

1. Steuerungen

Mit den folgenden Versuchen soll der Unterschied zwischen Steuern und Regeln verdeutlicht werden. Zudem sollen die wichtigsten Grundbegriffe erklärt werden.

□ Aufgaben:

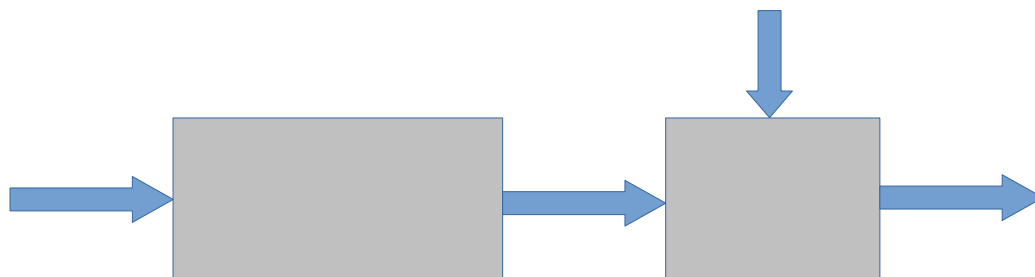
Führe den Versuch mit der **gesteuerten** Bohrmaschine durch.

Hierzu unbedingt:

- Den Text lesen
- Wichtiges unterstreichen
- Notizen machen: Was sind die Kernaussagen?

Fasse die Versuchserkenntnisse in eigenen Worten zusammen. Erkläre den Begriff 'Steuerung' und gehe auf die Komponenten einer Steuerung ein. (Dazu bitte auch S.1 zum Thema Regelungstechnik im Fachkundebuch lesen!)

Skizziere das Blockschaltbild der **Steuerstrecke**



Erkläre die folgenden **steuerungstechnischen Begriffe** anhand des Bohrmaschinenbeispiels.
Ergänze dazu noch die Buchstaben der Symbole/Kürzel.

Begriff	Erklärung
<p><i>Führungsgröße</i></p> <p><i>Symbol, Kürzel::</i></p>	
<p><i>Steuereinrichtung</i></p>	
<p><i>Stellgröße</i></p> <p><i>Symbol, Kürzel::</i></p>	
<p><i>Steuerstrecke</i></p>	
<p><i>Steuergröße</i></p> <p><i>Symbol, Kürzel::</i></p>	
<p><i>Störgröße</i></p> <p><i>Symbol, Kürzel::</i></p>	

Setze im folgenden Text die Worte an der richtigen Stelle ein:

Abweichungen, Sollwert, Störungen, Ausgangssignals, Regelung, Sollverlauf, Stelleingriff.

Sind ein Modell der Strecke und ein gewünschter Verlauf des
bekannt, so kann ein so genannter
berechnet werden, der genau den gewünschten Verlauf des Ausgangssignals
erzeugt.

Sobald jedoch das Modell von der realen Strecke abweicht, oder
auf die Strecke wirken, treten bei der Steuerung vom
auf. Um dennoch den zu erreichen, muss die
Struktur zur erweitert werden.

2. Regelungen

□ Aufgaben:

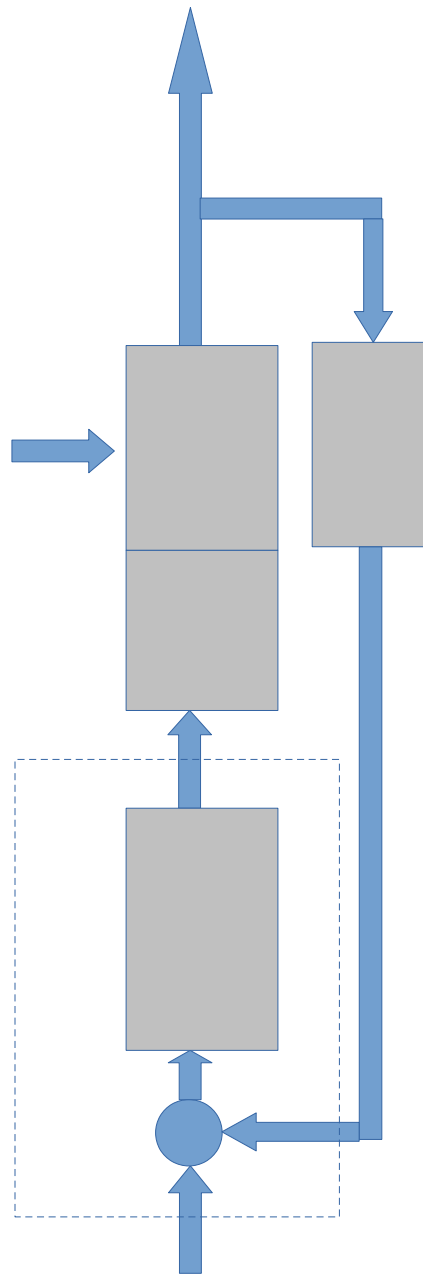
Führe den Versuch mit der **geregelten** Bohrmaschine durch.

Hierzu unbedingt (wie vorher):

- Den Text lesen
- Wichtiges unterstreichen
- Notizen machen: Was sind die Kernaussagen?

Fasse die Versuchserkenntnisse in eigenen Worten zusammen. Erkläre den Begriff 'Regelung' und gehe auf die Komponenten einer Regelung ein.

Ergänze das Blockschaltbild mit den **regelungstechnischen** Begriffen.



Erkläre die folgenden **regelungstechnischen** Begriffe anhand des Bohrmaschinenbeispiels.
Ergänze dazu noch die Buchstaben der Symbole/Kürzel.

Begriff	Erklärung
<p><i>Führungsgröße</i></p> <p>Symbol, Kürzel:</p>	
<p><i>Vergleichsstelle</i> <i>(Vergleichsglied)</i></p>	
<p><i>Regeldifferenz</i></p> <p>Symbol, Kürzel:</p>	
<p><i>Regler (Regelglied)</i></p>	
<p><i>Stelleinrichtung</i></p>	
<p><i>Stellgröße</i></p> <p>Symbol, Kürzel:</p>	
<p><i>Regelstrecke</i></p>	
<p><i>Regelgröße</i></p> <p>Symbol, Kürzel:</p>	
<p><i>Störgröße</i></p>	

Begriff	Erklärung
<i>Symbol, Kürzel:</i>	
<i>Sensor</i>	
<i>Regelkreis</i>	

Setze im folgenden Text die Worte an der richtigen Stelle ein:

Stelleinrichtung, Rückkopplung, Istwert, Regeldifferenz (e), Regelgrößen (x), Sollwert (w), Störgrößen (z), Regler

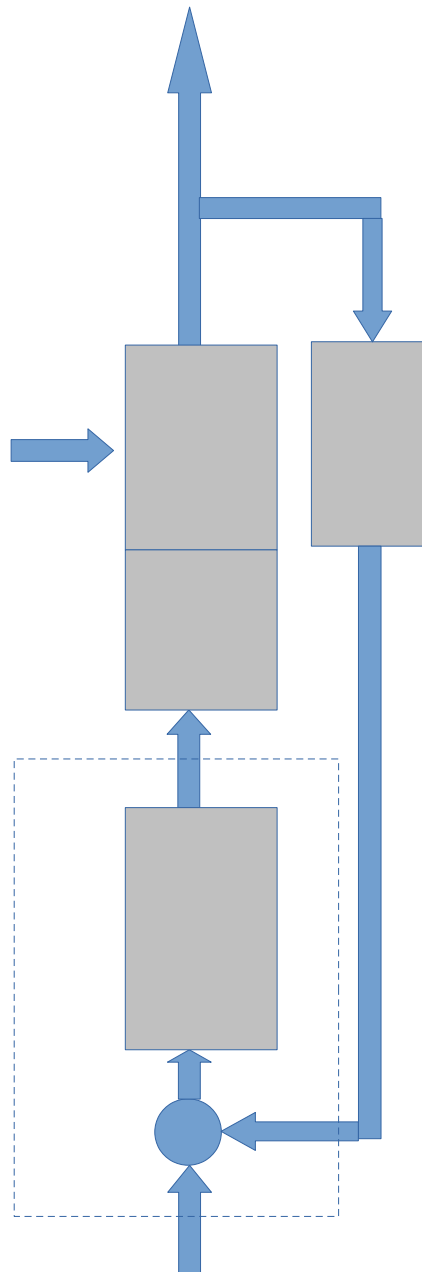
Im Gegensatz zur Steuerung weist eine Regelung eine
 zwischen der _____ und dem _____ auf. In der
 Vergleichsstelle wird die _____ gebildet und auf den
 gegeben. Der Reglerausgang wirkt auf die _____, die dafür sorgt,
 dass die physikalischen _____, wie z.B. Helligkeit, Druck,
 Temperatur, Geschwindigkeit usw. den gewünschten Wert behalten, auch
 wenn _____ auf die Regelstrecke einwirken.

Aufgabe:

1. Fülle die folgende Tabelle ähnlich dem Beispiel **Beleuchtungsanlage** aus:

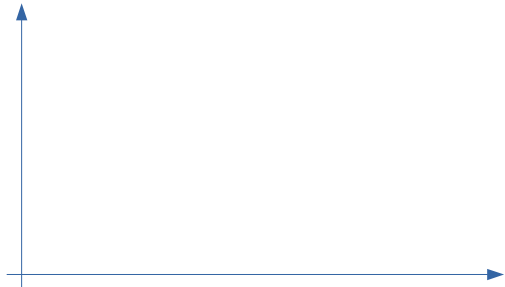
System	Regelgröße (was wird geregelt?)	mögliche Störgröße (was verursacht Sollwert- Abweichungen?)
Beleuchtungsanlage	<i>Beleuchtungsstärke</i>	<i>Tageslichteinfall, Verdunkelung (Rollos), Verschmutzung, Lampenabnutzung</i>
Heizung		
Fahrzeug		
Windkraftanlage		

2. Ergänze für **ein Beispiel** aus der Tabelle von S. 7 die regelungstechnischen Größen im bekannten Blockschaltbild.



3. Regelstrecke

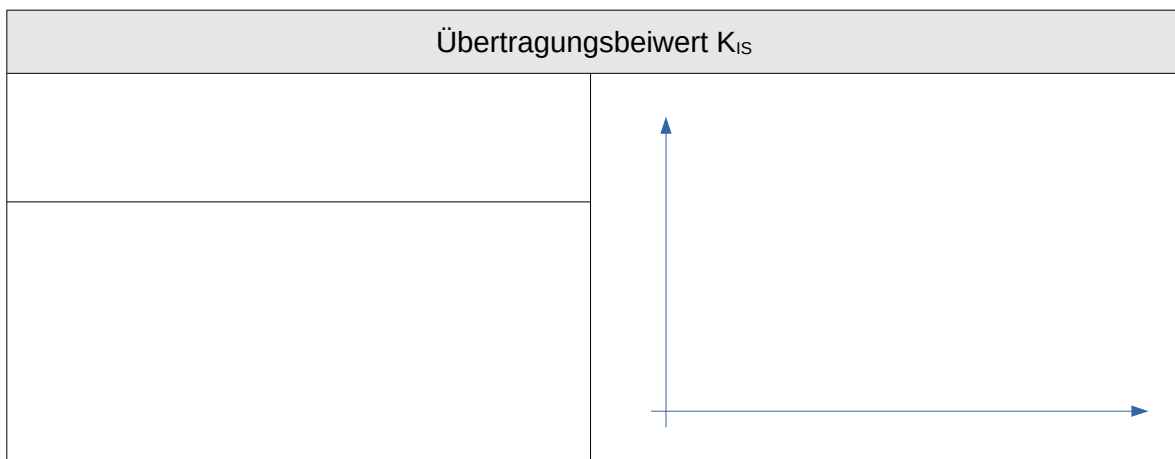
Regelstrecke mit Ausgleich:

Übertragungsbeiwert K_s	
	

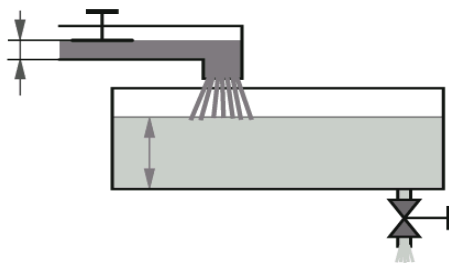
Beispiel:

Beim Betätigen der Temperatureinstellung bei einer E-Heizung steigt die Stromaufnahme von 5 auf 6 A. Die Raumtemperatur steigt dabei von 18° auf 22° . Berechne den Übertragungsbeiwert K_s der Regelstrecke.

Regelstrecke ohne Ausgleich (I-Regelstrecke):

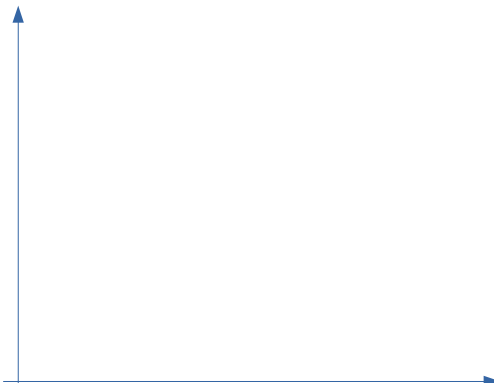


Beispiel: Zusammenhang zwischen Füllstandhöhe und Ventilöffnung

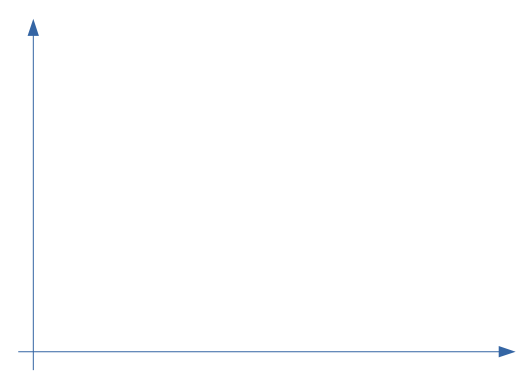


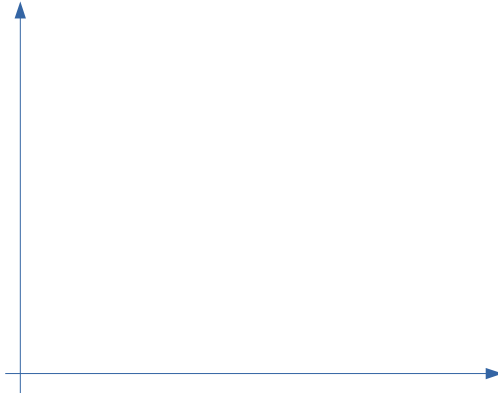
Dynamisches Verhalten verschiedener Regelstrecken

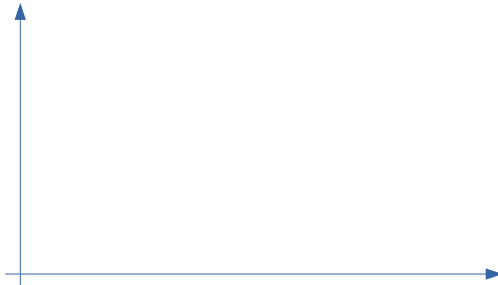
Kennzeichnung von Regelstrecken:

Unverzögerte Strecken	
Zeitverhalten	
Sprungantwort Übertragungsbeiwert	
Symbol	

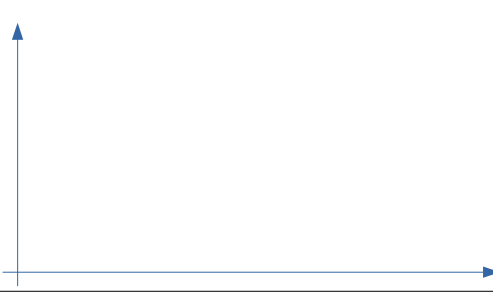
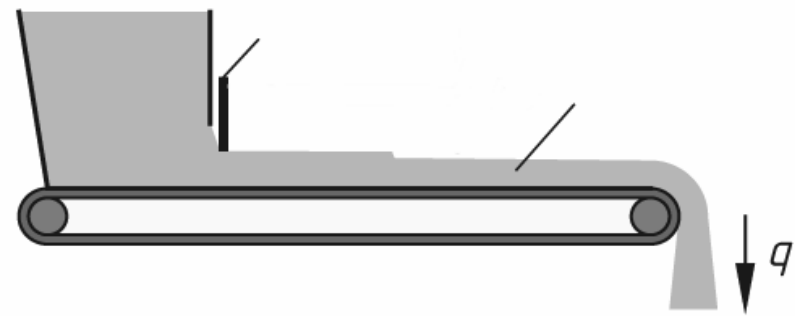
Beispiel:	
-----------	--

Strecke mit einer Verzögerung (PT_1)	
Zeitverhalten	.
Sprungantwort	
Ermittlung von	
Symbol	
Beispiel	

Strecke mit zwei Verzögerungen	
Zeitverhalten	
Sprungantwort	
Ermittlung von	
Symbol	
Beispiel	

Strecken mit mehreren Verzögerungen	
Zeitverhalten	
Sprungantwort	
Ermittlung von	
Symbol	<i>(wie PT₂-Strecke)</i>
Beispiel	


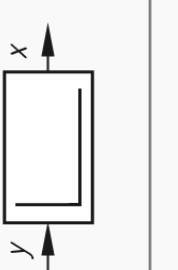
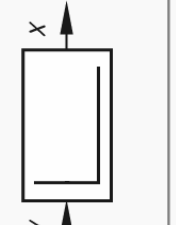
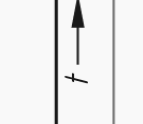
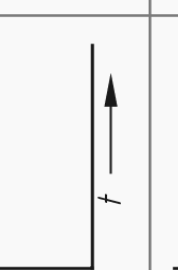
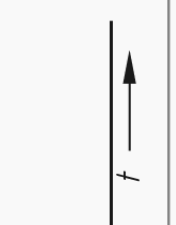





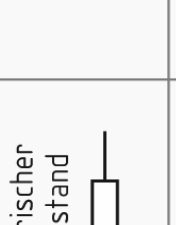

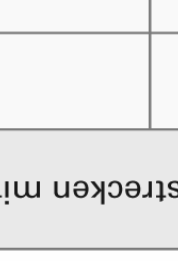
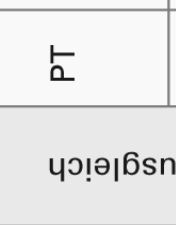
Faustformel für Regelbarkeit von Strecken ab PT₂:

Strecken mit Totzeit (PT_T)	
Zeitverhalten	
Sprungantwort	
Ermittlung von T_T	
Symbol	
Beispiel	<p>Förderband</p> 

I-Regelstrecke (integrale Regelstrecke, Strecke ohne Ausgleich)	
Sprungantworten	
	
Symbole	
Beispiel	

□ Aufgabe:

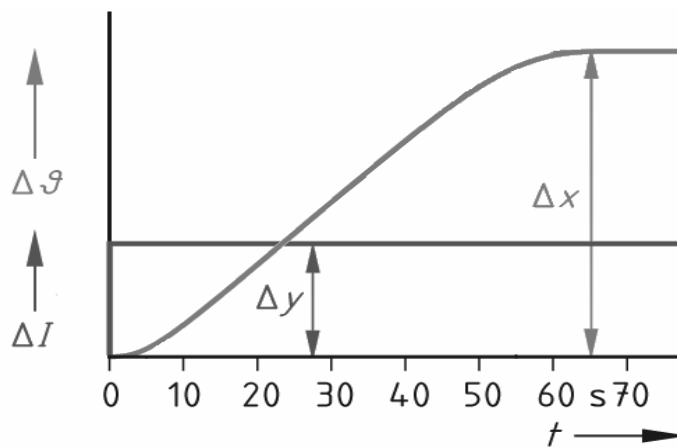
Vervollständige zur Wiederholung die Tabelle auf der folgenden Seite.

Bezeichnung der Regelstrecke			Beispiel		Sprungantwort	Schaltbild	Übertragungsbeiwert	
			Regelstrecke	Regelgröße				
PT	Elektrischer Widerstand							
	Druckluftkessel							
Regelstrecken mit Ausgleich			Heizung					
			Behälter					
Regelstrecken ohne Ausgleich			Spindel					

□ Aufgabe:

Bei einer elektrischen Heizspirale wird der Strom von 1,5A auf 3A erhöht. Die Temperatur der Spirale steigt dabei von 120°C auf 160°C. Es ergibt sich eine Sprungantwort nach dem unten stehenden Bild. Ermittle hierzu:

- den Typ der Regelstrecke
- die Zeitkonstanten der Regelstrecke
- die Regelbarkeit der Strecke
- den Kennwert der Strecke

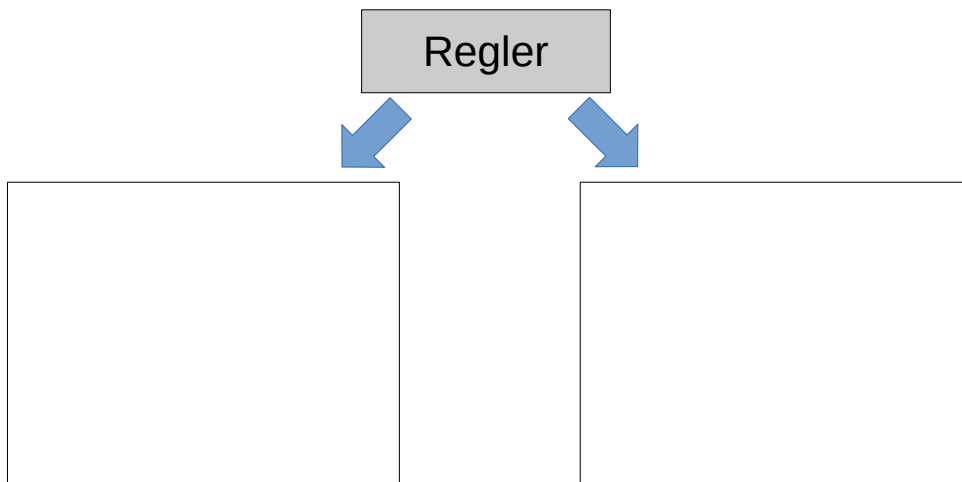


Wiederholungsfragen

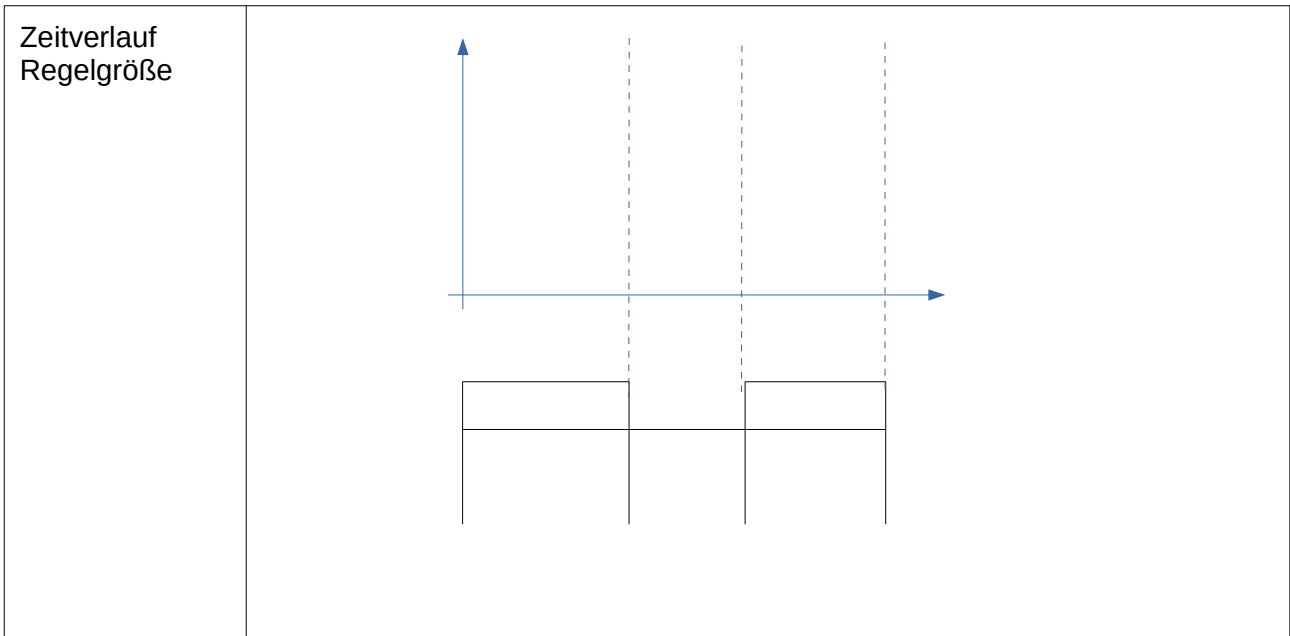
1. Erkläre den Begriff „Regelstrecke“. Nenne ein Beispiel einer Regelaufgabe und der dazu gehörigen Regelstrecke.
2. Nenne die beiden grundsätzlichen Typen von Regelstrecken mit jeweils einem Beispiel.
3. P-Regelstrecken werden anhand ihres Zeitverhaltens unterschieden. Nenne drei unterschiedliche P-Regelstrecken (Bezeichnung, Kurzzeichen, Beispiel) und erkläre, worin sie sich unterscheiden.
4. Benenne bei PT2-Regelstrecken die auftretenden Zeitkonstanten und erkläre, wie sie grafisch ermittelt werden können (Beispielzeichnung).
5. Erkläre, mit welchem „Testsignal“ die Kennwerte einer Regelstrecke ermittelt werden.
6. Nenne ein Beispiel einer Strecke mit Totzeit.
7. Erkläre, warum Strecken mit Totzeit oder großen Verzögerungszeiten als schwer regelbar gelten.
8. Gib eine Faustformel an, nach der die Regelbarkeit einer Strecke mit Verzögerungszeiten beurteilt werden kann. Gib für die Fälle „gut“ und „schlecht“ regelbar jeweils ein Zahlenbeispiel an.

4. Regler

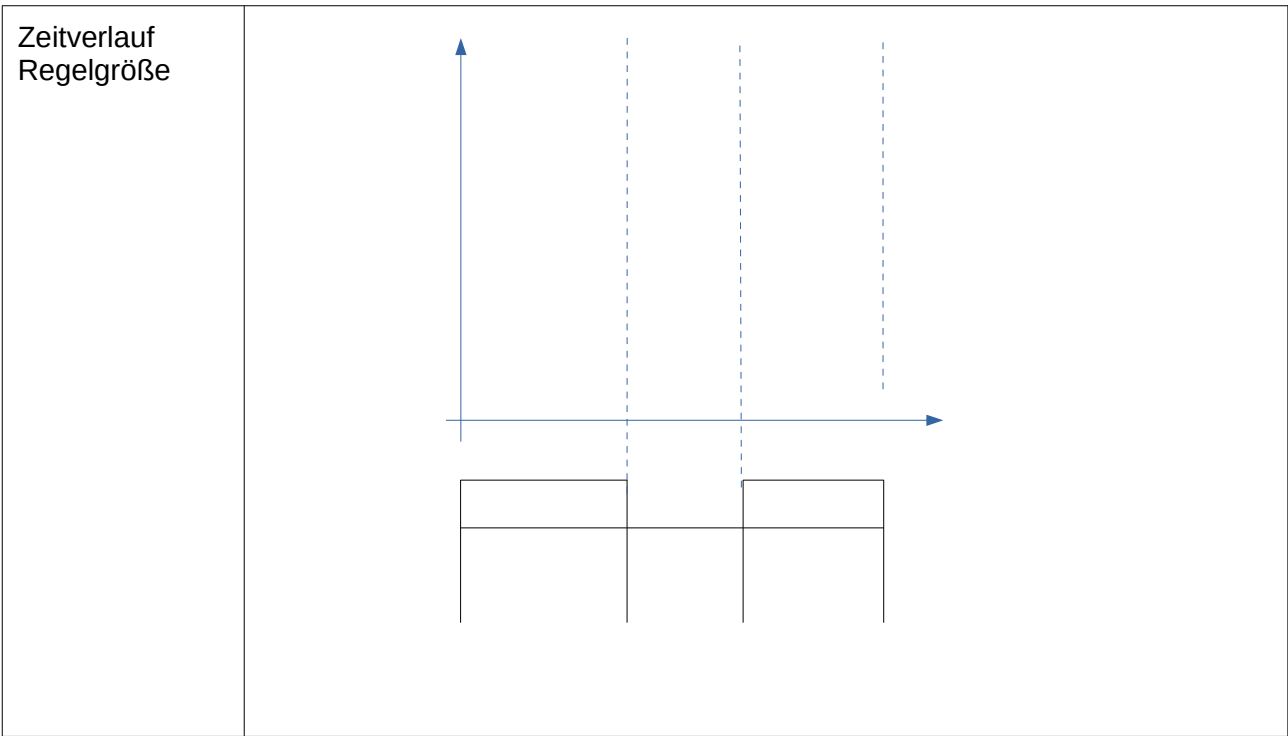
Aufgabe:




Zweipunktregler	
Funktion	
Eigenschaft	
Blockschaltbild mit Kennlinie	
Beispiel	

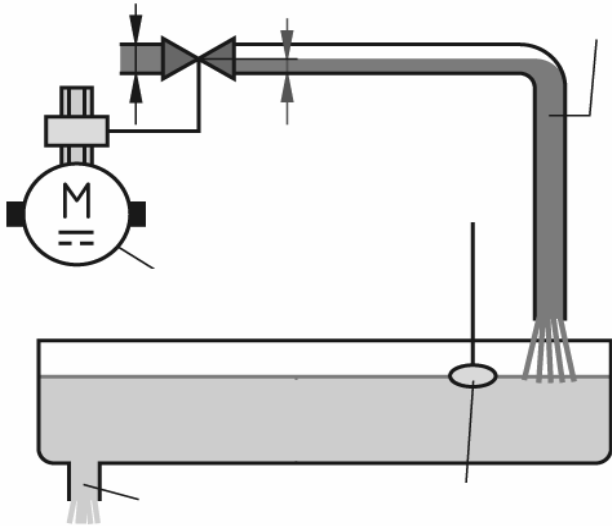
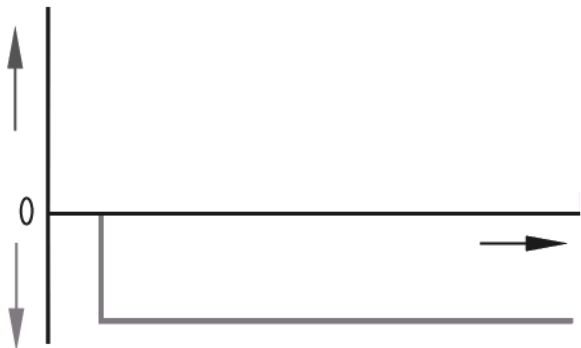


Dreipunktregler	
Funktion	
Eigenschaft	
Blockschaltbild mit Kennlinie	
Beispiel	



P-Regler (Proportionalregler)	
Funktion	
Beispiel: Füllstands- regelung	
Kennlinie, Größen	
Kenngröße, Formeln	
Eigenschaft	

P-Regler (Proportionalregler)	
Block-schaltbild	
Sprung-antwort	
Beispiel	

I-Regler (Integralregler)	
Funktion	
Modell- vorstellung	
Sprung- antwort, Größen	

I-Regler (Integralregler)	
Kenngröße, Formeln	
Eigenschaft	
Block- schaltbild	
Beispiel	

D-Regler (Differenzial-Regler)	
Funktion	
Modell- vorstellung	
Sprung- antwort, Beispiel Stellgrößen änderung	
Eigenschaft	

D-Regler (Differenzial-Regler)

Block-
schaltbild



Beispiel für den Einsatz von D-Reglern:

ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm, auch Fahrerassistenzsystem genannt) bei Fahrzeugen

Ein Fahrerassistenzsystem versucht durch gezieltes Bremsen einzelner Räder, ein Schleudern des Fahrzeugs im Grenzbereich in Kurven sowohl beim Übersteuern als auch beim Untersteuern zu verhindern und dem Fahrer so die Kontrolle über das Fahrzeug zu sichern.

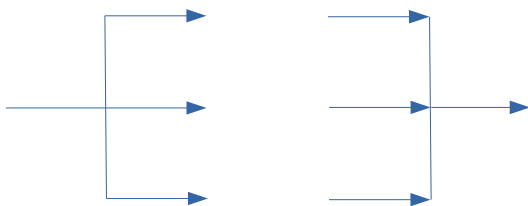
Damit ESP auf kritische Fahrsituationen reagieren kann, vergleicht das System permanent (bis zu 150-mal pro Sekunde) den Fahrerwunsch mit dem Fahrzustand. Der Lenkwinkelsensor liefert den Fahrerwunsch hinsichtlich der Fahrtrichtung. Motormanagement, die ABS-Drehzahlsensoren und der Gierratensensor (Gierrate = Querbewegung) liefern die Daten des Fahrzeugverhaltens. Ein weiterer Beschleunigungssensor detektiert bei neueren Systemen auch eine Drehung in der Längsachse des Autos (bedeutet Gefahr des Überschlagens). Wenn eine wesentliche Abweichung des berechneten Fahrzustandes vom Fahrerwunsch festgestellt wird, greift das System ein. Ein Übersteuern wird durch Abbremsen des kurvenäußeren Vorderrades, ein Untersteuern durch Abbremsung des kurveninneren Hinterrades korrigiert. Die Radposition spielt dabei eine doppelte Rolle: Einerseits erzeugt die Bremskraft auf der kurveninneren Seite ein Giermoment, das das Eindrehen unterstützt, und umgekehrt. Andererseits verliert ein gebremstes Rad an Seitenführungsfähigkeit, d. h. Bremskraft an der Hinterachse unterstützt das Eindrehen, und umgekehrt.



ESP im Einsatz

Reglerkombinationen: PI, PD, PID

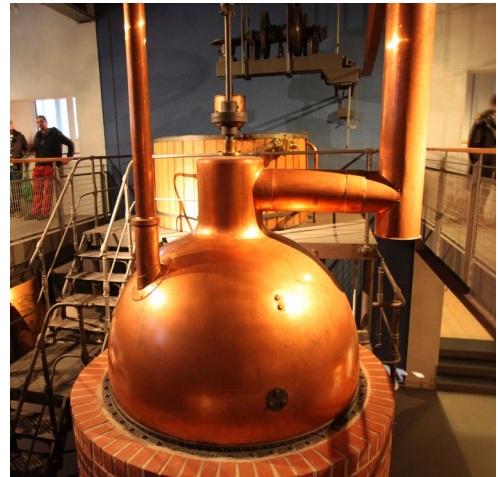
Wie gesehen, haben alle drei Reglergrundtypen ihre speziellen Eigenschaften. Jeder Regler hat „Vorteile“ und „Nachteile“. Bei anspruchsvollen Regelungsaufgaben kommen allerdings diese Reglergrundtypen nur selten allein stehend vor. Die Reglergrundformen P, I und D werden dagegen meistens **kombiniert**, d.h. die Reglereingänge und Reglerausgänge werden **parallel geschaltet**.



Jeder Regler „kümmert“ sich dabei um den Teil der Regelaufgabe, für den er am Besten geeignet ist. Dabei können dann die Anteile der Reglerausgänge am Gesamt-Ausgangssignal je nach Anwendungsfall **im Verhältnis zueinander eingestellt werden**. Hier kommt es dann wieder darauf an, was geregelt werden soll. So kann es einmal sein, dass eine besonders genaue Regelung gewünscht ist, der ganze Regelungsvorgang aber nicht zeitkritisch ist. Ein Beispiel wäre hier z.B. die Temperatur in einem Sudkessel einer Brauerei. Hier müssen bestimmte Temperaturverläufe möglichst genau eingehalten werden, die zeitlichen Änderungen der Temperaturen bewegen sich dabei aber im Stundenbereich. Ein D-Anteil ist dann kaum nötig, der I-Anteil aber sehr wohl.

Dagegen ist bei schnellen Fluggeräten eine Reaktion im Millisekundenbereich gefragt um kritische Flugzustände zu stabilisieren oder z.B. Ausweichmanöver automatisiert zu fliegen. Dies wäre der ideale Einsatzbereich eines Reglers mit D-Anteil.

Auf der nächsten Seite wird anhand der Reglerkombination PID das Prinzip beispielhaft dargestellt.



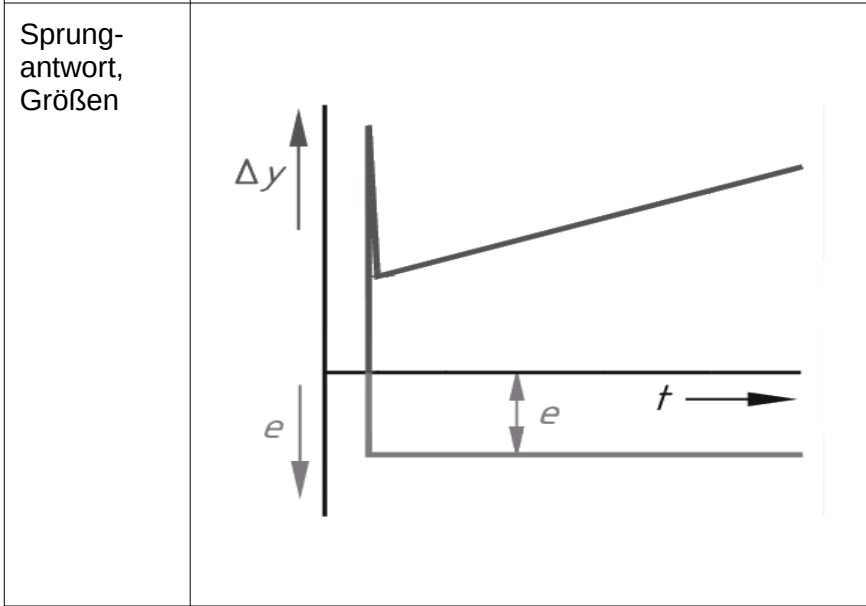
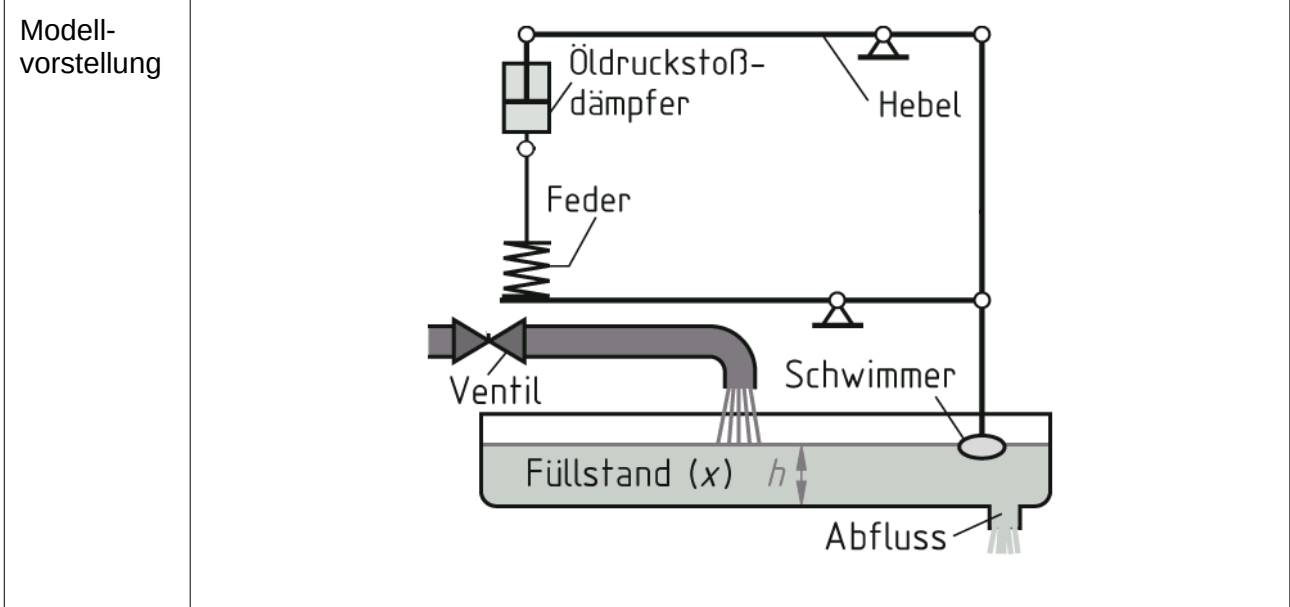
Brauerei-Sudkessel



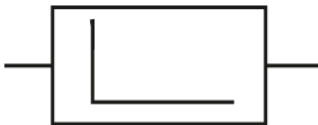
Su-35 Jagdflugzeug

PID-Regler (Proportional-Integral-Differenzialregler)

Funktion



Eigenschaft

PID-Regler (P roportional- I ntegral- D ifferenzialregler)	
Block-schaltbild	
Beispiel	

Reglerauswahl: Kleine Übersicht

Regelstrecke		Regler				
Typ	Beispiel					
P_0						
P_{T1}						
P_{Tn}						
P_{Tt}						
I_0						
I_{T1}						
-- instabil, - nicht geeignet, + geeignet, ++ gut geeignet, (F) bei Führung, (S) bei Störung						

Universalregler

Einsatzbereiche			
Funktionsumfang			
Schnittstellen			
interne Funktionen			
Einheitssignale		minimal	maximal
	pneumatisch:		
	elektrisch		