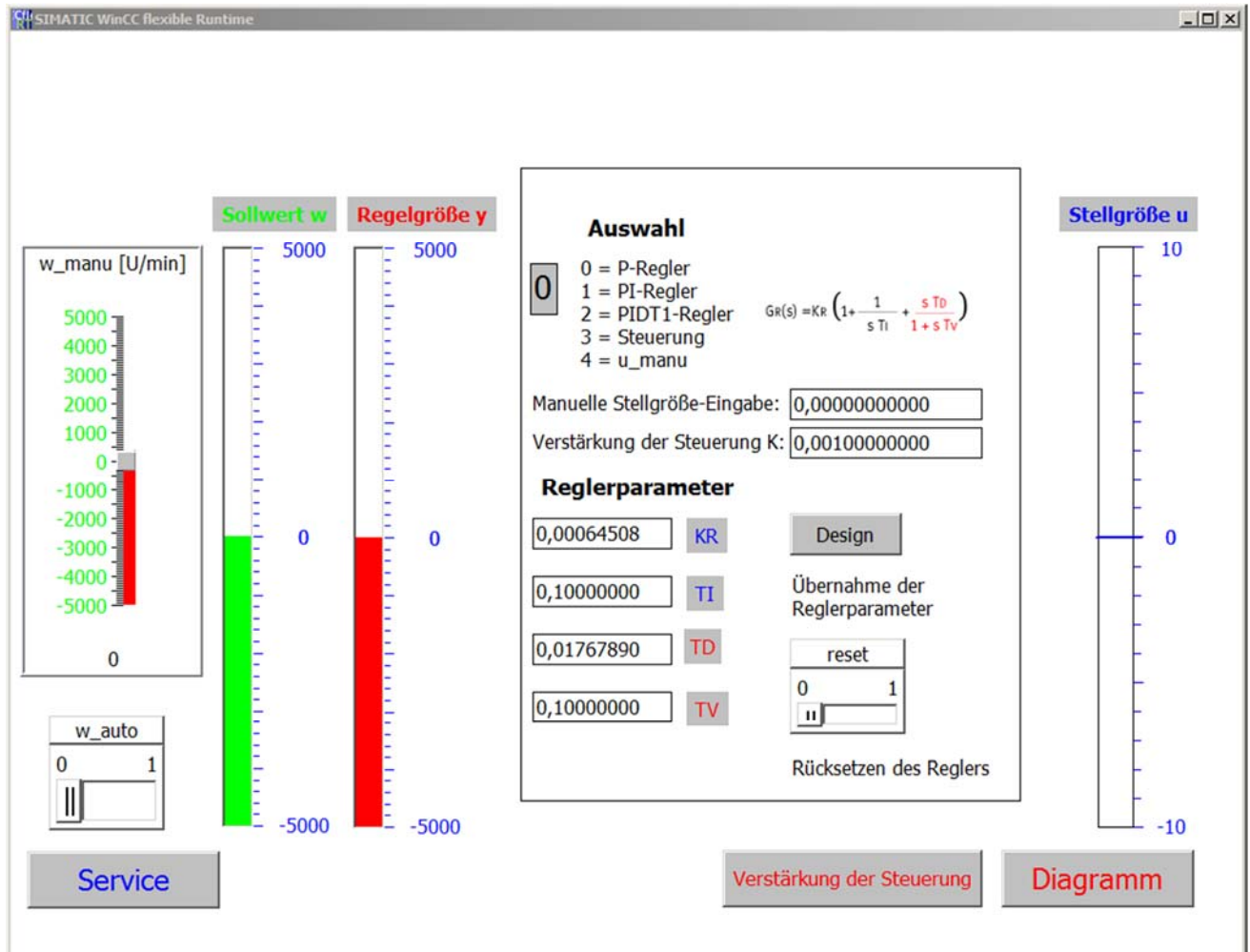
Als Regelstrecke ist der Motor zu betrachten, der die Messgröße der Drehzahl nicht als physikalische Größe (in U/min), sondern als elektrische analoge Messwerte (in Volt) weitersendet. Die *Ausgangsgröße* des Motors wird durch den A/D Wandler digitalisiert. Der Integer-Wert, die vom A/D Wandler geliefert wird, wird in Realzahlenwert umgerechnet. Der Regler berechnet aus der *Regelabweichung* ( $e$ ) eine *Stellgröße* ( $u$ ), die an die Regelstrecke weitergegeben wird. Er versucht immer die *Regelabweichung* ( $e = w - y$ ) zu minimieren.

Hier wird ein PIDT1-Regler verwendet, dessen Parameter optimal entworfen und festgelegt wurden.



### 3 Aufgaben und Durchführung des Praktikumsversuches

Die Drehzahl des obengenannten DC-Motors soll konstant gehalten werden und dem angegebenen Istwert folgen. Dies wird durch zwei unterschiedliche Konzepte, Steuerung und Regelung, realisiert. Die Unterschiede und Vor-/ Nachteile der beiden Strukturen sollen diskutiert werden. Zum Zweck der Analyse wurde eine Bedienoberfläche im Programm WinCC flexible entwickelt.



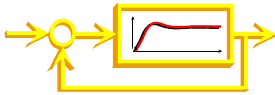
Auf der Bedienoberfläche kann man verschiedene Regler, z. B. PIDT1-Regler mit 2, oder eine Steuerung mit 3 sowie manuelle Stellgröße  $u_{\text{manu}}$  mit 4 für unterschiedliche Anwendungen auswählen. Mit der Taste „Verstärkung der Steuerung“ wird ein Fenster geöffnet für die Bestimmung des Steuerungsverstärkungsfaktors. Die Verläufe verschiedener Größen werden angezeigt, wenn man die Taste „Diagramm“ anklickt.

#### 3.1 Drehzahlsteuerung

Hier wird das Konzept der Steuerung im regelungstechnischen Sinne verwendet.

##### 3.1.1 Bestimmung des Steuerungsverstärkungsfaktors

Es soll nun zunächst der Verstärkungsfaktor  $K$  für die Steuerung mit Hilfe der Oberfläche im Bild 1.7 bestimmt werden. Öffnen Sie bitte daher im Programm WinCC flexible das Fenster „Bedienoberfläche“ und geben Sie bei der Auswahl die Ziffer 4 an, um die Werte der Stellgröße manuell eintragen zu können. Tragen Sie neben dem Text „Manuelle Stellgröße-Eingabe“ jeweils die Spannungen 2, 3, 5 und 6 ein und mit „Design“ bestätigen.



Notieren Sie die entsprechenden Regelgrößen aus dem „Diagramm“ für die angegebenen Stellgrößen/Spannungswerte 2, 3, 5 und 6 V. Bitte tragen Sie die abgelesenen Regelgrößen und die verwendeten Stellgrößen im Fenster „Verstärkung der Steuerung“ ein und berechnen Sie den Verstärkungsfaktor  $K$  durch Anklicken auf der Taste „Design“. Hiermit werden die Mittelwerte der gemessenen Größen  $u$  und  $y$  berechnet. Die Verstärkung der Steuerung wird als Quotient aus  $u/y$  berechnet.

The screenshot shows the SIMATIC WinCC flexible Runtime interface. On the left, a control loop diagram is displayed with the following components:

- Führungsgröße  $w(t)$  entering a gain block  $K$ .
- Stellgröße  $u(t)$  exiting the gain block  $K$  and entering the Steuerstrecke.
- Störgröße  $z(t)$  entering the Steuerstrecke.
- Regelgröße  $y(t)$  exiting the Steuerstrecke.

Below the diagram, the gain calculation is shown:

$$K = \frac{\bar{u}}{\bar{y}} = 0,0000000000$$

The main window contains a table for recording data:

Stellgröße $u$	Regelgröße $y$
0,000	0,000
0,000	0,000
0,000	0,000
0,000	0,000

Below the table, the mean values are displayed:

$\bar{u}$ : 0,000       $\bar{y}$ : 0,000

Buttons and options include:

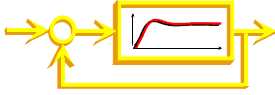
- Design**: Übernahme der Parameter
- reset**: Rücksetzen der Parameter
- Service**
- Bedienoberfläche**
- Diagramm**

Bild 31.7: Bestimmung des Verstärkungsfaktors  $K$ .

Mit dem berechneten Verstärkungsfaktor  $K$  soll die Drehzahlsteuerung in der nächsten Aufgabe 1.3.1.2 untersucht werden.

### 3.1.2 Einschalten der Steuerung

Wählen Sie für diese Teilaufgabe die Steuerung über die Oberfläche mit Ziffer 3 aus und bestätigen Sie die Auswahl mit der Taste „Design“. Die berechnete Verstärkung der Steuerung wird automatisch übertragen.



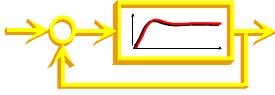
### 3.1.3 Ergebnis der Steuerung mit und ohne Störung

Um die Drehzahlsteuerstrecke untersuchen zu können, stellen Sie bitte die Verläufe der Führungs-, Stell-, und Regelgröße mit und ohne Störung dar. Die Verläufe werden in einem Fenster dargestellt, wenn man die Taste „Design“ anklickt. Fügen Sie hierfür ein Bild mit den Verläufen aller untersuchten Größen ein.

Bild bitte hier Einfügen:

#### Diskussion der Ergebnisse:

Beurteilen Sie bitte so die Ergebnisse der Drehzahlsteuerung hinsichtlich ihres Verhaltens mit und ohne Störung.



## 3.2 Drehzahlregelung

Hier wird das Konzept der Regelung im regelungstechnischen Sinne verwendet. Die Drehzahl wird gemessen und zurückgeführt.

### 3.2.1 Auswahl des Reglers

Wählen Sie für diesen Praktikumsversuch den PIDT1-Regler über die Oberfläche mit Ziffer 2 aus und bestätigen Sie die Auswahl mit der Taste „Design“. Verändern Sie die Regelparameter bitte nicht.

### 3.2.2 Ergebnis der Regelung mit und ohne Störung

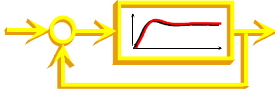
Um den Drehzahlregelkreis untersuchen zu können, stellen Sie bitte die Verläufe der Führungs-, Stell-, und Regelgröße mit und ohne Störung dar. Die Verläufe werden in einem Fenster angezeigt, wenn man die Taste „Design“ anklickt. Fügen Sie hierfür ein Bild mit den Verläufen aller untersuchten Größen ein.

Bild bitte hier Einfügen:

### Diskussion der Ergebnisse:

Beurteilen Sie bitte so die Ergebnisse der Drehzahlregelung hinsichtlich ihres Verhaltens mit und ohne Störung.





## 4 Vorbereitungsfragen

Grundlagen (Steuerung/Regelung im regelungstechnischen Sinne)

- Was versteht man unter einfachem Regelkreis?
  - Wo befindet sich die Regelgröße? Welche Bedeutung hat die Regelgröße?
  - Wo befindet sich die Stellgröße? Welche Bedeutung hat die Stellgröße?
  - Welche Bedeutung hat die Führungsgröße?
  - Wie wird die Regelabweichung definiert?
- 
- Was versteht man unter ‚Steuerung im regelungstechnischen Sinne‘?
  - Was versteht man unter ‚Regelung‘?
  - Welche Unterschiede gibt es zwischen Steuerung und Regelung?
  - Welcher Hauptvorteil hat die Regelung im Vergleich zur Steuerung?

Zum Prüfstand

- Was sind die Regel-/Stell-/Führungs- und Störgröße vom Prüfstand?
- Wo befinden sich die Steuerung bzw. der Regler in diesem Praktikumsversuch?
- Wie werden die Steuerung bzw. Regelung realisiert?