



TIW GmbH ©

# STEUERUNGS- & REGELUNGSTECHNIK

Theorie der Regelungstechnik  
Prozessleittechnik  
RI-Fließschemata

*Kapitel aus dem IHK-Rahmenplan  
Prozessleittechnik*

# Signale und Systeme

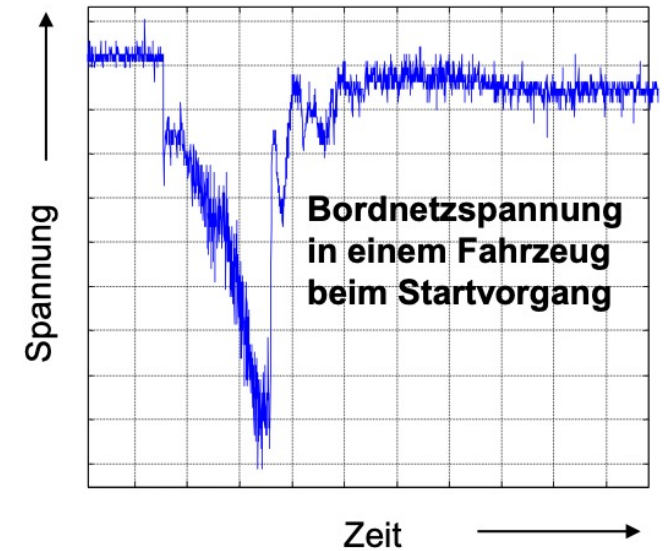
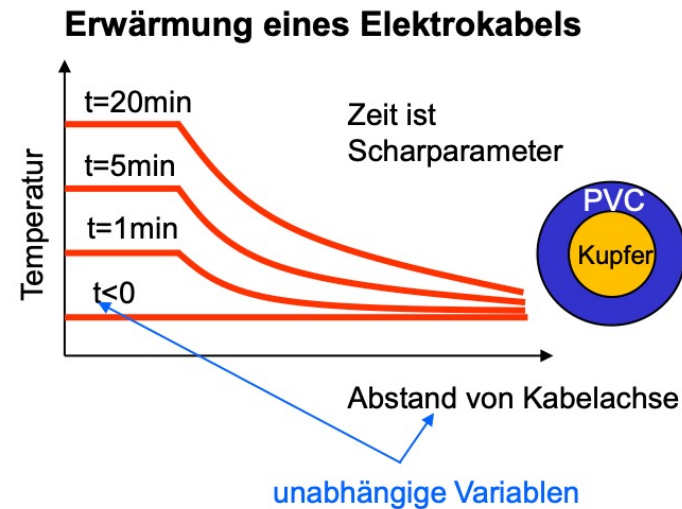
Theorie der Regelungstechnik



Ein Signal ist ein informationstragender Zeitverlauf einer messbaren Größe in einem physikalischen System.

## Beispiele

Grafik als Signal mit x,y als zwei unabhängige Variablen und Farbwert



# Signale und Systeme

Theorie der Regelungstechnik



Ein System ist die Menge von geordneten Elementen mit Eigenschaften, die durch Relationen verknüpft sind.

## Beispiele

Feder-Masse-Systeme eines Kraftfahrzeugs (z. B. Kfz reagiert etwa auf Straßenunebenheit mit einer gedämpften Schwingung)



Systeme der Volkswirtschaft (z. B. Reaktion von Käuferverhalten oder Preisentwicklung auf Aktienemission oder Börsenkursverlauf)

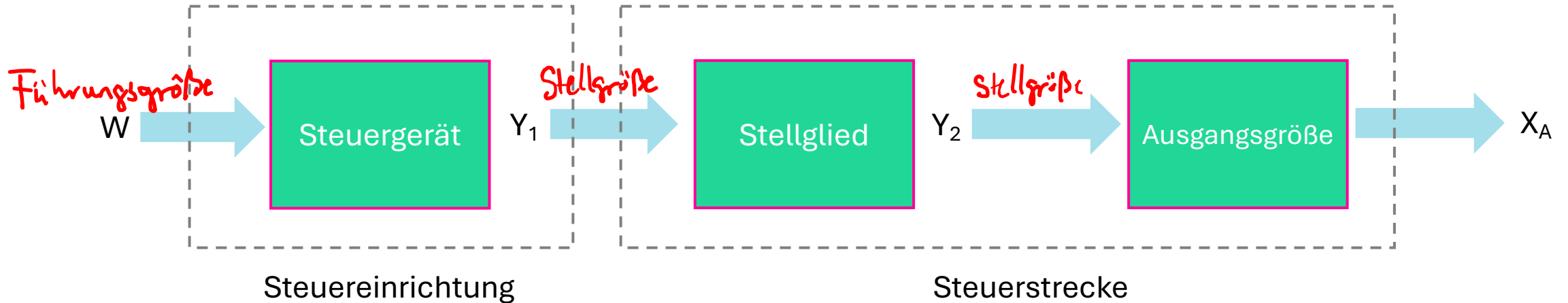


# Steuerungstechnik

Theorie der Regelungstechnik



Die Aufgabe der Steuerungstechnik besteht darin, bestimmte Abläufe in einem Steuerungs-Objekt zu erzwingen. Die in der Technik dominierende binäre Steuerungstechnik baut auf binären Messsignalen auf. Im Ergebnis einer logischen Informationsverarbeitung (UND, ODER, NICHT, ...) der binären Messsignale innerhalb eines Steuerprogramms werden die entsprechenden Stellglieder zur Beeinflussung von Prozessgrößen binär angesteuert.



*offene Steuerkette*



Was ist der Unterschied zwischen Steuerungs- und Regelungstechnik?

# Regelungstechnik

Theorie der Regelungstechnik



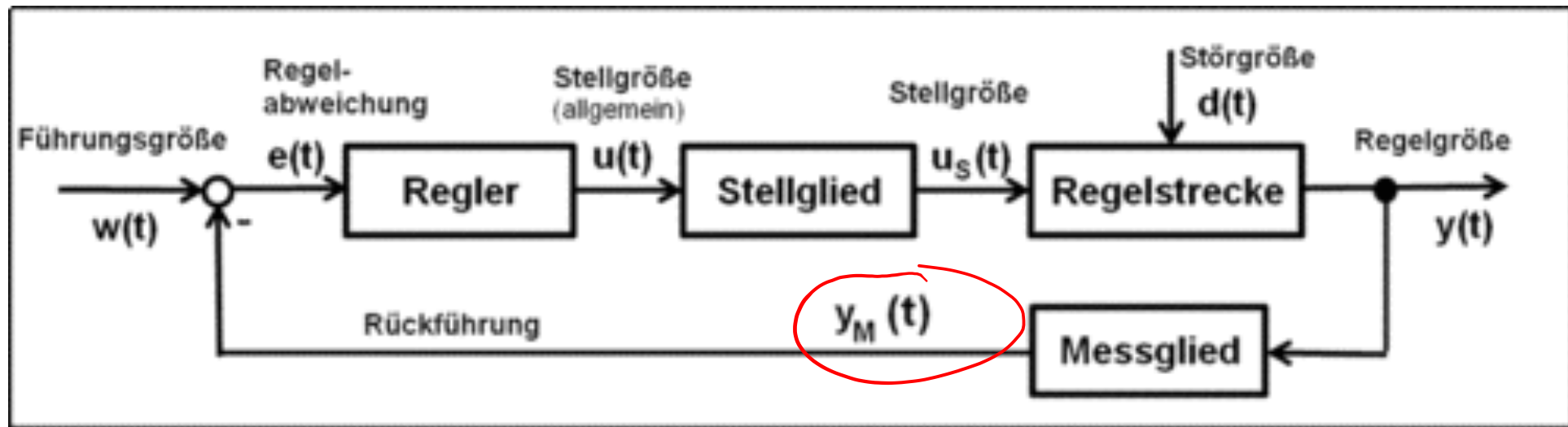
Die Aufgabe der Steuerungstechnik besteht darin, bestimmte Abläufe in einem Steuerungs-Objekt zu erzwingen. Die in der Technik dominierende binäre Steuerungstechnik baut auf binären Messsignalen auf. Im Ergebnis einer logischen Informationsverarbeitung (UND, ODER, NICHT, ...) der binären Messsignale innerhalb eines Steuerprogramms werden die entsprechenden Stellglieder zur Beeinflussung von Prozessgrößen binär angesteuert.

Regeldifferenz

$$e = w - r$$

Regelabweichung

$$x_w = r - w$$



geschlossener Regelkreis

→ mit Rückführung der Regelgröße

# Verständnisaufgabe

Theorie der Regelungstechnik

Als Industriemeister der Chemie soll die Entscheidung getroffen werden, ob die Temperatur eines Systems gesteuert oder geregelt werden soll.

Beschreibe mögliche Unterschiede und **beschreibe** anhand des Beispiels (Temperatur) die **unterschiedlichen Möglichkeiten**.

## - Steuerung

- einfachere Steuerverf. (Steuerverfahren)
- nicht kritische Anwendung
- keine hohe Genauigkeit der Temperatur erforderlich
- z.B. Geschwindigkeit, einfache Heizelemente

## - Regelung

- Berücksichtigung Störgrößen
- geschlossener Wirkungskreis
- höhere Genauigkeit benötigen
- kritische Anwendungen
- Reaktionen

# Verständnisaufgabe

## Theorie der Regelungstechnik

Als Industriemeister der Chemie soll die Entscheidung getroffen werden, ob die Temperatur eines Systems gesteuert oder geregelt werden soll.

Beschreibe mögliche Unterschiede und **beschreibe** anhand des Beispiels (Temperatur) die **unterschiedlichen Möglichkeiten**.

### Antwort:

Um die Entscheidung treffen zu können, ob es sich bei dem System um ein geschlossenes oder offenes System handeln soll.

Beispiel für ein offenes System wäre eine Heizplatte. Die Heizplatte erhitzt sich, solange der Schalter eingeschaltet ist, unabhängig von der tatsächlichen Temperatur der Heizplatte, oder der Umgebung. In diesem System gibt es keine Rückkopplung, die die Temperatur misst und die Heizleistung anpasst. Es findet keine Kontrolle, keine Überwachung und keine Regelung statt.

Ein Beispiel für eine Regelung der Temperatur wäre eine Thermostat in einem Heizsystem, welches die Temperatur misst (Istwert) und an den eingestellten Wert (Sollwert) anpasst.

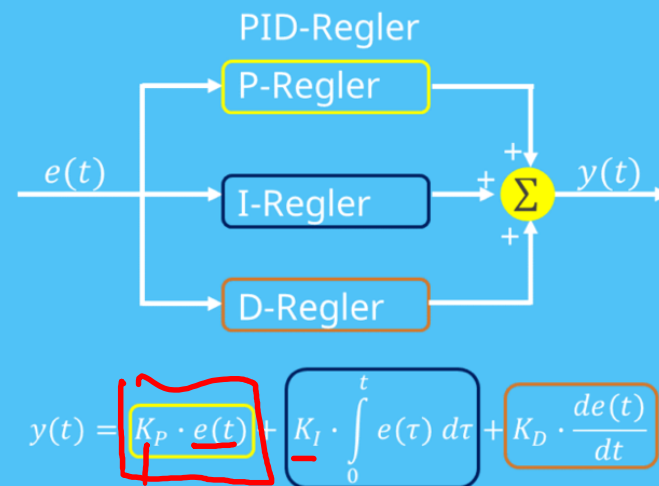
Die Möglichkeiten unterscheiden sich somit darin, dass bei der Regelungstechnik Störgrößen berücksichtigt werden können und das geschlossene System bspw. auf Temperaturschwankungen reagieren kann.

# PID-REGLER

Theorie der Regelungstechnik



Ein PID Regler setzt sich aus einem P-Glied, einem I-Glied und einem D-Glied zusammen. Das bedeutet, dass die Steuergröße  $u(t)$  bzw. hier Stellgröße  $y(t)$  aus Proportional-, Integral- und Differentialanteilen der Regeldifferenz gebildet wird. Der Regler beinhaltet die Berechnung der **Regeldifferenz** aus dem Sollwert und Istwert.





## Was ist die Regeldifferenz in der Praxis?

Als Industriemeister der Elektrotechnik soll die Temperatur eines Gewächshauses geregelt werden. Die Temperatur soll  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  betragen, aber es wird eine Ist-Temperatur von  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  gemessen. Beschreibe was unter Regeldifferenz und Regelabweichung verstanden wird. Gib die konkreten Werte in Kelvin an.

# Verständnisaufgabe

Theorie der Regelungstechnik

Als Industriemeister der Elektrotechnik soll die Temperatur eines Gewächshauses geregelt werden. Die Temperatur soll 20 °C betragen, aber es wird eine Ist-Temperatur von 18 °C gemessen. Beschreibe was unter Regeldifferenz und Regelabweichung verstanden wird. Gib die konkreten Werte in Kelvin an.

Regeldifferenz

$$e = w - v$$

Regelabweichung

$$x_w = r - w$$

# Verständnisaufgabe

## Theorie der Regelungstechnik

Als Industriemeister der Elektrotechnik soll die Temperatur eines Gewächshauses geregelt werden. Die Temperatur soll  $20\text{ °C}$  betragen, aber es wird eine Ist-Temperatur von  $18\text{ °C}$  gemessen. Beschreibe was unter Regeldifferenz und Regelabweichung verstanden wird. Gib die konkreten Werte in Kelvin an.

Die Regeldifferenz ist in der Regelungstechnik die Differenz  $e=w-y_M$  zwischen dem vorgegebenen augenblicklichen Wert oder Sollwert  $w$  (der Führungsgröße) und dem gemessenen Wert oder Istwert  $y$  der Regelgröße.

Soll die Temperatur in einem Gewächshaus  $20\text{ °C}$  betragen, aber es wird eine Ist-Temperatur von  $18\text{ °C}$  gemessen, so beträgt die Regeldifferenz  $+2\text{ K}$  (Kelvin).

Die Regelabweichung dagegen ist die Differenz  $x_W=Y_M-w$  zwischen Istwert  $y_m$  und Sollwert  $w$ , also die negative Regeldifferenz:  $X_W=-e$ . Dies wären  $-2\text{ K}$ .

Die Aufgabe einer Regelung besteht darin, den Betrag der Regeldifferenz zu verringern, im Idealfall auf Null zu bringen.

P I D

Ein P-Regler ist ein Übertragungsglied in der Regelungstechnik, bei dem sich der Ausgangswert (*Stellgröße*  $y$ ) proportional zur Regeldifferenz  $e$  verändert. Einer Änderung der Regelabweichung  $e$  folgt eine proportionale Änderung der Stellgröße  $y$ . Die Stärke der Stellgrößenänderung beschreibt der

Proportionalitätsbeiwert  $(K_p = \frac{\Delta y}{\Delta e})$ .

Sensibilität des Reglers

### Nachteile

Ein Nachteil eines Reglers, der nur einen Proportionalanteil (P-Regler) besitzt, besteht darin, dass die Regelabweichung  $e(t)$  nicht vollständig auf Null reduziert werden kann. Das bedeutet, dass der Sollwert und der Istwert nie exakt übereinstimmen. Für die Regelabweichung in einem eingeschwingenen System mit negativem Rückkopplungs-Regelkreis und einem P-Regler, der auf einen Einheitssprung reagiert, gilt folgende Gleichung:

P I D

Der I-Regler beziehungsweise das I-Glied in einem Regler **bezeichnet das Verhalten eines Übertragungsgliedes in der Regelungstechnik**. I-Regler weisen ein integratives Übertragungsverhalten auf, sind vergleichsweise langsame Regler und besitzen im störungsfreien Fall jedoch keine Regelabweichung.

### Regelabweichung

Eine wesentliche Eigenschaft des I-Reglers ist, dass er die Regelabweichung vollständig beseitigt, sodass Sollwert und Istwert des Systems übereinstimmen. Allerdings reagiert der I-Regler im Vergleich eher träge auf Veränderungen des Sollwerts.

P I **D**

Der D-Anteil betrachtet nicht die eigentlichen Werte der Regeldifferenz, sondern deren zeitliche Änderung. Dadurch ist es möglich den aktuellen Trend der Regeldifferenz festzustellen und ihren zukünftigen Wert zu schätzen. Entsprechend ist das Ziel eines D-Reglers nicht die Regeldifferenz zu 0 werden zu lassen, sondern, dass keine Änderung der Regeldifferenz mehr auftritt.

Regelabweichung

$$y(t) = K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

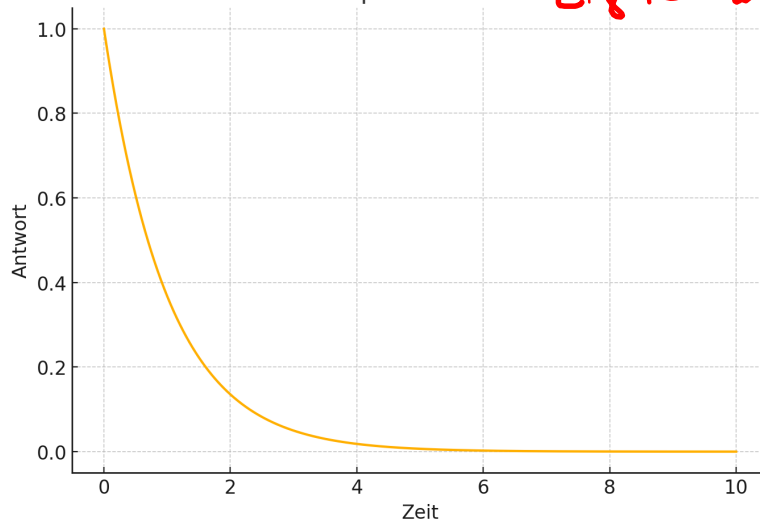
Betrachtung der Änderung  
der Regelabweichung

# SPRUNGANTWORTEN

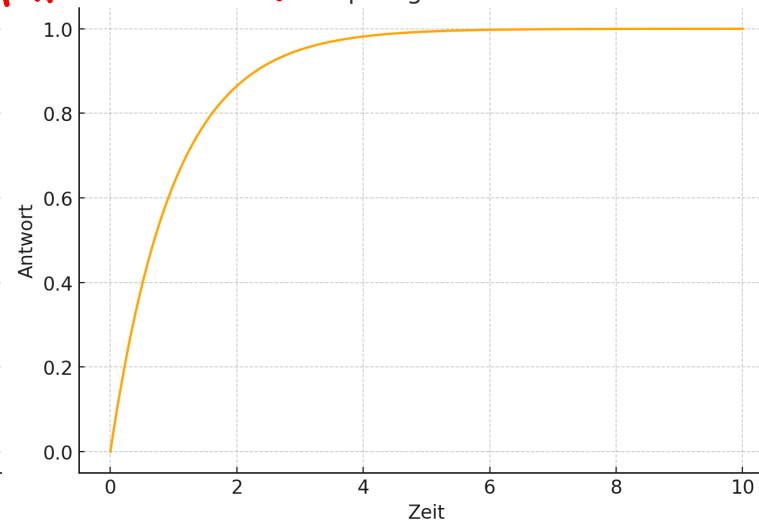
Theorie der Regelungstechnik

Ausgangsfunktionen zur Bestimmung der Eigenschaften der Regelstrecke

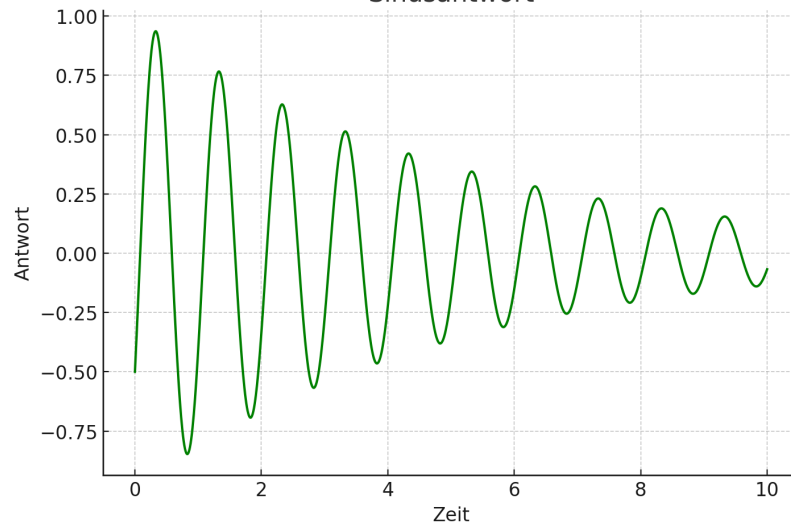
Impulsantwort



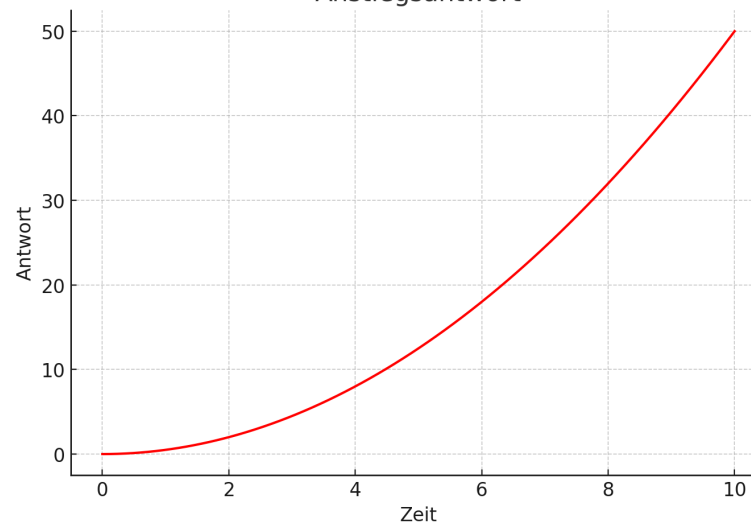
Sprungantwort



Sinusantwort



Anstiegsantwort



Impulsantwort

- unendlich hohe Amplitude
- unendlich kurze Dauer
- Informationen über dynamisches Verhalten Systems

Sprungantwort

- Systemantwort auf plötzliche, dauerhafte Änderung
- Information über Stabilität und Geschwindigkeit des Systems

Sinusantwort

- Systemantwort auf harmonische Schwingung
- Information über Resonanzverhalten

Anstiegsantwort

- linearer Anstieg über

# Klausuraufgabe - Steuerung

Reaktionsgleichungen

Für den Betrieb einer neuen Großpresse ist es besonders wichtig, die "Drehfrequenzregelung des Hauptantriebs" und die "Lagerregelung des Bandvorschubs" zu verstehen.

Um sicherzustellen, dass die Anlage rechtzeitig in Betrieb genommen werden kann, musst du die grundlegenden Merkmale der Regelstrecke für die "Drehfrequenzregelung des Hauptantriebs" kennen.

- a. Nenne drei Ausgangsfunktionen, die du zur Identifikation der Regelstrecke verwenden kannst.
- b. Die Lagerregelung des Bandvorschubs sollte am Prozessleitsystem visualisiert werden. Vervollständige die fehlenden Verbindungen mit Richtungspfeilen und Formeleinheiten im Signalflussplan für die Lagerregelung des Bandvorschubs. Ignoriere dabei Störungen.

## b ZEICHNEN

# Klausuraufgabe - Steuerung

Reaktionsgleichungen

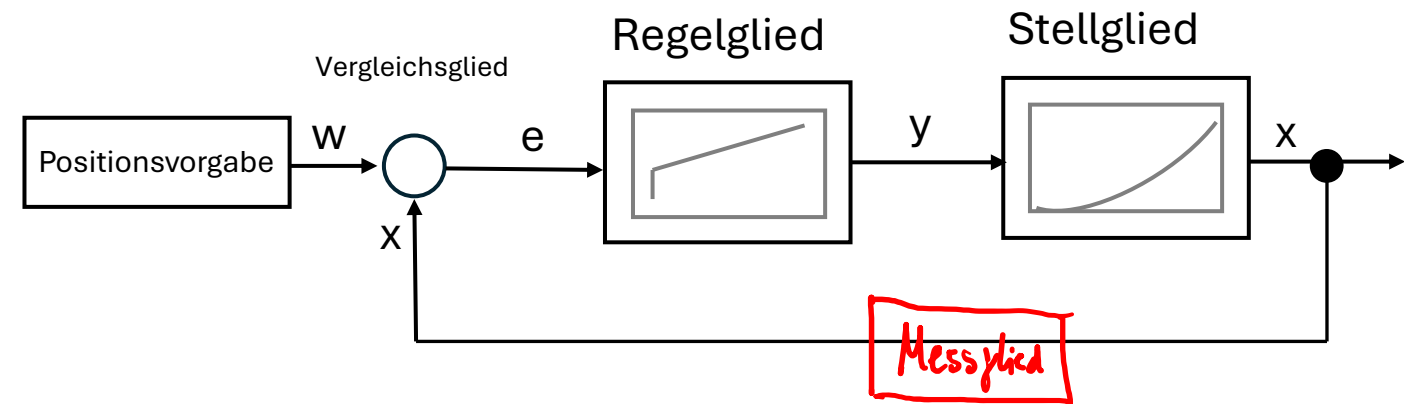
Für den Betrieb einer neuen Großpresse ist es besonders wichtig, die "Drehfrequenzregelung des Hauptantriebs" und die "Lagerregelung des Bandvorschubs" zu verstehen.

Um sicherzustellen, dass die Anlage rechtzeitig in Betrieb genommen werden kann, musst du die grundlegenden Merkmale der Regelstrecke für die "Drehfrequenzregelung des Hauptantriebs" kennen.

- Nenne drei Ausgangsfunktionen, die du zur Identifikation der Regelstrecke verwenden kannst.
- Die Lagerregelung des Bandvorschubs sollte am Prozessleitsystem visualisiert werden. Vervollständige die fehlenden Verbindungen mit Richtungspfeilen und Formeleinheiten im Signalflussplan für die Lagerregelung des Bandvorschubs. Ignoriere dabei Störungen.

## a. Sprungantwort, Sinusantwort, Impulsantwort

## b. Wir müssen keine Störgröße einzeichnen.



# REGLEROPTIMIERUNG

Theorie der Regelungstechnik



Ein Regler muss so eingestellt werden, dass er das gewünschte Verhalten des Systems optimal regelt, d.h. schnell und stabil auf Änderungen im Prozess reagiert. Um dies zu erreichen, kann eine **Regleroptimierung** durchgeführt werden. Dies bedeutet, die Reglereinstellungen (z.B. den **Proportionalfaktor  $K_P$** , die **Integrationszeit  $T_I$**  und die **Differenzialzeit  $T_D$**  so zu wählen, dass die Regelung bestmöglich funktioniert.

P-Anteil

I-Anteil

D-Anteil

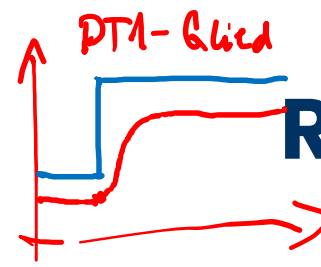
Welche Informationen benötige ich, um einen Regler zu optimieren?

*s.o. im Infotext*

Was für Methoden existieren, um Regler zu optimieren?

**Ziegler-Nichols** ist eine etablierte Methode, bei der der Regler zuerst als P-Regler betrieben wird, und durch stufenweise Erhöhung des Proportionalanteils die kritischen Werte ermittelt werden. Diese Methode eignet sich gut für Regelkreise, die zum Schwingen gebracht werden können. Das **CHR-Verfahren** hingegen bietet eine alternative Methode zur Optimierung und legt den Fokus stärker auf die Stabilität nach Störungen oder Sollwertänderungen.

$PT_n$ -Glied



# REGLEROPTIMIERUNG

Theorie der Regelungstechnik

Welche Informationen benötige ich, um einen Regler zu optimieren?

**Art der Regelstrecke:** Zuerst musst du wissen, um welche Art von Regelstrecke es sich handelt (z.B. PT1-Strecke, I-Strecke, PID-Strecke). Das Verhalten der Regelgröße ist entscheidend.

**Zeitverhalten der Regelstrecke:** Ist die Regelstrecke träge oder schnell? Das Zeitverhalten der Strecke bestimmt, wie schnell der Regler auf Änderungen reagieren muss.

**Optimierung nach Stör- oder Führungsverhalten:** Wird die Regelung häufiger durch plötzliche Störungen beeinflusst, oder soll sie stabil einem Sollwert folgen? Je nach Fall müssen die Reglereinstellungen unterschiedlich sein.

**Schwingungsverhalten:** Kann die Regelung zum Schwingen gebracht werden? Wenn ja, ist dies für die Wahl der richtigen Optimierungsmethode entscheidend.

**Akzeptierbare Regelabweichungen:** Soll die Regelung exakt den Sollwert halten, oder sind kleine Abweichungen tolerierbar? Diese Information hilft, den Regelprozess anzupassen.

gut geeignet für Regelkreise, die Schwingfähig sind

## Ziegler-Nichols-Methode

Diese Methode ist eine häufig verwendete Methode zur **Einstellung eines PID-Reglers**. Der Ablauf dieser Methode kann in den folgenden Schritten zusammengefasst werden:

- 1. Regler von Hand auf Sollwert einstellen:** Der Regler wird manuell gesteuert, um einen festen Sollwert zu erreichen.
- 2. P-Regler einstellen:** Zunächst wird der Regler als reiner P-Regler betrieben. Die **Integrationszeit  $T_I$**  wird auf maximal, die **Differenzialzeit  $T_D$**  auf minimal gestellt.
- 3.  $K_p$ -Wert erhöhen:** Stufenweise wird der **Proportionalwert  $K_p$**  erhöht, bis der Regelkreis anfängt, gleichmäßig zu schwingen. Dieser Punkt wird als **kritischer  $K_p$ -Wert** bezeichnet.
- 4. Schwingungsperiode messen:** Aus der entstandenen Schwingung wird die **kritische Schwingungsperiode  $T_{krit}$**  gemessen.
- 5. Einstellwerte berechnen:** Mit den gemessenen Werten  $K_{pkrit}$  und  $T_{krit}$  können nach einer vorgegebenen Tabelle (Ziegler-Nichols-Tabelle) die optimalen Werte für den Proportional-, Integrations- und Differenzialanteil des Reglers berechnet werden.
- 6. Regler testen:** Die berechneten Werte werden am Regler eingestellt und in der Praxis getestet. Anschließend wird überprüft, ob der Regelkreis stabil und effizient arbeitet.

### CHR-Verfahren (Chien, Hrones und Reswick)

Das **CHR-Verfahren** ist eine weitere Methode zur Regleroptimierung, die insbesondere auf das Verhalten der Regelung nach Störungen oder Sollwertänderungen ausgerichtet ist. Im Gegensatz zu Ziegler-Nichols liegt der Fokus hier auf der **Stabilität** und der Optimierung nach **Stör- oder Führungsverhalten**.

1. **Überprüfung der Stabilität:** Zuerst wird überprüft, ob der Regelkreis stabil arbeitet. *->es liegt keine Störung vor*
2. **Regelung manuell einstellen:** Die Regelung wird auf einen festen Sollwert von Hand eingestellt, und der **Ausgangswert** wird sprunghaft um etwa 10–20 % verändert.
3. **Kurvenverlauf aufzeichnen:** Der Verlauf der Regelgröße wird aufgezeichnet (z.B. mit einem Schreiber oder einer digitalen Aufzeichnung).
4. **Kennwerte ermitteln:** Aus der aufgezeichneten Kurve werden die notwendigen Parameter zur Berechnung der Reglereinstellungen abgeleitet (z.B.  $K_s$ ,  $T_b$ ,  $T_e$ ).
5. **Werte am Regler einstellen:** Die berechneten Reglereinstellungen werden am Regler eingestellt und getestet, um zu sehen, ob das System wie gewünscht reagiert.

6. *Reglerverhalten testen*



## Was tun Ventile konkret in der Regelungstechnik?

In der Regelungstechnik spielen Ventile eine zentrale Rolle, da sie als Stellglieder agieren. Das bedeutet, sie beeinflussen den Prozess, indem sie den Durchfluss von Flüssigkeiten, Gasen oder Dampf regulieren. Dabei folgt das Ventil den Befehlen des Reglers, um eine gewünschte Prozessgröße (z.B. Temperatur, Druck, Füllstand) auf einem bestimmten Sollwert zu halten.

S.206

### Was ist der $K_v$ – Wert?

Der **Kv-Wert** eines Ventils gibt an, wie viel Wassermenge in Kubikmeter pro Stunde ( $m^3/h$ ) durch das Ventil fließen kann, wenn ein Druckverlust von 1 bar vorliegt.

Der Wert ist eine wichtige Kennzahl für die **Durchflusscharakteristik** eines Ventils. Er beschreibt, wie gut das Ventil den Durchfluss steuert.

Ein höherer Kv-Wert bedeutet, dass mehr Flüssigkeit durch das Ventil fließen kann, ein niedrigerer Kv-Wert bedeutet einen geringeren Durchfluss.

Typischerweise wird der Kv-Wert genutzt, um die passende Größe eines Ventils für eine bestimmte Anwendung zu bestimmen.

### Was ist der $K_{vs}$ – Wert?

Der **Kvs-Wert** ist der maximale Kv-Wert eines Ventils, wenn dieses vollständig geöffnet ist. Er stellt die Durchflusskapazität bei voller Öffnung dar.

Er ist also der höchste Kv-Wert, den ein Ventil haben kann. Der Kvs-Wert wird genutzt, um Ventile zu vergleichen und sicherzustellen, dass sie für den gewünschten Anwendungsfall geeignet sind.

### Was passiert bei einem falschen Kv-Wert oder einem falschen Kvs-Wert?

### Was passiert bei einem falschen Kv-Wert oder einem falschen Kvs-Wert?

Wird ein Ventil mit einem **zu niedrigen Kv-Wert** eingesetzt, kann der gewünschte Durchfluss nicht erreicht werden. Das System reagiert langsamer, und es kommt zu ungewollten Regelabweichungen.

Ist der **Kv-Wert zu hoch**, reagiert das Ventil möglicherweise zu schnell und unkontrolliert, was zu Überschwingen oder Instabilitäten im Regelkreis führen kann.

Ein falscher Kvs-Wert führt dazu, dass das Ventil im vollständig geöffneten Zustand nicht den gewünschten Durchfluss erreicht, was wiederum die gesamte Regelung beeinträchtigt.

# Klausuraufgabe - Ventil

Reaktionsgleichungen

Durch einen Defekt musste das Dampfventil gegen ein anderes Ventil ausgetauscht werden. Nach dem Austausch bemerkst du, dass die Temperaturregelung TIRC103 ein anderes Verhalten zeigt.

- Beschreibe eine mögliche Ursache für diese Veränderung.
- Beschreibe zwei Möglichkeiten, wie du das Problem beheben kannst.

- a)
- anderes Stellverhalten
  - andere Kennlinie
  - anderer  $k_v$  bzw.  $k_{vs}$ -Wert

- b)
- Stellgröße anpassen
  - Regelparameter neu berechnen / Werte neu einstellen
  - Ventil austauschen

# Klausuraufgabe – Ventil

## Reaktionsgleichungen

Durch einen Defekt musste das Dampfventil gegen ein anderes Ventil ausgetauscht werden. Nach dem Austausch bemerkst du, dass die Temperaturregelung TIRC103 ein anderes Verhalten zeigt.

- a) Beschreibe eine mögliche Ursache für diese Veränderung.
- b) Beschreibe zwei Möglichkeiten, wie du das Problem beheben kannst.

- a. Es kann sein, dass ein Ventil mit einer anderen Kennlinie oder einem anderen  $K_v$ - bzw.  $K_{vs}$ -Wert eingebaut wurde. Beide Faktoren können das Regelverhalten stark beeinflussen.
- b. Überprüfe das Ventil und tausche es gegebenenfalls gegen ein Ventil mit der richtigen Kennlinie oder dem passenden  $K_v$ - bzw.  $K_{vs}$ -Wert aus.

Passe den Regler an, indem du die Regelparameter neu berechnest und auf die veränderten Bedingungen einstellst.

# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

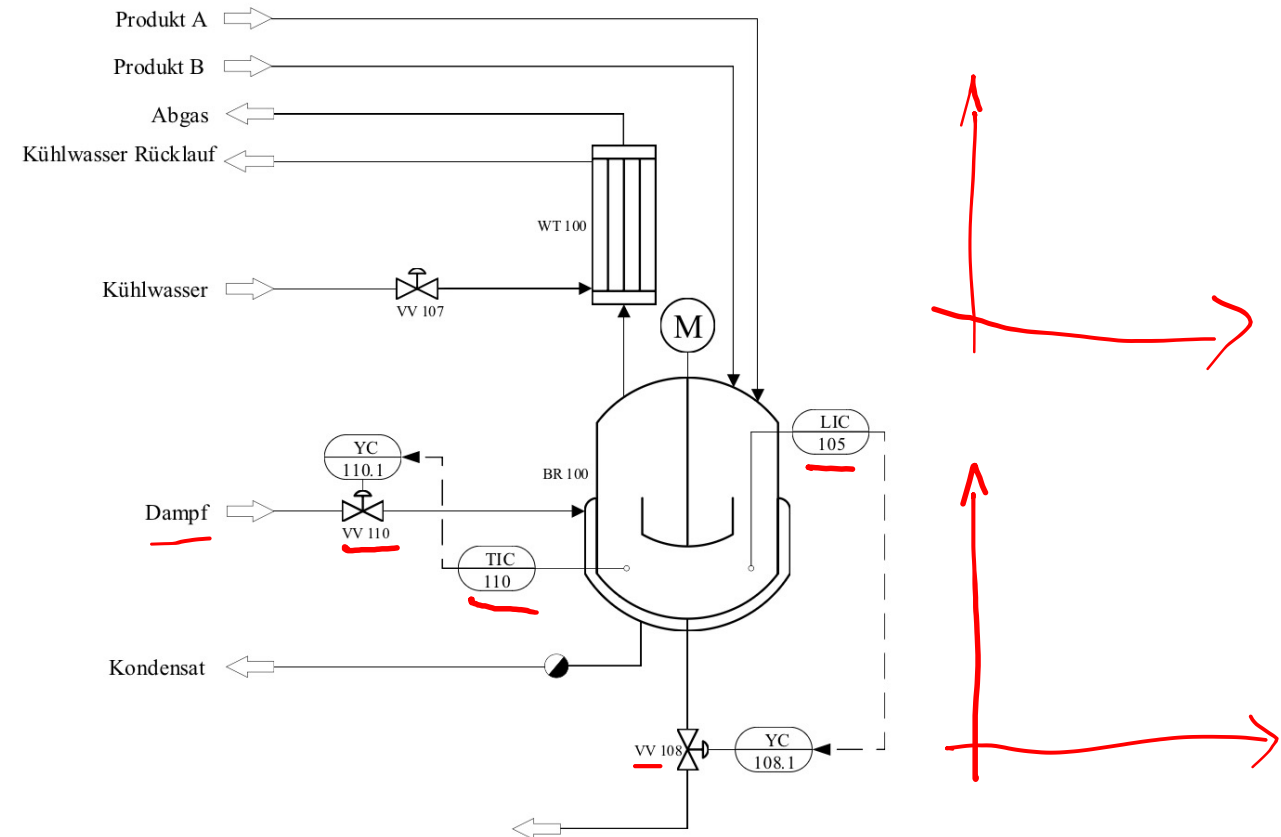
a) Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.

b) Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.

c) Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.

d) Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.

e) Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.



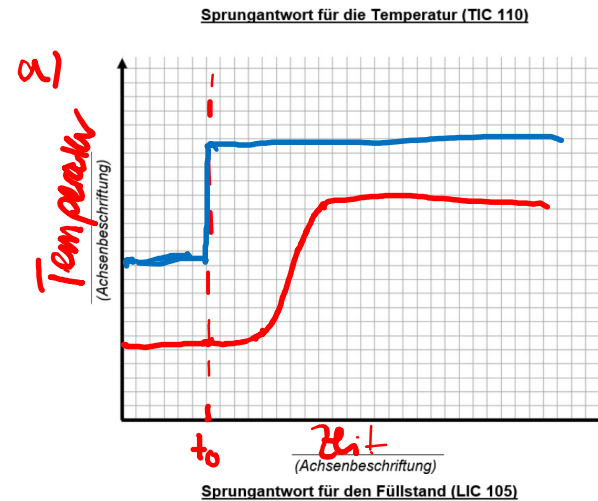
# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

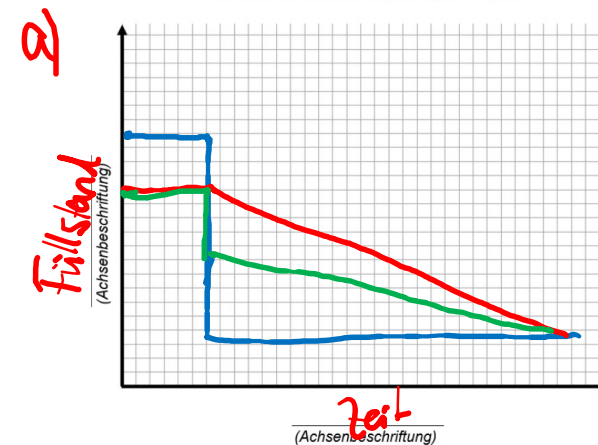
Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

- Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangsantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.
- Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.
- Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.
- Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.
- Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.



Stellgrößenänderung VV 110  
Temperatur mit Verzögerung

- PI-Regelstrecke
- PID-Regler



Stellgrößenänderung VV 108  
lineare Abnahme

- I-Regelstrecke
- PI-Regler

# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

a) Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.

b) Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.

c) Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.

d) Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.

e) Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.

# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

a) Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.

b) Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.

c) Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.

d) Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.

e) Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.

# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

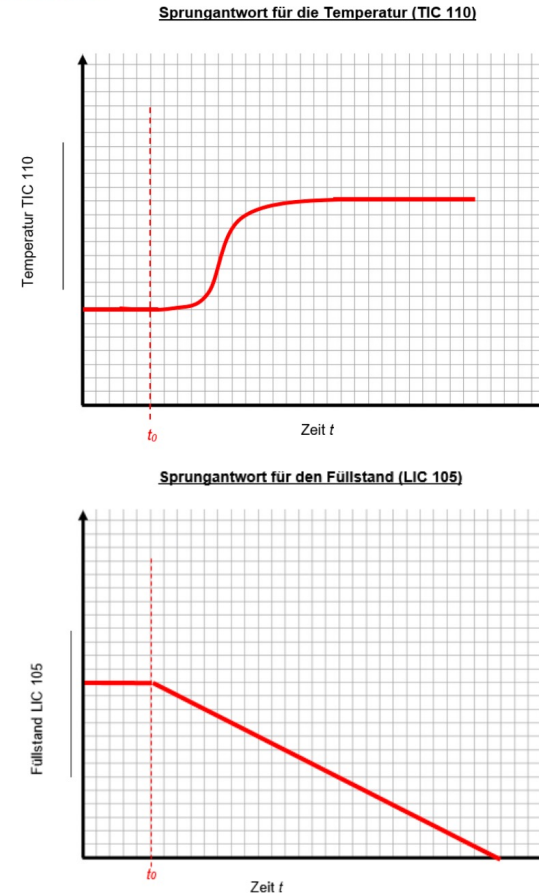
a) Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangsantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.

b) Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.

c) Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.

d) Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.

e) Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.



**Sprungantwort der Temperaturregelung (TIC 110):** Bei einer Änderung am Ventil VV 110 steigt die Temperatur verzögert an, bis sie sich stabilisiert (charakteristisch für eine PT1-Strecke). Die Achsen sind mit „Temperatur“ und „Zeit“ beschriftet.

**Sprungantwort der Füllstandsregelung (LIC 105):** Bei einer Änderung am Ventil VV 108 fällt der Füllstand linear ab (typisch für eine I-Strecke). Die Achsen sind mit „Füllstand“ und „Zeit“ beschriftet.

# Klausuraufgabe - Regelungstechnik

## Reaktionsgleichungen

In deinem Betrieb gibt es einen Rührkessel BR 100 (siehe Fließschema in Anlage 2), der eine Temperaturregelstrecke (TIC 110) und eine Füllstandsregelstrecke (LIC 105) hat.

Dein Ziel ist es, deinen Auszubildenden das Verhalten der Regelstrecken und die richtige Auswahl der Regler (P, PI, PID) zu erklären. Die Auszubildenden kennen die Reglerarten, wissen aber nicht genau, wie diese in verschiedenen Regelkreisen angewendet werden.

a) Zeige deinen Auszubildenden das Streckenverhalten der Temperatur- und Füllstandsregelstrecke, indem du die **Sprungantworten** (Übergangantwort) skizzierst und die Achsen beschriftest. Nutze dafür die Anlage 3 und gehe von einer Stellgrößenänderung an den Ventilen VV 110 und VV 108 aus.

b) Nenne die regelungstechnische Bezeichnung der beiden Regelstrecken.

c) Gib an, welchen Regler du für jede der beiden Strecken einsetzen würdest, um Abweichungen vom Sollwert komplett zu vermeiden.

d) Einer deiner Auszubildenden möchte wissen, ob für die Temperaturregelstrecke auch ein reiner D-Regler verwendet werden kann. Beantworte die Frage.

e) Erkläre, was passiert, wenn der Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung zu hoch gewählt wird.

b.

TIC 110 = Regelstrecke mit Ausgleich, 2. bis 3. Ordnung (PT1/2-Strecke)

LIC 105 = Regelstrecke ohne Ausgleich (I-Strecke)

c.

TIC 110: Hier sollte ein PID-Regler verwendet werden, da diese Strecke eine höhere Regelgenauigkeit erfordert und mögliche Verzögerungen im System ausgleichen muss.

LIC 105: Ein PI-Regler ist ausreichend, da es sich um eine I-Strecke handelt und kleine Abweichungen akzeptabel sind.

d.

Ein reiner D-Regler ist für die Temperaturregelung nicht sinnvoll. D-Regler reagieren nur auf die Änderungsrate der Abweichung und führen ohne P- oder I-Anteil oft zu instabilen Regelungen. Für stabile Regelungen braucht man mindestens einen PI- oder PID-Regler.

e.

Ein zu hoher Proportionalbeiwert bei der Füllstandsregelung führt zu Instabilität. Das System würde stark auf kleine Abweichungen reagieren, was zu einem ständigen Schwanken des Füllstands führen könnte. Dies resultiert oft in einem Überschwingen oder unruhigem Regelverhalten.

# Klausuraufgabe – ORIGINAL IHK

## Reaktionsgleichungen

### Aufgabe 7

Das Verhalten eines Reglers (PI- oder PID-Regler) ist unbefriedigend und muss optimiert werden.

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Geben Sie drei Informationen an, die Sie für die Optimierung des Reglers im Vorfeld benötigen.

**b** Mögliche Punktzahl: 11

Beschreiben Sie den Ablauf einer Optimierungsmethode in Stichpunkten.

# Klausuraufgabe – ORIGINAL IHK

## Reaktionsgleichungen

### Aufgabe 7

Das Verhalten eines Reglers (PI- oder PID-Regler) ist unbefriedigend und muss optimiert werden.

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Geben Sie drei Informationen an, die Sie für die Optimierung des Reglers im Vorfeld benötigen.

**b** Mögliche Punktzahl: 11

Beschreiben Sie den Ablauf einer Optimierungsmethode in Stichpunkten.

**a** Mögliche Punktzahl: 6

Z. B.:

- Art der Regelstrecke (Regelgröße)
- Zeitverhalten der Regelstrecke (träge, sehr träge)
- Optimierung nach Störverhalten oder Führungsverhalten (konti-/diskonti-Fahrweise)
- Kann die Regelung zum Schwingen gebracht werden (wg. Methodenwahl)?
- Können Regelabweichungen akzeptiert werden?
- Soll der Regler schnell reagieren?

**b** Mögliche Punktzahl: 11

Optimierungsmethode nach Ziegler/Nichols:

- die Regelung von HAND auf Sollwert einstellen
- den Regler als reinen P-Regler einstellen mit  $K_P$ -Index = 1 ( $T_i$  auf Max.,  $T_d$  auf Min. einstellen)
- den Regler auf AUTOMATIK einstellen
- geringe Sollwertänderungen vornehmen (Regelung sollte stabil bleiben).
- stufenweise den  $K_P$ -Wert erhöhen und jeweils eine Führungsgrößenänderung vornehmen
- Bei dem  $K_P$ -Wert, bei dem die Regelung anfängt, gleichmäßig zu schwingen, ist der Kritische  $K_P$ -Wert  $K_{Pkrit}$  erreicht.
- aus einer kompletten Schwingungsamplitude die kritische Zeit  $T_{krit}$  ermitteln
- nach der Tabelle Ziegler/Nichols die Reglerkenngrößen berechnen
- neue Werte am Regler einstellen und Verhalten testen

**Hinweis für den Korrektor:**

Alternative:

CHR-Verfahren ( $T_e/T_b$ -Methode nach Chien, Hrones und Reswick):

- die Stabilität der Regelung überprüfen (Es liegt keine Störung vor.)
- die Regelung am Sollwert auf HAND einstellen
- den  $y$ -Wert von HAND sprunghaft um ca. 10 bis 20 % verändern
- den Verlauf der Regelgröße aufzeichnen (konventioneller Schreiber oder Ausdruck PLS)
- den Kurvenverlauf auswerten ( $K_s$ ,  $T_e$  und  $T_b$  ermitteln)
- aus der Tabelle (nach CHR) die Einstellwerte des Reglers nach Stör- oder Führungsverhalten berechnen
- die ermittelten Werte am Regler einstellen
- das Verhalten des Reglers testen