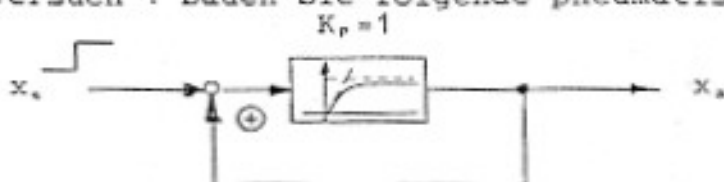


Im RT- Versuch 1 bauen Sie folgende pneumatische Schaltung auf:



1. Die Differentialgleichung für ein Verzögerungsglied 1. Ordnung (z. B. Drossel-Speicher-System) lautet:

$$T_{0,1} \dot{x}_s + x_s = x_e$$

Geben Sie die zugehörige Übertragungsfunktion  $G_{0,1}(s) = X_s(s)/X_e(s)$  durch Transformation in die Bildebene  $s$  an.

$$G_{0,1}(s) =$$

2. Wie berechnet man allgemein die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{0,1}(s)$  einer Rückkopplungsschaltung mit  $G_1(s)$  im Vorwärtszweig und  $G_2(s)$  im Rückwärtszweig?

$$G_{0,1}(s) =$$

Wie lauten speziell für die oben angegebene Schaltung  $G_1(s)$  und  $G_2(s)$ ?

$$G_1(s) =$$

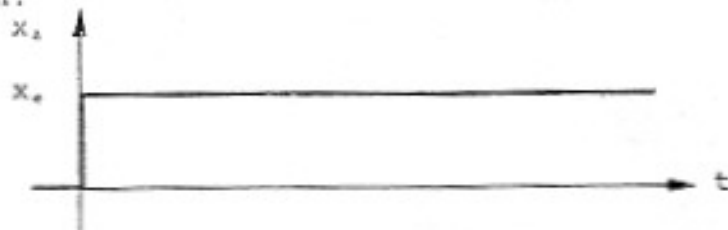
$$G_2(s) =$$

Berechnen Sie jetzt die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{0,1}(s)$ .  
 (Achtung! Vorzeichen der Rückführung beachten!)

$$G_{0,1}(s) =$$

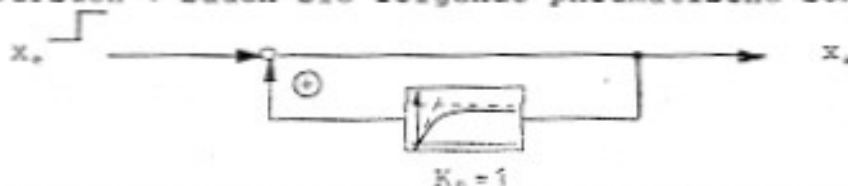
3. Geben Sie durch Rücktransformation in den Zeitbereich die Differentialgleichung der obigen Schaltung an.

4. Skizzieren Sie den Verlauf der Sprungantwort des Gesamtsystems in untenstehendes Diagramm. Zeichnen Sie auch die Zeitkonstante  $T_{0,1}$  ein!



Wie würden Sie solch ein System bezeichnen?

Im RT-Versuch 1 bauen Sie folgende pneumatische Schaltung auf:



1. Die Differentialgleichung für ein Verzögerungsglied 1. Ordnung (z. B. Drossel-Speicher-System) lautet:

$$T_{ps} \dot{x}_a + x_a = x_e$$

Geben Sie die zugehörige Übertragungsfunktion  $G_{0,1}(s) = X_a(s)/X_e(s)$  durch Transformation in die Bildebene  $s$  an.

$$G_{0,1}(s) =$$

2. Wie berechnet man allgemein die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{0,2}(s)$  einer Rückkopplungsschaltung mit  $G_1(s)$  im Vorwärtszweig und  $G_2(s)$  im Rückwärtszweig?

$$G_{0,2}(s) =$$

Wie lauten speziell für die oben angegebene Schaltung  $G_1(s)$  und  $G_2(s)$ ?

$$G_1(s) =$$

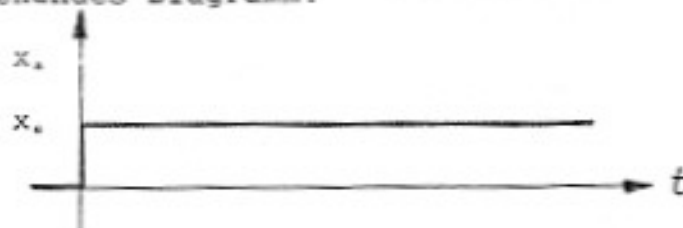
$$G_2(s) =$$

Berechnen Sie jetzt die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{0,2}(s)$ .  
 (Achtung! Vorzeichen der Rückführung beachten!)

$$G_{0,2}(s) =$$

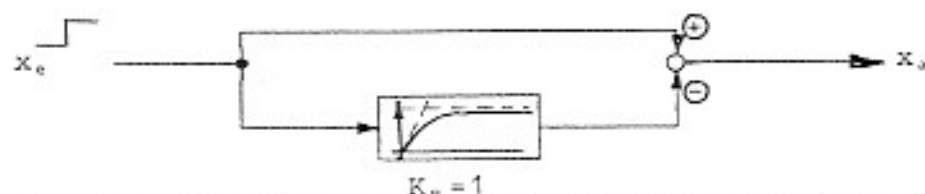
3. Ermitteln Sie durch Rücktransformation in den Zeitbereich die Differentialgleichung der obigen Schaltung.

4. Skizzieren Sie den Verlauf der Sprungantwort des Gesamtsystems in untenstehendes Diagramm.



Wie würden Sie solch ein System bezeichnen?

Im RT-Versuch 1 bauen Sie folgende pneumatische Schaltung auf:



1. Die Differentialgleichung für ein Verzögerungsglied 1. Ordnung (z. B. Drossel-Speicher-System) lautet:

$$T_{0,1} \dot{x}_a + x_a = x_e$$

Geben Sie die zugehörige Übertragungsfunktion  $G_{0,1}(s) = X_a(s)/X_e(s)$  durch Transformation in die Bildebene  $s$  an.

$$G_{0,1}(s) =$$

2. Wie berechnet man allgemein die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{ges}(s)$  einer Parallelschaltung bestehend aus den Teilübertragungsfunktionen  $G_1(s)$  und  $G_2(s)$ ?

$$G_{ges}(s) =$$

Wie lauten speziell für die oben angegebene Schaltung  $G_1(s)$  (oberer Pfad) und  $G_2(s)$  (unterer Pfad)?

$$G_1(s) =$$

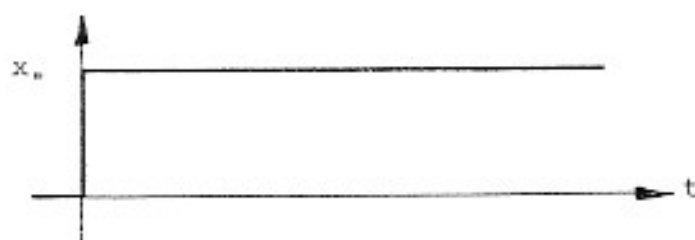
$$G_2(s) =$$

Berechnen Sie jetzt die Gesamtübertragungsfunktion  $G_{ges}(s)$ ! (Achtung! Vorzeichen im unteren Pfad beachten!) Bringen Sie Ihr Endergebnis auf einen gemeinsamen Nenner.

$$G_{ges}(s) =$$

3. Ermitteln Sie durch Rücktransformation in den Zeitbereich die zugehörige Differentialgleichung!

4. Skizzieren Sie den Verlauf der Sprungantwort in untenstehendes Diagramm. Tragen Sie auch die Zeitkonstante  $T_{0,1}$  ein.



Wie würden Sie solch ein System bezeichnen?

Beim RT-Versuch 5 lernen Sie durch Aufzeichnen und Analysieren von Sprungantworten das dynamische Verhalten eines pneumatischen Reglers abhängig von den drei einstellbaren Parametern  $K_{RC}$ ,  $T_{RC}$  und  $T_{vC}$  kennen.

1. Nennen Sie die vier mechanischen Elemente aus denen sich das Kreuzbalgsystem des zu untersuchenden pneumatischen Reglers zusammensetzt und die auch zur Herleitung der das System beschreibenden Gleichung verwendet werden.

- a) .....  
 b) .....  
 c) .....  
 d) .....

2. Die Übertragungsfunktion eines PID-Reglers nach DIN 19226 lautet:

$$G_R(s) = Y(s)/E(s) = K_R ( 1 + 1/T_N \cdot s + T_V \cdot s )$$

Wie lautet die Differentialgleichung, die dieses System beschreibt?

$$Y_R(t) =$$

3. Wie müssen die Parameter  $K_R$ ,  $T_N$  und  $T_V$  (variabel, 0 oder  $\infty$ ) gewählt werden, daß der Regler PI-Verhalten zeigt?

$$K_R = \quad T_N = \quad T_V =$$

Geben Sie für den PI-Regler sowohl die Übertragungsfunktion als auch die zugehörige Differentialgleichung an.

$$G_{R,PI}(s) = \quad Y_{R,PI}(t) =$$

4. Zeichnen Sie qualitativ die Sprungantwort eines PI-Reglers auf einen Eingangssprung  $e_s$  in untenstehendes Diagramm. Tragen Sie auch die das System beschreibenden Parameter ein!



Beim RT-Versuch 5 lernen Sie durch Aufzeichnen und Analysieren von Sprungantworten das dynamische Verhalten eines pneumatischen Reglers abhängig von den drei einstellbaren Parametern  $K_{Rz}$ ,  $T_{Rz}$  und  $T_{Vz}$  kennen.

1. Wird der Kreuzbalgregler als PID-Regler verwendet, so sind die wirksamen Parameter  $K_R$ ,  $T_N$  und  $T_V$  nicht mit den eingestellten Parametern  $K_{Rz}$ ,  $T_{Rz}$  und  $T_{Vz}$  identisch. Wie berechnet sich der sog. Abhängigkeitsfaktor  $A$ , der den Zusammenhang zwischen den Parametern beschreibt?

$A = \dots\dots\dots$

Wie lautet der Zusammenhang zwischen wirksamen und eingestellten Parametern abhängig von  $A$ ?

$K_R = \dots\dots\dots$                        $T_N = \dots\dots\dots$                        $T_V = \dots\dots\dots$

2. Folgende Differentialgleichung beschreibt das Verhalten des Kreuzbalgreglers als PID-Regler im Zeitbereich:

$$y(t) = K_R \left[ e(t) + \frac{1}{T_N} \int e(t) dt + T_V \dot{e}(t) \right]$$

Geben Sie die zugehörige Übertragungsfunktion  $G_R(s) = Y(s)/E(s)$  im Bildbereich  $s$  an.

$G_R(s) = \dots\dots\dots$

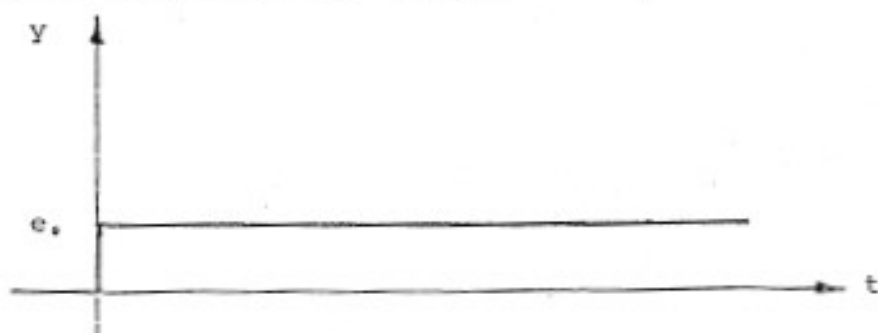
3. Wie müssen die Parameter  $K_R$ ,  $T_N$  und  $T_V$  (variabel, 0 oder  $\infty$ ) gewählt werden, daß der Regler reines P-Verhalten zeigt?

$K_R = \dots\dots\dots$                        $T_N = \dots\dots\dots$                        $T_V = \dots\dots\dots$

Wie lauten Übertragungsfunktion und Differentialgleichung für einen P-Regler?

$G_{P, r}(s) = Y(s)/E(s) = \dots\dots\dots$                        $y_{P, r}(t) = \dots\dots\dots$

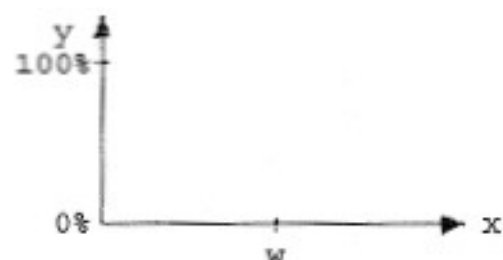
1. Zeichnen Sie qualitativ die Sprungantwort eines P-Reglers auf einen Eingangssprung  $e_s$  in untenstehendes Diagramm für mindestens zwei verschiedene Werte von  $K_R$  ein. Tragen Sie auch den das System beschreibenden Parameter ein!



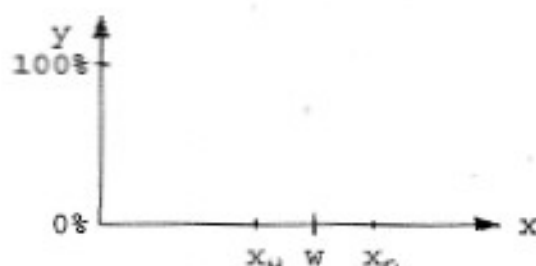
Beim Versuch 7 des RT-Praktikums analysieren Sie das dynamische Verhalten von Regelkreisen mit  $PT_n$ -Strecken und einfachem Zweipunktregler mit und ohne Schalthysterese.

1. Erklären Sie stichpunktartig den Unterschied zwischen einem stetigen Regler (z.B. pneum. Kreuzbalgregler) und einem Zweipunkt- oder Schaltregler.

Zeichnen Sie in untenstehende Diagramme die Kennlinien eines Zweipunkt-Reglers ohne und mit Schalthysterese ein.



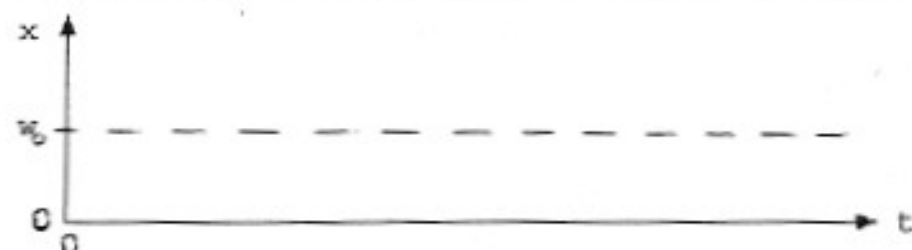
Kennlinie Zweipunkt-Regler ohne Schalthysterese



mit Schalthysterese

Nennen Sie drei Beispiele aus dem Haushalt bzw. der Industrie für Geräte mit Zweipunkt-Reglern.

2. Zeichnen Sie in das untenstehende Zeitdiagramm qualitativ den Verlauf der Regelgröße  $x$  für die Regelung einer  $PT_n$ -Strecke mit einem Zweipunkt-Regler bei einem Sprung der Führungsgröße  $w$  von 0 auf  $w_0$  zum Zeitpunkt  $t=0$ .



3. Könnte man eine  $PT_n$ -Strecke mit einem Zweipunkt-Regler ohne Schalthysterese vernünftig regeln? Geben Sie für Ihre Antwort eine kurze Begründung an!

Beim Versuch 8 des RT-Praktikums lernen Sie Methoden kennen, die bei Regelungen von  $PT_n$ -Strecken mit Zweipunkt-Reglern auftretenden starken periodischen Schwankungen der Regelgröße durch Maßnahmen an der Stelleinrichtung oder am Regler zu vermindern.

1. Zeichnen Sie das Blockschaltbild für die beim Versuch 8 aufgebaute Temperaturregelung und beschriften Sie die einzelnen Elemente. Kennzeichnen Sie auch den Signalfluß durch Pfeile und versehen Sie die auftretenden Signale mit den in der Regelungstechnik üblichen Bezeichnungen  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $w$ .
2. Die Amplitude der periodischen Schwankungen der Regelgröße bei den betrachteten Regelungen hängt u.a. von den Ausgleichswerten  $x_A$  und  $x_B$  der Regelstrecke ab. Welche Größe beeinflusst diese Ausgleichswerte und durch welche Maßnahmen können die Schwankungen der Regelgröße verkleinert werden?
3. Nennen Sie zwei gravierende Nachteile, die diese Methode zur Verkleinerung der Regelgrößenschwankungen mit sich bringt.
  - a)
  - b)
4. Durch welche Maßnahme am Regler können die Regelgrößenschwankungen ebenfalls verkleinert werden? Welche Grundidee wird verwirklicht?

Praktikum Regelungstechnik Versuch: 10 / 1

Name: Vorname: Versuchsgruppe:

Beim Versuch 10 des regelungstechnischen Praktikums führen Sie Experimente mit folgenden Regelkreisgliedern durch:

- Pumpe als Stelleinrichtung
- Füllstandsbehälter als Regelstrecke
- elektronischer Regler

1. Erklären Sie stichpunktartig die Vorgehensweise zur Herstellung des Zusammenhangs zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße bei einer Pumpe als Stellglied.

2. Der Füllstandsbehälter als Regelstrecke zeigt im Versuch je nach Schieberkonfiguration unterschiedliches dynamisches Verhalten. Nennen Sie die drei möglichen Typen von Übertragungsgliedern und geben Sie daneben jeweils die beschreibende Differential- bzw. Integralgleichung an.  
 (Eingangsgröße: Stellgröße  $y$ ; Ausgangsgröße: Regelgröße  $x$ )

Typ:	Differential- bzw. Integralgleichg.:
a)	
b)	
c)	

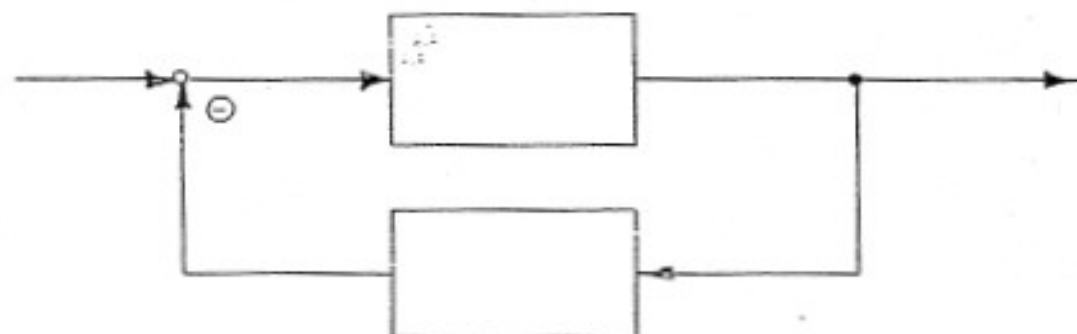
3. Bilden Sie jetzt noch mit Hilfe der Laplace-Transformation die Übertragungsfunktionen  $G(s) = X(s)/Y(s)$  für die oben angegebenen dynamischen Systeme.

- a)
- b)
- c)



Beim Versuch 12 beschäftigen Sie sich zum ersten Mal im Rahmen des regelungstechnischen Praktikums mit einem geschlossenen Regelkreis, aufgebaut aus pneumatischen Bauelementen.

Jeder geschlossene Regelkreis, im Störverhalten betrieben, ist nach untenstehender Struktur aufgebaut:



- Beschriften Sie in der oben angegebenen Zeichnung alle vorkommenden Signale sowie Blöcke mit den in der Regelungstechnik üblichen Bezeichnungen (z.B. Störgröße  $z$ , Regelstrecke usw.).
- Eine PT<sub>1</sub>-Regelstrecke, beschrieben durch die Übertragungsfunktion  $G_s(s) = K_s / (T \cdot s + 1)$ , soll für Störverhalten mit einem reinen P-Regler mit  $G_R(s) = K_R$  geregelt werden. Berechnen Sie die Störübertragungsfunktion  $G_z(s) = X(s)/Z(s)$  des Regelkreises und bringen sie auf die Form, daß der Koeffizient bei  $s^0$  "1" ist.

$$G_z(s) =$$

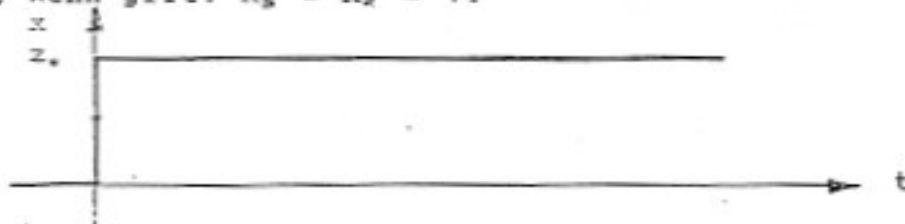
- Ermitteln Sie mit Hilfe der Transformationsgesetze aus  $G_z(s)$  im Bildbereich die zugehörige Differentialgleichung!

Ist das Gesamtsystem schwingungsfähig?

Welcher Wert für die Regelgröße  $x(t)$  stellt sich für  $t \rightarrow \infty$  ein?

$$x(t \rightarrow \infty) =$$

- Skizzieren Sie den Verlauf der Regelgröße  $x(t)$  auf einen Störsprung  $z_s$ , wenn gilt:  $K_R = K_s = 1$ !



Praktikum Regelungstechnik                                      Versuch: 14 / 1

Name:                                      Vorname:                                      Versuchsgruppe:

Beim RT- Versuch 14 soll eine Regelstrecke ohne Ausgleich mit Verzögerung ( $IT_1$ -Strecke) mit einem PD-Regler geregelt werden.

1. Zeichnen Sie zunächst allgemein das Blockschaltbild eines Regelkreises im Führungsverhalten (Folgeregelung), beschriften Sie die Blöcke und versehen Sie alle Signale mit der in der Regelungstechnik üblichen Bezeichnung.

2. Ein PD-Regler wird im Zeitbereich durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$y_v(t) = K_v \left\{ e(t) + T_v \cdot \dot{e}(t) \right\}$$

Stellen Sie dazu die Übertragungsfunktion auf:

$$G_v(s) = Y_v(s)/E(s) =$$

3. Die  $IT_1$ -Strecke wird durch die Reihenschaltung eines I-Glieds mit einem  $PT_1$ -Glied gebildet.

Die Gleichungen für das I- bzw.  $PT_1$ -Glied im Zeitbereich lauten:

$$x_1(t) = 1/T_I \int y(t) dt ; \quad T_s \dot{x}(t) + x(t) = y(t)$$

Geben Sie jeweils die Übertragungsfunktion an:

$$G_I(s) = X_I(s)/Y(s) =$$

$$G_{PT_1}(s) = X(s)/Y(s) =$$

4. Berechnen Sie jetzt die Führungsübertragungsfunktion  $G_w(s)$  des gesamten Regelkreises.

$$G_w(s) = X(s)/W(s) =$$

5. Wie lautet nach Rücktransformation in den Zeitbereich die beschreibende Differentialgleichung dieses Regelkreises?

Praktikum:  
Regelungstechnik

Versuch 15

Prof. Dr.Englberger  
Prof. Dr. Höcht  
Prof. Göhl

Name:

Vorname:

Versuchsgruppe:

Sem.:

Datum:

1. Für welche Reglertypen haben Ziegler und Nichols ihre Einstellregeln angegeben?
2. Wie gehen Sie experimentell vor zur Ermittlung von  $T_{krit}$  und  $K_R krit.$  nach der 1. Regel von Ziegler und Nichols (stichpunktartige Erklärung)?

3. Ziegler und Nichols fordern beim PID-Regler ein Verhältnis von  $T_N/T_V = 4$ . Beim Kreuzbalgregler stimmen die einstellbaren Werte  $T_{NE}$  und  $T_{VE}$  nicht überein mit den Größen  $T_N$  und  $T_V$  aus der Definitionsgleichung eines PID-Reglers nach DIN (Stichwort: Abhängigkeitsfaktor!!). Vielmehr lautet der Zusammenhang:

$$T_N = T_{NE} (1 + (1+k) T_{VE}/T_{NE})$$

$$T_V = T_{VE} / (1 + (1+k) T_{VE}/T_{NE})$$

Für  $T_{VE}/T_{NE} = 1/2$  ist dieses Verhältnis  $T_N/T_V$  am kleinsten. Berechnen Sie diesen Zahlenwert von  $T_N/T_V$ .

4. Durch welche Maßnahme wird versucht die Einstellregel für den Kreuzbalgregler als PID-Regler wenigstens näherungsweise zu verwirklichen (Maßnahmen zur Modifizierung von  $K_R$ ,  $T_N$  und  $T_V$ )?