

Regelungstechnik Grundkurs

Einführung in die Regelungstechnik

von

Harald Gorbach

RT01

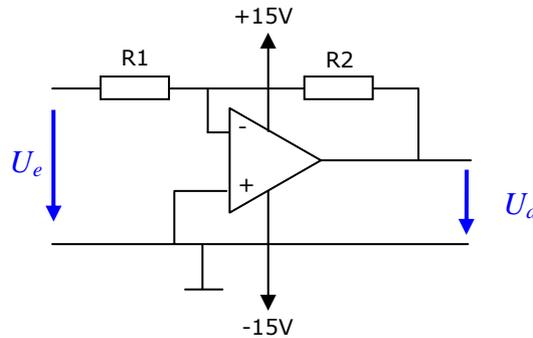
Operationsverstärker als invertierender Verstärker

Operationsverstärker sind „ideale“ Gleichspannungsverstärker.

Ideal heißt in der Praxis:

- Der Eingangsstrom ist annähernd 0
- Die Verstärkung ist sehr hoch

Grundschialtung:

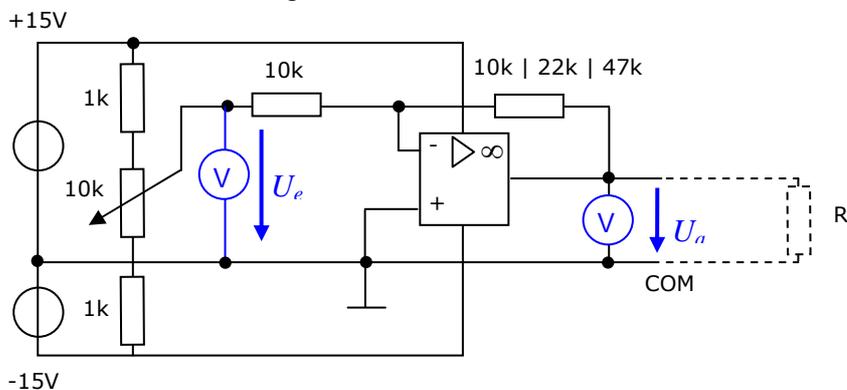


Die Verstärkung der Schaltung ergibt sich aus: $V = \frac{U_a}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$.

Durch Formelumstellung ergibt sich: $U_a = V \cdot U_e$

Messschaltung:

Wir wollen die Abhängigkeit der Ausgangsspannung U_a von der Eingangsspannung U_e bei gleichzeitig sich verändernder Belastung R_L untersuchen.



U_e in V	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $R_2 = 10k\Omega$											
U_a in V bei $R_2 = 22k\Omega$											
U_a in V bei $R_2 = 47k\Omega$											

In dieser Tabelle fehlen die Messwerte für die Grenzwerte für U_a (-15V und +15V), diese sind noch nachzutragen ($U_e = ?$), damit die Kennliniendarstellung in Excel vollständig wird.

Für $U_e = -5V$ und $R_2 = 10k\Omega$

R_L in Ω	1000	680	470	330	220	100	47
U_a in V							

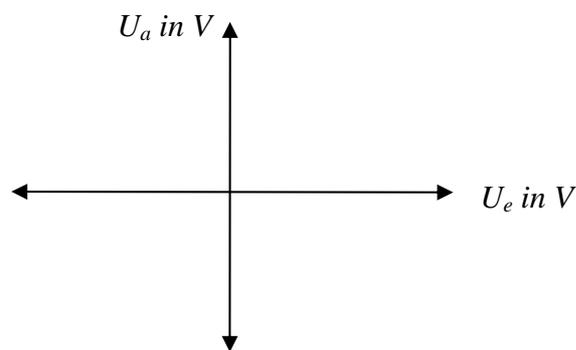
Auswertung:

Gesucht sind

- a) drei Kennlinien für $R_2 = 10\text{k}\Omega \mid 22\text{k}\Omega \mid 47\text{k}\Omega$,
also für drei verschiedene Verstärkungen V .
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e
dargestellt werden.

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.

$$U_a = f(U_e) \text{ für } V_{1,2,3}$$



- b) die Kennlinie für die Ausgangsspannung in Abhängigkeit von R_L .

$$U_a = f(R_L)$$



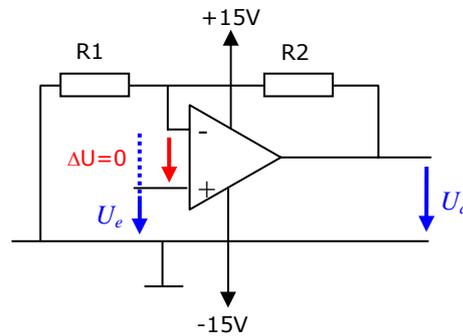
Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

1. Die Schaltung wird invertierender Verstärker genannt. Warum?
2. Wovon hängt die Verstärkung beim invertierenden Verstärker ab?
3. Welche Verstärkung hat ein invertierender Verstärker mit $R_1 = 10\text{k}\Omega$ und $R_2 = 100\text{k}\Omega$?
4. Was besagt die Kennlinie aus der zweiten Messung (U_a in Abhängigkeit von R_L)

RT02

Operationsverstärker als nicht-invertierender Verstärker

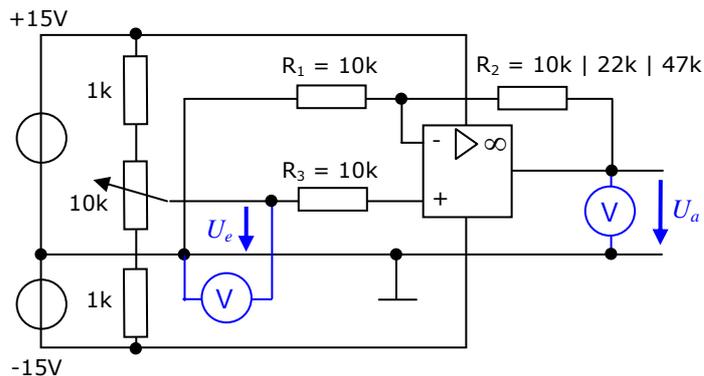
Grundschialtung:



Für die Verstärkung gilt jetzt: $v = \frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

Messschaltung:

Wir untersuchen die Abhängigkeit der U_a von U_e bei änderndem R_2 . R_2 wird auch Rückkoppelungswiderstand genannt, weil er die U_a „von rückwärts“ auf den Eingang schaltet.



U_e in V	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $R_2 = 10k\Omega$											
U_a in V bei $R_2 = 22k\Omega$											
U_a in V bei $R_2 = 47k\Omega$											

In dieser Tabelle fehlen wiederum die Messwerte für die Grenzwerte für U_a (-15V und +15V), diese sind noch nachzutragen ($U_e = ?$), damit die Kennliniendarstellung vollständig gemacht werden kann.

Die Kennlinie a) zeigt die Abhängigkeit der U_a von U_e und die Kennlinie b) zeigt die Spannungsverstärkung in Abhängigkeit von U_e .

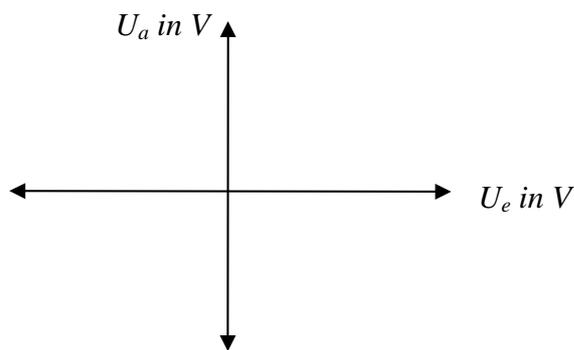
Auswertung:

Gesucht sind

- a) drei Kennlinien für $R_2 = 10\text{k}\Omega \mid 22\text{k}\Omega \mid 47\text{k}\Omega$ für drei verschiedene Verstärkungen V .
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_e dargestellt werden.

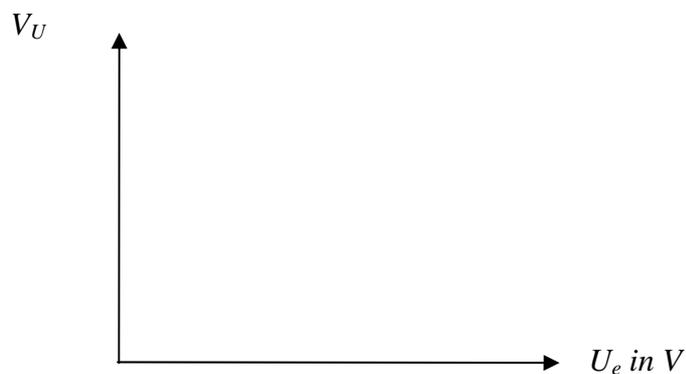
Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.

$$U_a = f(U_e) \text{ für } V_{1,2,3}$$



- b) die Kennlinie für die Spannungsverstärkung in Abhängigkeit von U_e .

$$V_U = f(U_e)$$



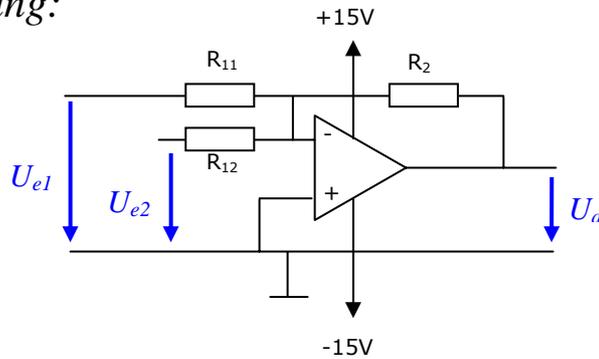
Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

5. Die Schaltung wird nicht invertierender Verstärker genannt. Warum?
6. Wovon hängt die Verstärkung beim nicht invertierenden Verstärker ab?
7. Welche Ausgangsspannung hat ein nicht invertierender Verstärker mit $R_1 = 10\text{k}\Omega$ und $R_2 = 47\text{k}\Omega$ und $U_e = 2\text{V}$?

RT03 Operationsverstärker als Summenverstärker

Werden an den invertierenden Eingang zwei Signale U_{e1} und U_{e2} gelegt, kann jede beliebige Summe dieser Signale gebildet werden. Man spricht von einer analogen Summe.

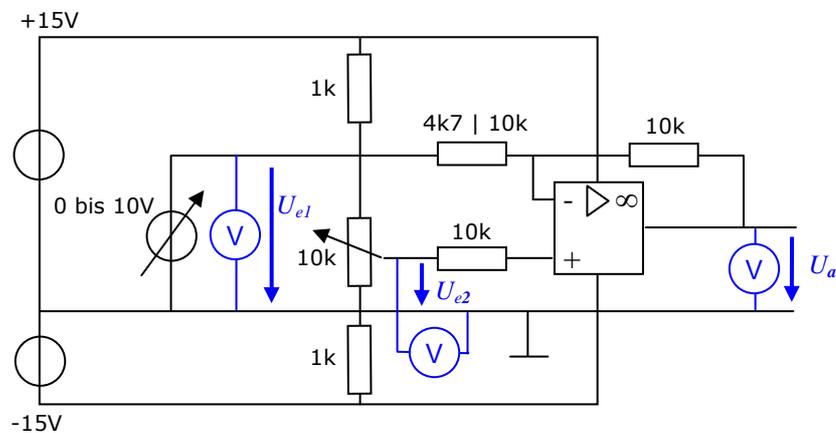
Grundschialtung:



Für die Ausgangsspannung ergibt sich: $U_a = -R_2 \left(\frac{U_{e1}}{R_{11}} + \frac{U_{e2}}{R_{12}} \right)$

Messschaltung:

Wir untersuchen die Abhängigkeit der Ausgangsspannung U_a bei sich verändernder Eingangsspannung U_e und bei verschiedener Polung.



für $R_{11} = 10k\Omega$

U_{e1} in V	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $U_{e2} = -2V$						
U_a in V bei $U_{e2} = 2V$						

für $R_{11} = 4,7k\Omega$

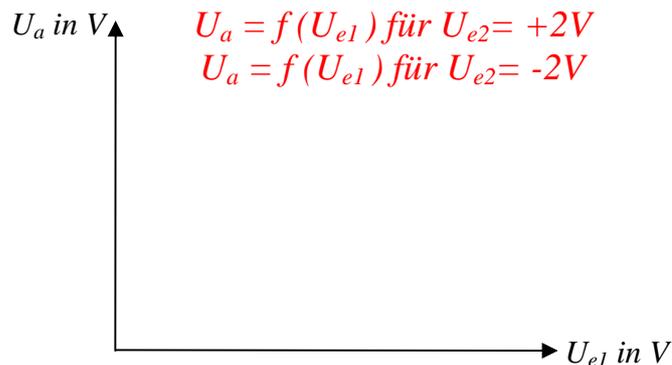
U_{e1} in V	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $U_{e2} = -2V$						
U_a in V bei $U_{e2} = 2V$						

Auswertung:

Gesucht sind

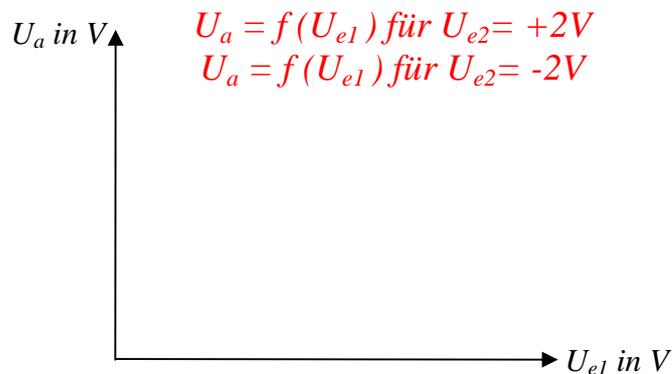
- a) zwei Kennlinien für $R_{II} = 10\text{k}\Omega$ mit $U_{e2} = +2\text{V} \mid -2\text{V}$.
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_{e1} dargestellt werden.

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.



- b) zwei Kennlinien für $R_{II} = 4,7\text{k}\Omega$ mit $U_{e2} = +2\text{V} \mid -2\text{V}$.
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_{e1} dargestellt werden.

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.



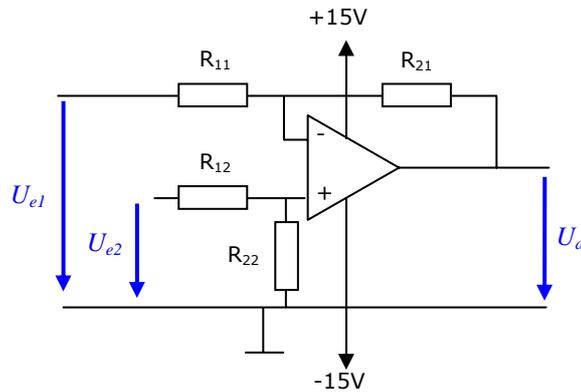
Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

8. Die Schaltung wird Summierverstärker genannt. Warum? (Verwenden Sie zur Erklärung die Ströme und das Ohmsche Gesetz im Zusammenhang mit der Formel für die Ausgangsspannung oben.)
9. Wodurch unterscheidet sich die Schaltung von der Grundsaltung?
10. Wie wirkt sich die Polarität der Eingangsspannung auf die Ausgangsspannung aus?
11. Wie wirkt sich die Verstärkung auf die Schaltung aus?
12. Wo sind die Grenzen der Wirksamkeit des Summierverstärkers?

RT04 Operationsverstärker als Differenzverstärker

Er kann beliebige analoge Spannungen unter Berücksichtigung ihrer Vorzeichen subtrahieren, allerdings müssen beide Eingangsspannungen mit demselben Faktor verstärkt werden (Gleichtaktunterdrückung).

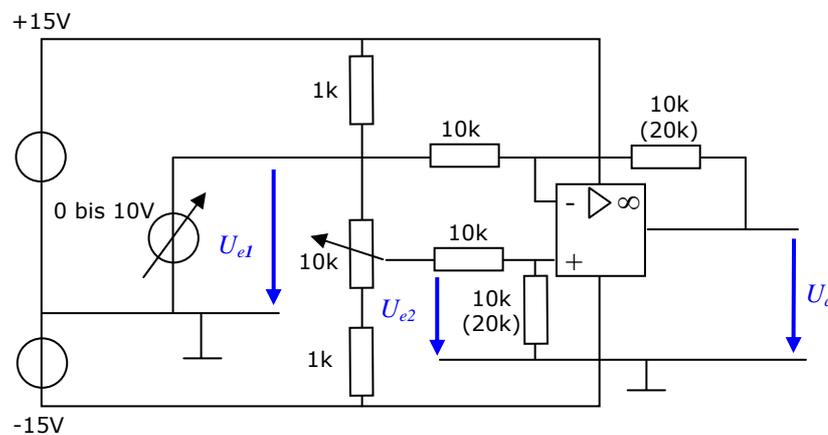
Grundschialtung:



Für die Ausgangsspannung ergibt sich: $U_a = \frac{R_{2x}}{R_{1x}} \cdot (U_{e2} - U_{e1})$

Messung:

Wir untersuchen die Abhängigkeit der U_a von U_{e1} und U_{e2} .



für $R_{21} | R_{22} = 10k\Omega$

U_{e1} in V	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $U_{e2} = -2V$						
U_a in V bei $U_{e2} = 2V$						

für $R_{21} | R_{22} = 20k\Omega$

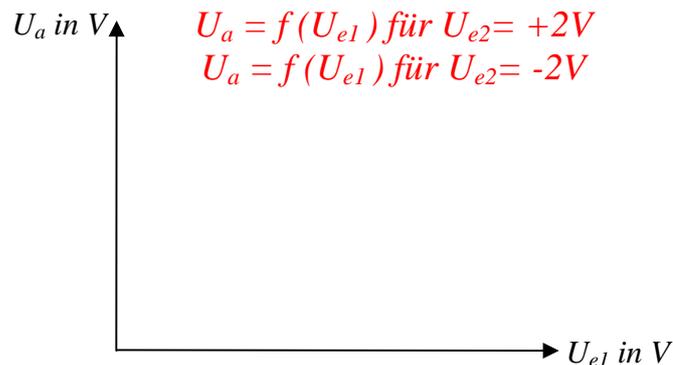
U_{e1} in V	0	2	4	6	8	10
U_a in V bei $U_{e2} = -2V$						
U_a in V bei $U_{e2} = 2V$						

Auswertung:

Gesucht sind

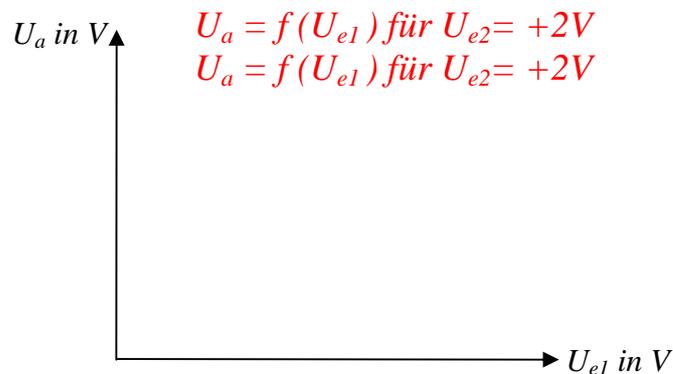
- c) zwei Kennlinien für $R_{21} = 10\text{k}\Omega$ mit $U_{e2} = +2\text{V} \mid -2\text{V}$.
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_{e1} dargestellt werden.

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.



- d) zwei Kennlinien für $R_{21} = 20\text{k}\Omega$ mit $U_{e2} = +2\text{V} \mid -2\text{V}$.
Darin soll jeweils die Ausgangsspannung U_a in Abhängigkeit der Eingangsspannung U_{e1} dargestellt werden.

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.



Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

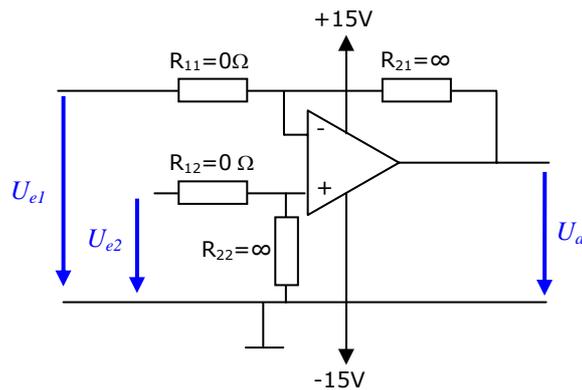
13. Die Schaltung wird Differenzierverstärker genannt. Warum? (verwende die Ströme für die Erklärung)
14. Wodurch unterscheidet sich die Schaltung von der Grundsaltung?
15. Wie wirkt sich die Polarität der Eingangsspannung auf die Ausgangsspannung aus?
16. Wie wirkt sich die Verstärkung auf die Schaltung aus?
17. Wo sind die Grenzen der Wirksamkeit des Differenzierverstärkers?

RT05**Differenzverstärker als Schwellwertschalter**

Wird die Verstärkung des Operationsverstärkers auf ein Maximum erhöht, können Operationsverstärker Schaltaufgaben (Digitaltechnik) erfüllen.

Nach der Verstärkungsformel: $v = \frac{R_{2x}}{R_{1x}}$

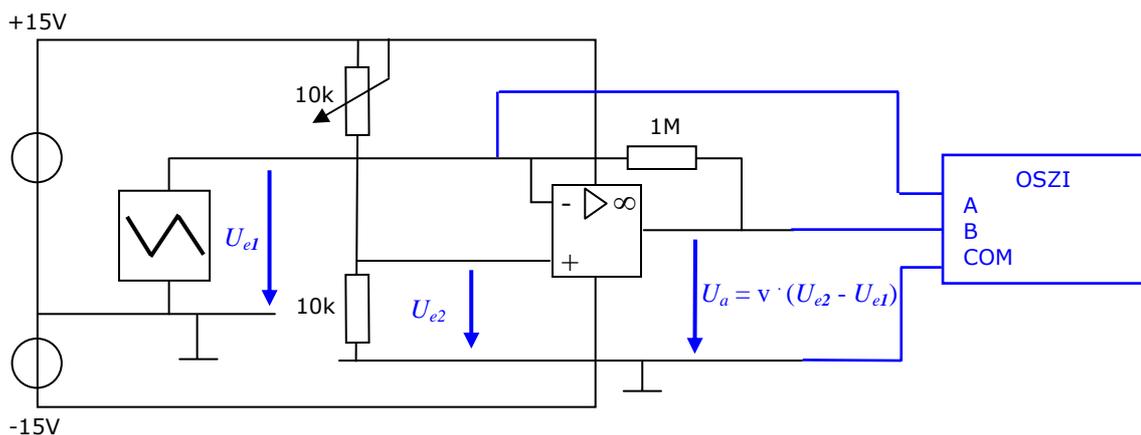
Kann die Verstärkung durch Minimieren der R_{1x} und Maximieren der R_{2x} auf den Höchstwert vergrößert werden



Das heißt, für den Schalterbetrieb können wir die R_{1x} kurzschließen und die R_{2x} so hochohmig wie möglich machen.

Messung:

Wir untersuchen die Abhängigkeit der U_a von U_{e1} (Dreiecksspannung) und U_{e2} (Schwellenspannung).

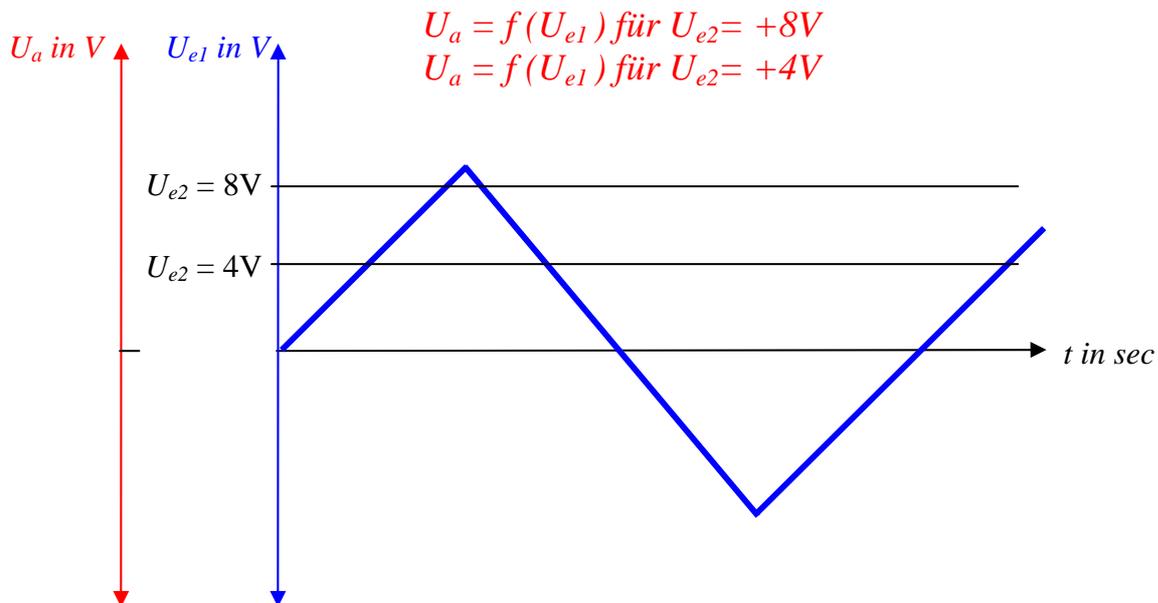


Auswertung:

Gesucht sind

mindestens zwei Aufzeichnungen der Ausgangsspannung U_a bei verschiedenen Werten der Schwellenspannung U_{e2} und fortlaufend veränderter U_{e1}

Zum Vergleich sollen die Linien in ein Koordinatensystem gezeichnet werden.

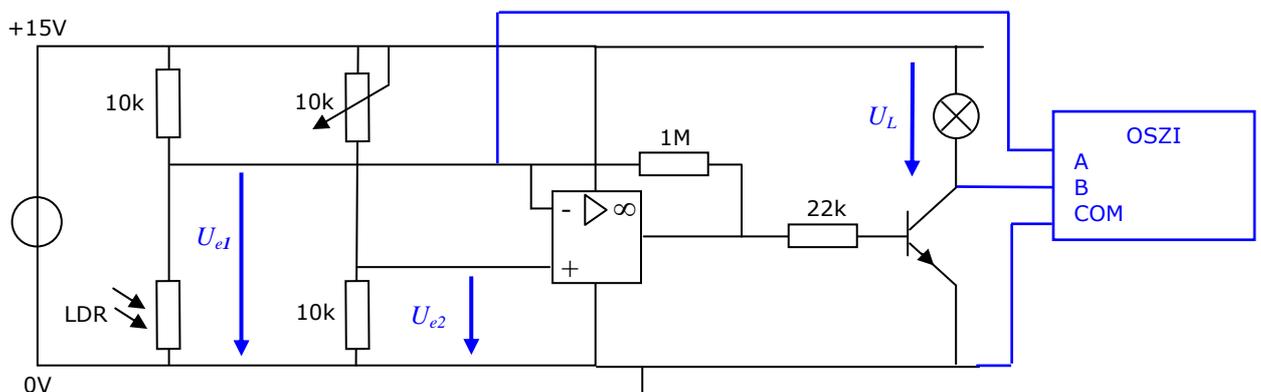


Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

18. Welche Spannung wird in dieser Schaltung verstärkt?
19. Wie groß ist die Verstärkung der Schaltung?
20. Was bewirken die unterschiedlichen Eingangsspannungen?
21. Was ändert sich bei der Verwendung einer Spannungsquelle, wenn der Verstärker nur mit 0V und +15V versorgt wird?

Erweiterung der Schaltung:

Die Eingangsschaltung soll um eine Brückenschaltung (Wheatstone-Brücke) und die Ausgangsschaltung eine Transistor-Schaltstufe erweitert werden.



Auswertung:

Gesucht sind

- a) Die Abstimmung des Dämmerungsschalters auf eine bestimmte Lichtstärke und
- b) das Oszillogramm, das die Einstellung am Potenziometer und
- c) damit die Schaltschwelle des Dämmerungsschalters dokumentiert.

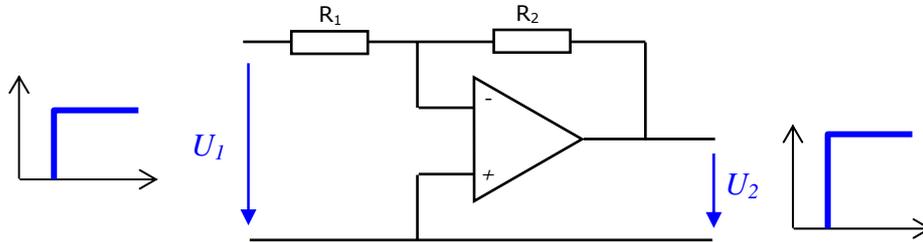
Überlegen Sie Antworten auf folgende Fragen:

22. Wie kann die Empfindlichkeit des Dämmerungsschalters eingestellt werden?
23. Wie kann die Schalteistung des Ausganges erhöht werden?
24. Wie können Ausgänge mit anderen Spannungen geschaltet werden?
25. Was ist bei Transistorschaltstufen mit Relaisausgängen zu beachten?

RT06

Reglergrundlagen mit Operationsverstärker

1. Schaltung als P - Regler

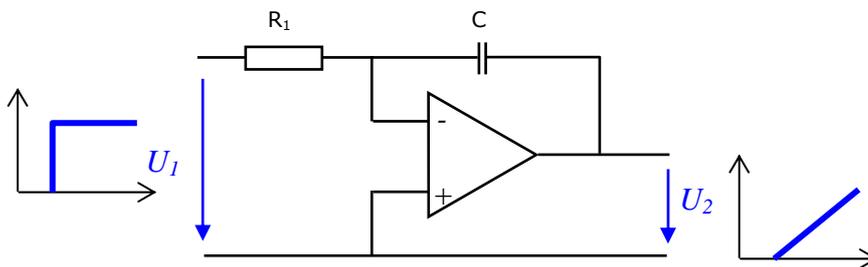


Die Verstärkung V des P-Reglers heißt **Proportionalbeiwert K_P** .

$$K_P = \frac{U_2}{U_1}$$

Das Ausgangssignal ist also proportional (= verhältnismäßig, linear...) dem Eingangssignal des Reglers.

2. Schaltung als I - Regler



Die Verstärkung des I-Reglers heißt **Integrierbeiwert K_I** .

$$U_2 = K_I \cdot U_1 \cdot t$$

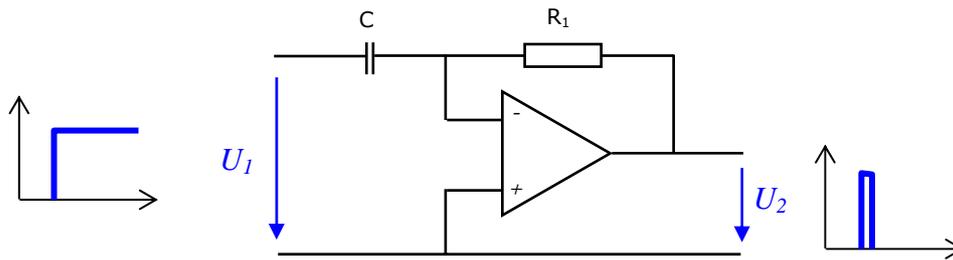
Der I-Regler braucht zum einstellen einer bestimmten U_2 eine Zeit t , die von der Ladung des Kondensators bestimmt wird. Dafür steht die Zeitkonstante $\tau = R_1 \cdot C$:

$$K_I = \frac{1}{R_1 \cdot C}$$

Auf eine Eingangsspannung U_1 reagiert der Regler mit einer ständig sich ändernden Ausgangsspannung ΔU_2 (bis zur Aussteuergrenze).

$$\Delta U_2 = -U_1 \frac{\Delta t}{\tau}$$

3. Schaltung als D - Regler



Die Verstärkung des D-Reglers heißt Differenzierbeiwert K_D .

$$U_2 = K_D \cdot \frac{U_1}{t}$$

Der D-Regler liefert nur einen U_2 -Impuls. Die Höhe des Impulses hängt von der Zeit t ab, in der sich die Eingangsspannung ändert. Dafür steht wieder die Zeitkonstante $\tau = R_1 \cdot C$, für die gilt:

$$K_I = \tau$$

Wenn sich die Eingangsspannung plötzlich ändert, ist die Änderungszeit (= Divisor) Null. Der Regler erzeugt dann einen sehr hohen Impuls (= theoretisch unendlich). Je länger die Änderung der U_1 dauert, umso kleiner wird der Impuls.

Die Impulslänge wird wieder von der Ladezeit des Kondensators bestimmt. Die Länge hängt aber nicht mit der Eingangsspannung zusammen.

D – Regler können also nicht alleine verwendet werden, weil sie immer nur mit einem Impuls auf ein Eingangssignal U_1 reagieren.

$$U_2 = -\tau \cdot \frac{\Delta U_1}{\Delta t}$$

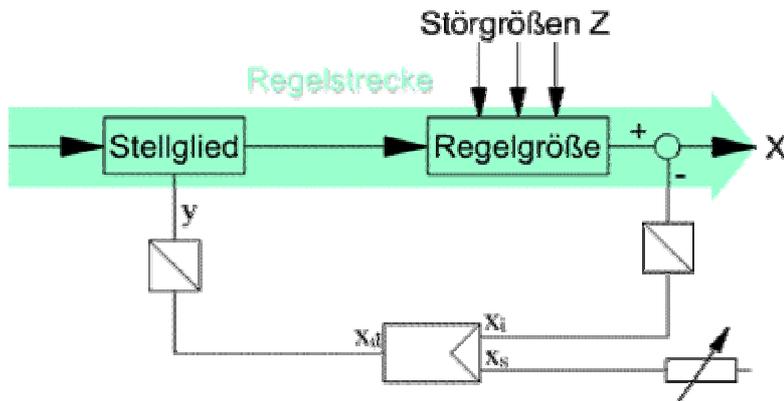
4. Regler wozu?

Zweck einer Regelung ist das Halten eines gewünschten Wertes **der Regelgröße „X“**, weil mit verschiedenen **Störgrößen „Z“** gerechnet werden muss. Diese Störgrößen beeinflussen die Regelstrecke und verändern dabei den Wert der Regelgröße.

Die Vergleichsfunktion (siehe **RT04**) des Reglers schafft den Ausgleich zwischen dem Momentan- oder **Istwert x_i** und dem gewünschten oder **Sollwert x_s** . Wird die Regelgröße vergrößert, verkleinert der Regler die Stellgröße (und umgekehrt). Dieser Vorgang wird durch das Vorzeichen an der Messstelle (= Kreis) in der Regelstrecke angedeutet.

Die Vorzeichenumkehr stellt eine 180° - Phasenverschiebung dar.

5. Symbolische Darstellung eines Regelkreises:



- x_i ... Istwert der Regelgröße (Momentanzustand der Regelstrecke)
 x_s ... Sollwert der Regelgröße (Vorgabewert aus der Führungsgröße w)
 x_d ... Regeldifferenz aus dem Vergleich des Ist- und Sollwertes ($x_d = x_s - x_i$)
 y ... Stellgröße aus der gewandelten Regeldifferenz
 w ... Führungsgröße (Vorgabe des Sollwertes)

Messung

Wir untersuchen das Verhalten der Regler mit Hilfe eines „Oszilloscopes“. Dabei interessiert uns im Moment nicht die Vergleichsfunktion, sondern nur das „Innenleben“ des Reglers.

Welches Ausgangssignal „Y“ liefert also ein Regler auf das Eingangssignal „X“ ?

Das Eingangssignal ist eine

- a) rechteckförmige Eingangsspannung U_1 (= schnelle Änderung des Eingangssignals):



- b) dreieckförmige Eingangsspannung U_1 (= langsame Änderung des Eingangssignals):

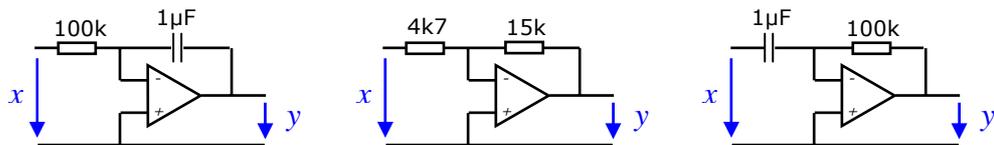


Messschaltung

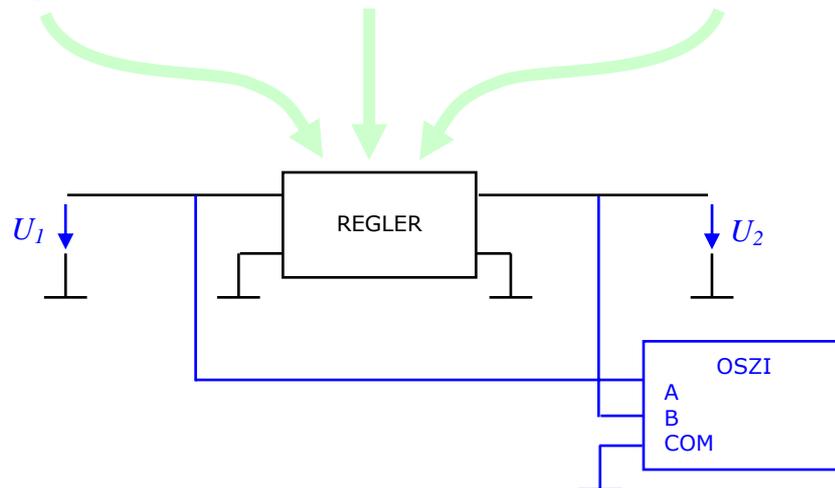
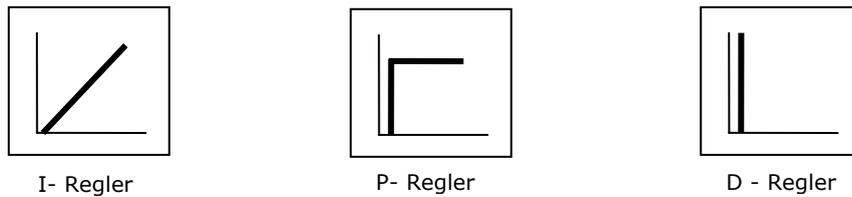
Die Schaltung des Oszilloskops zur Bestimmung des Reglerverhaltens bleibt bei allen Reglern gleich.

Der Regler soll nach den Grundsaltungen mit folgenden Bauteilen aufgebaut werden:

- a) P - Regler: $R_1 = 4,7\text{ k}\Omega$; $R_2 = 15\text{ k}\Omega$
- b) I - Regler: $R_1 = 100\text{ k}\Omega$; $C = 1\mu\text{F}$
- c) D - Regler: $C = 1\mu\text{F}$; $R_2 = 100\text{ k}\Omega$



Reglersymbole:

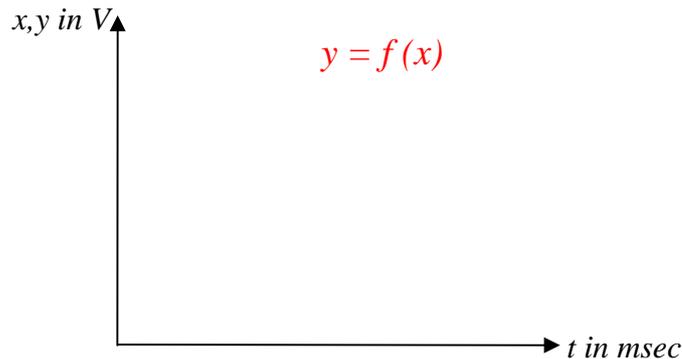


Auswertungen

Gesucht ist der zeitliche Verlauf der Ausgangssignale in Abhängigkeit

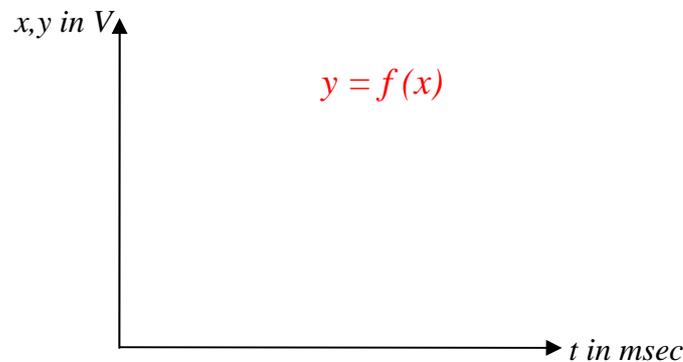
- a) eines Eingangsspannungs-Sprunges von 0V auf 0,5V bei der durch die Bauteile vorgegebenen Reglerverstärkung.

Zum Vergleich sollen die Linien der Eingangsspannung, kurz „x“ – Signal, und der Ausgangsspannung, kurz „y“ – Signal, jeweils in einem Koordinatensystem dargestellt werden.



Gesucht ist der zeitliche Verlauf der Ausgangssignale in Abhängigkeit

- b) einer langsam sich ändernden Eingangsspannung von -0,5V über 0V auf 0,5V ... (Dreiecksspannung) bei der durch die Bauteile vorgegebenen Reglerverstärkung.



Dann überlegen Sie bitte Antworten auf folgende Fragen und halten diese schriftlich fest:

26. Wie groß ist der Proportionalbeiwert K_p des P-Reglers nach dem Messergebnis?
27. Wie groß ist der Proportionalbeiwert K_p des P-Reglers nach der Schaltung?
28. Wie groß ist die Zeitkonstante τ des I-Reglers nach der Schaltung?
29. Wie groß ist der Integrierbeiwert K_I des I-Reglers nach der Schaltung?
30. Wie groß ist der Integrierbeiwert K_I des I-Reglers nach der Messung?
31. Wie groß ist die Zeitkonstante τ des D-Reglers nach der Schaltung?
32. Wie groß ist der Integrierbeiwert K_D des D-Reglers nach der Schaltung?
33. Wie groß ist der Integrierbeiwert K_D des D-Reglers nach der Messung?

RT07 Optimieren von Reglern am Modell (Maschinensatz-Drehzahlregelung)

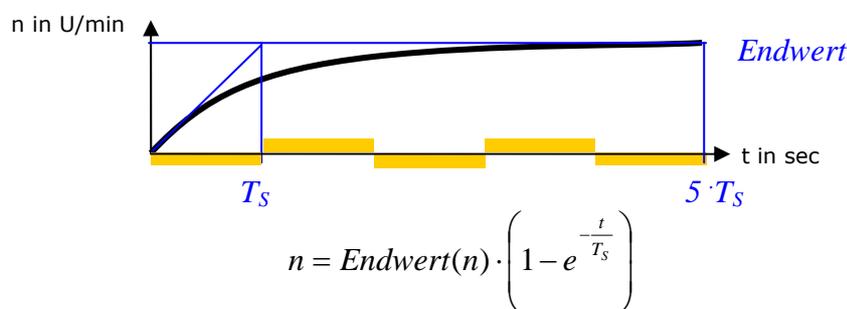
Jeder Regler muss auf seinen Regelkreis abgestimmt werden. Dabei bestimmt das Zeitverhalten der **Regelstrecke** die Wahl der Regler und seine Einstellung ganz wesentlich.

1. Bestimmen des Zeitverhaltens der Regelstrecke

Das Verhalten der Regelstrecke wird durch die Aufnahme der „**Sprungantwort**“ bestimmt. Gemeint ist damit ganz einfach die zeitliche Änderung der **Regelgröße** infolge eines Einschaltvorganges, bei dem ein bestimmtes Stellsignal verwendet wird.

ZB Das Hochfahren eines Motors

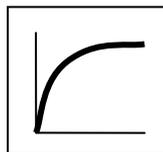
Das Drehzahl – Zeit - Verhalten folgt einer „Exponentialfunktion“ (vgl. Kondensatorladung):



Allgemein wird unterschieden:

- a) Strecken, deren Verhalten dem Ladevorgang eines Kondensators ähnlich sind, werden als PT_1 – Strecken bezeichnet (**Strecken Erster Ordnung**)

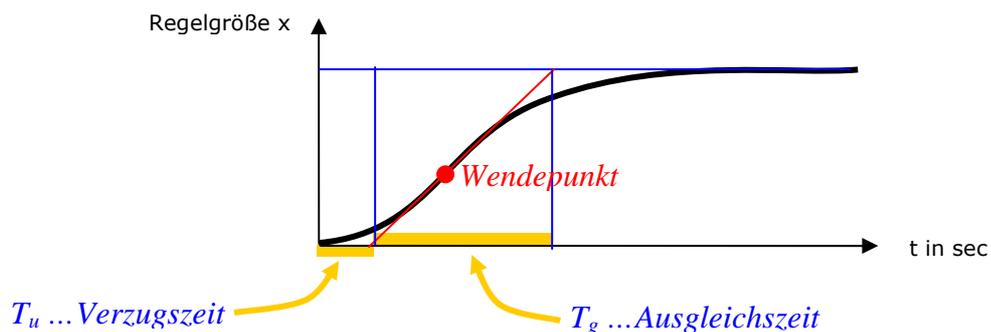
Streckensymbole



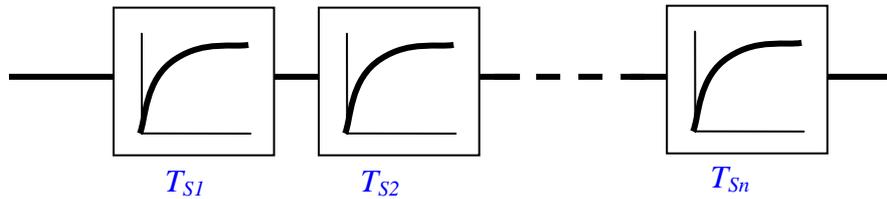
Verzögerungsglied erster Ordnung
 PT_1 - Strecke

Diese Strecken besitzen eine Zeitkonstante T_s . Sie stellen ein Verzögerungsglied dar, das nach $5 \cdot T_s$ den Ausgleichszustand der Strecke erreicht. Das heißt, die Regelgröße hat ihren stabilen Endwert, den sogenannten „Beharrungszustand“ erreicht.

- b) Strecken, deren Verhalten langsamer ist, werden als PT_x – Strecken bezeichnet (**Strecken Höherer Ordnung**). Die Kurve besitzt einen Wendepunkt.



Diese Strecken besitzen mehrere Zeitkonstanten (Verzögerungsglieder in Reihe)
 $T_{S1}; T_{S2}; \dots; T_{Sn}$.
 Der Ausgleichszustand der Strecke wird verhältnismäßig spät erreicht.



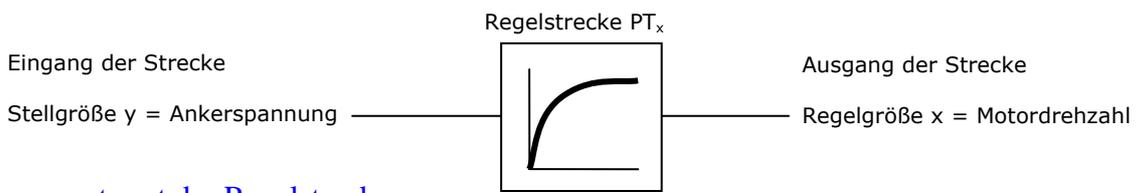
Die Reihenschaltung mehrerer Verzögerungsglieder erster Ordnung ergibt eine PT_x -Strecke

Messung

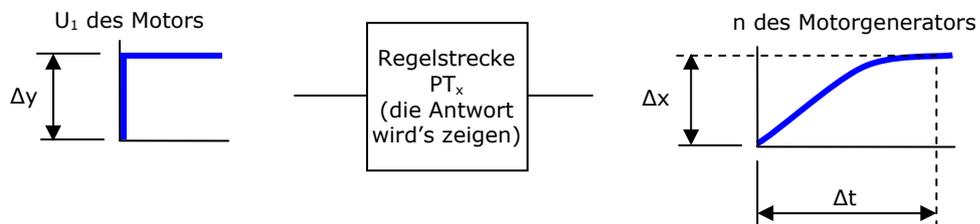
Die Sprungantwort des Motors auf einen Ankerspannungs-Sprung (Stellgröße wird eingeschaltet) von 10V ist zu bestimmen.

Aus der Aufzeichnung soll die Zeitkonstante T_S bestimmt werden, sofern es sich bei der Strecke tatsächlich um eine PT_1 -Strecke handelt.

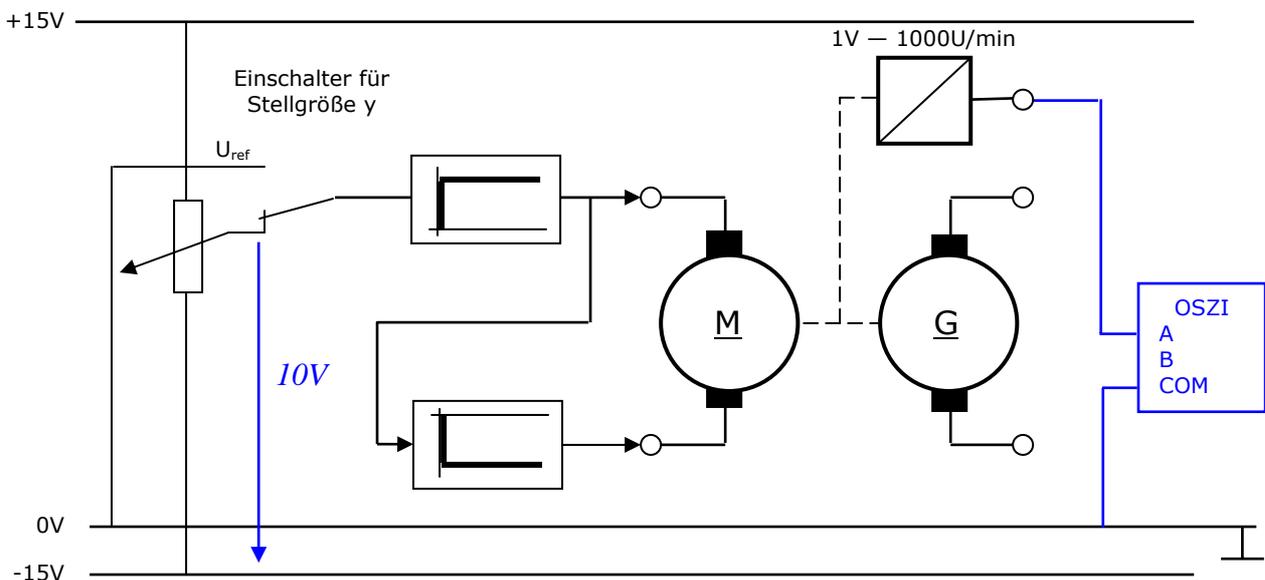
Symbolische Darstellung der Regelstrecke „Motor“



Sprungantwort der Regelstrecke



Messschaltung:



Auswertung

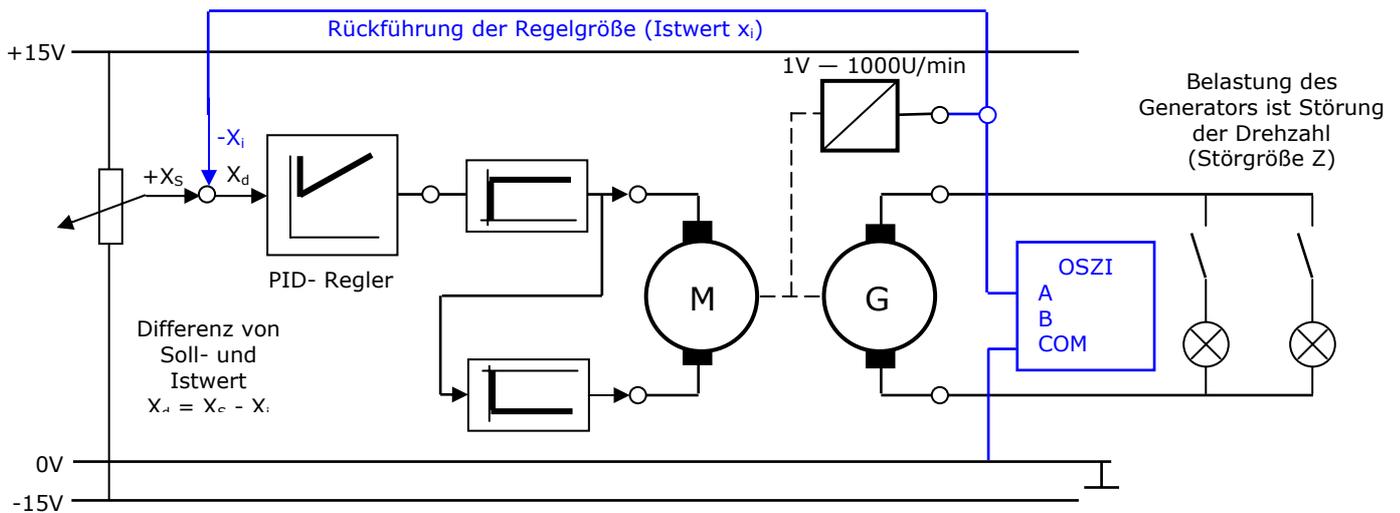
- a) Gesucht ist zuerst das zeitliche Verhalten der Regelstrecke. Dazu muss die Sprungantwort aufgezeichnet werden. Aus der Kurve der Sprungantwort ist zeichnerisch die Zeitkonstante T_S zu bestimmen. Danach brauchen wir daraus die Verzugszeit T_u sowie die Ausgleichszeit T_g .
- b) Näherungsweise gilt: $T_u = 5 \text{ bis } 50\text{ms}$ und $T_g = T_S$.

Δy (ΔU_1 in V)	
T_u in sec	
T_g in sec	
Δx (ΔU_2 in V)	

- c) Aus der Sprungantwort (mit den Werten der Stellgrößenänderung und dem Endwert der Regelgröße) ist die Streckenverstärkung K_S zu ermitteln.

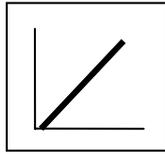
$$K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

- d) Nun kann der Regler in den Regelkreis eingeschleift werden.

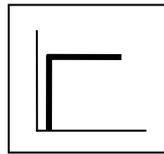


- e) Der Regler wird mit der „**Statischen Methode**“, das heißt mit vorausberechneten Einstellwerten nach Chien Hrones und Reswick (CHR-Methode), eingestellt. Danach können Störgrößen aufgeschaltet werden und das Reglerverhalten aufgezeichnet werden.

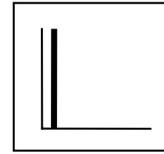
Zusammenstellung der Einstellregeln



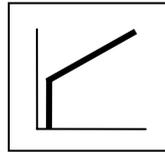
I- Regler



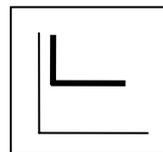
P- Regler



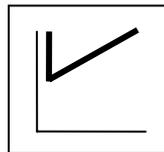
D - Regler



PI- Regler



PD- Regler



PID- Regler

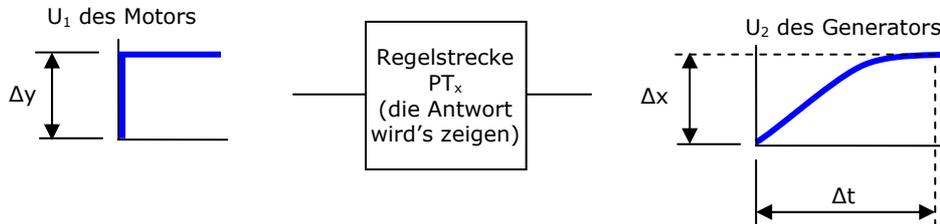
Die Reglereigenschaften können eigentlich beliebig kombiniert werden. In der Praxis werden aber hauptsächlich folgende Reglertypen eingesetzt:

<i>PI - Regler</i>	<i>PID-Regler</i>
$K_p = \frac{V_0}{K_S}$	$K_p = \frac{V_0}{K_S}$
$V_0 = 0,35 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$	$V_0 = 0,6 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
$T_N = 1,12 \cdot T_g$	$T_N = T_g$
$K_i = \frac{K_p}{T_N}$	$K_i = \frac{K_p}{T_N}; K_D = K_p \cdot T_V$
	$T_V = 0,5 \cdot T_u$

Anhand dieses „Kochbuchs“ müssen nur die Reglerparameter (= Einstellwerte) berechnet werden.

RT08 Optimieren von Reglern am Modell (Maschinensatz-Generatorspannungsregelung)

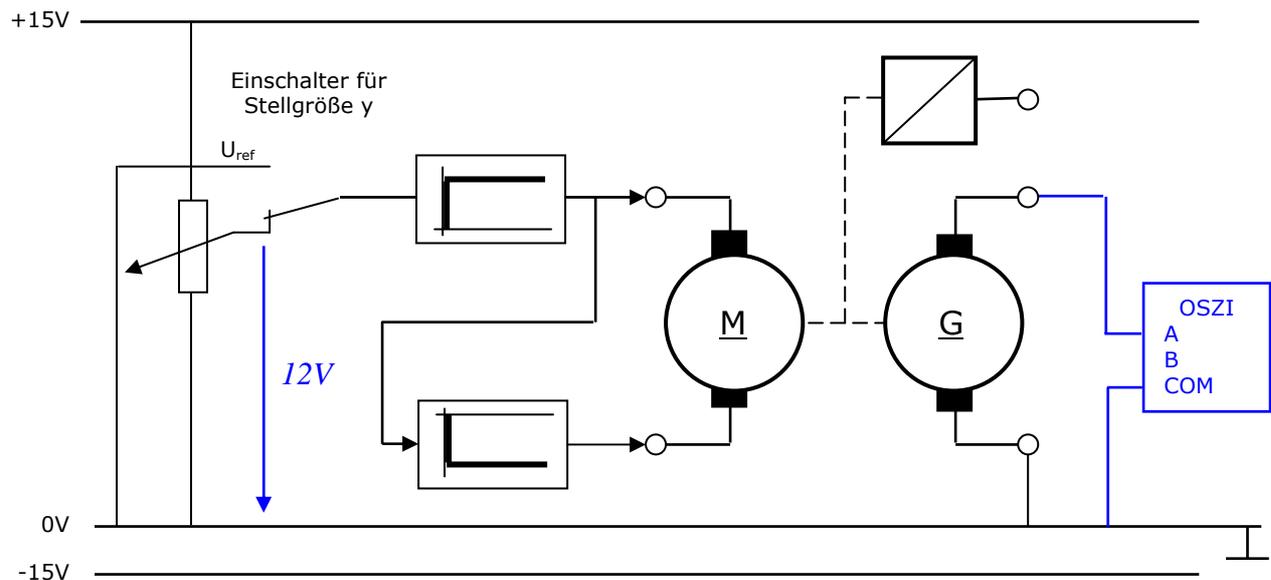
Die Sprungantwort des Generators auf einen Ankerspannungs-Sprung des Antriebsmotors von 12V ist zu bestimmen.



Weil jetzt im Vergleich zur Übung RT06 die Regelgröße „eine Stufe“ später aus dem Regelkreis herausgeführt wird, kann man davon ausgehen, dass die Strecke aus mehreren Verzögerungsgliedern besteht. Es handelt sich hier also um eine typische PT_x -Strecke.

Aus der Aufzeichnung soll die Verzugszeit T_u und die Ausgleichzeit T_g zeichnerisch bestimmt werden.

Messschaltung:



Auswertung

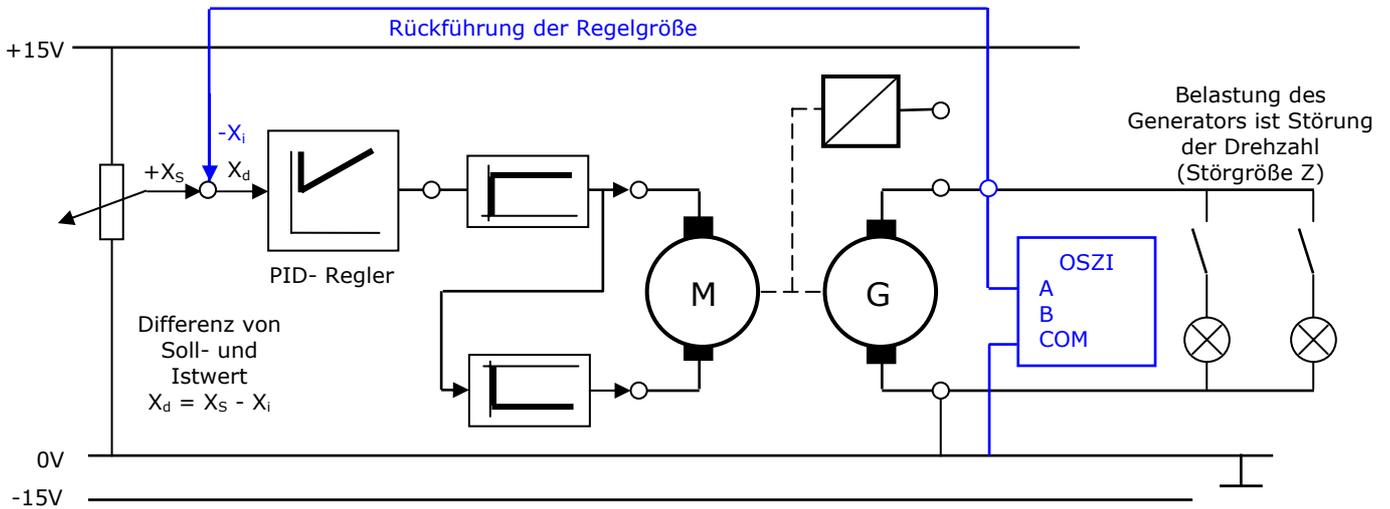
- a) Gesucht ist zuerst das zeitliche Verhalten der Regelstrecke. Aus der Kurve der Sprungantwort ist zeichnerisch die Verzugszeit T_u und die Ausgleichzeit T_g zu bestimmen.

Δy (ΔU_1 in V)	
T_u in sec	
T_g in sec	
Δx (ΔU_2 in V)	

- b) Aus der Sprungantwort (mit den Werten der Stellgrößenänderung und dem Endwert der Regelgröße) ist die Streckenverstärkung K_S zu ermitteln.

$$K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

- c) Nun kann der Regler in den Regelkreis eingeschleift werden.



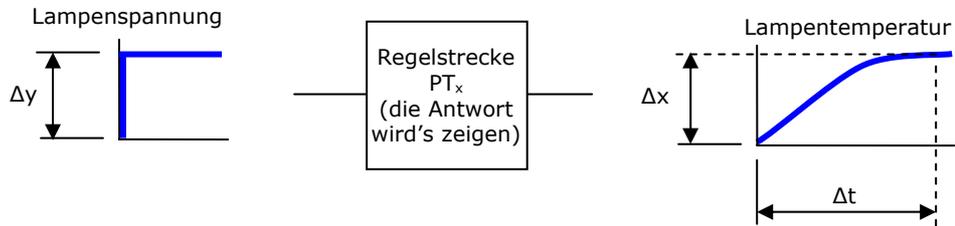
- d) Der Regler wird mit der „**Statischen Methode**“ nach Chien Hrones und Reswick (CHR-Methode) eingestellt.

<i>PI - Regler</i>	<i>PID-Regler</i>
$K_p = \frac{V_0}{K_S}$	$K_p = \frac{V_0}{K_S}$
$V_0 = 0,35 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$	$V_0 = 0,6 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
$T_N = 1,12 \cdot T_g$	$T_N = T_g$
$K_i = \frac{K_p}{T_N}$	$K_i = \frac{K_p}{T_N}; K_D = K_p \cdot T_V$
	$T_V = 0,5 \cdot T_u$

- e) Der eingestellte Regler soll durch Aufschalten der Störgrößen auf seine Wirksamkeit überprüft werden. Dies geschieht durch Aufzeichnung der Generatorspannung während der Versuchsreihe.

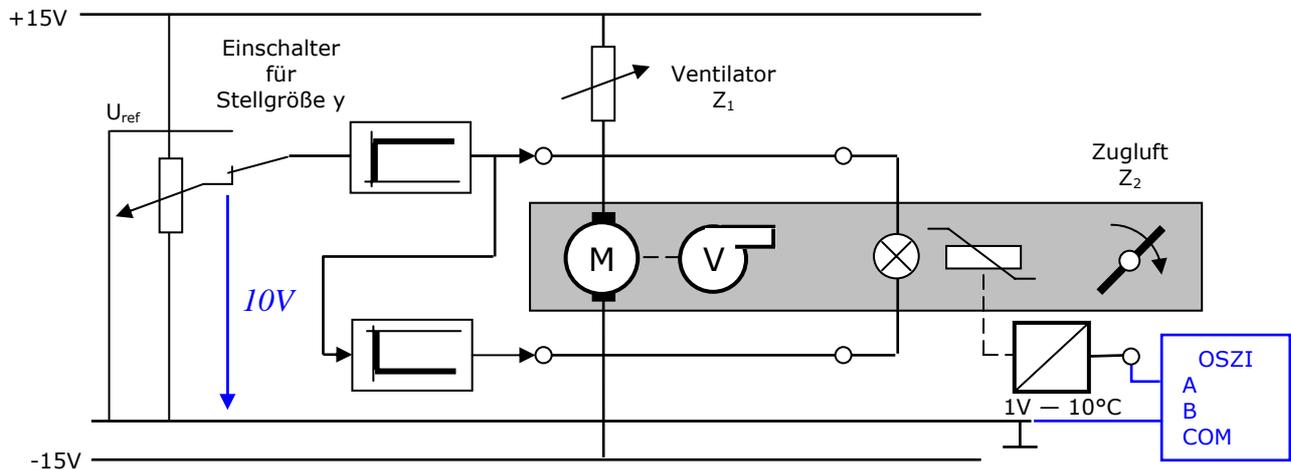
RT09 Optimieren von Reglern am Modell (Temperaturregelstrecke)

Die Sprungantwort einer Glühlampe (Heizdraht) Spannungs-Sprung von 10V ist zu bestimmen.



Aus der Aufzeichnung soll die Verzugszeit T_u und die Ausgleichzeit T_g zeichnerisch bestimmt werden.

Messschaltung:



Auswertung

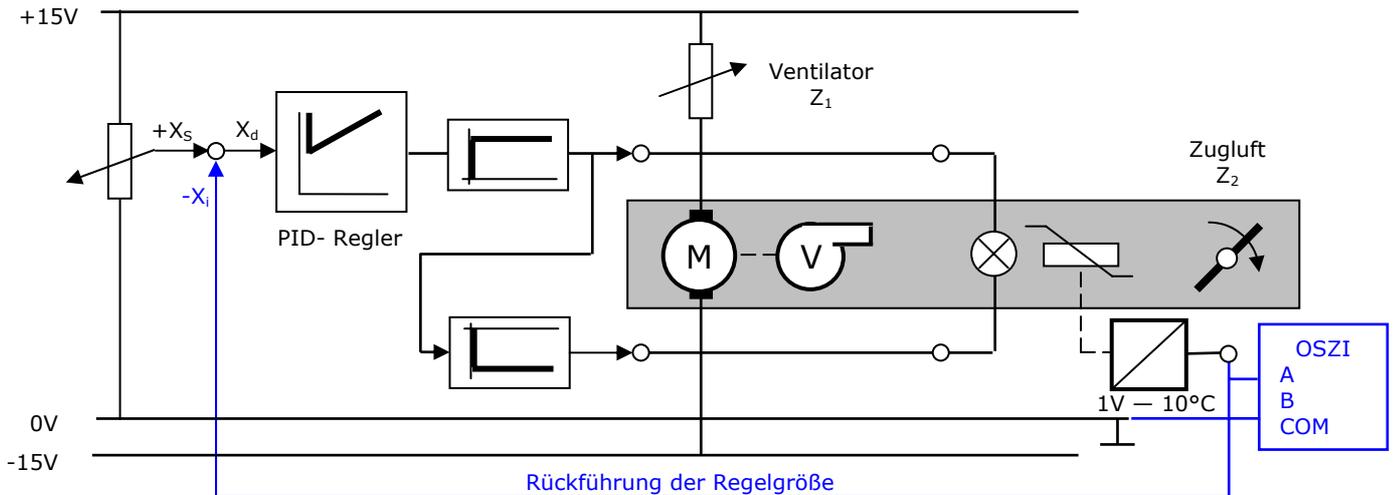
- a) Gesucht ist zuerst das zeitliche Verhalten der Regelstrecke. Aus der Kurve der Sprungantwort ist zeichnerisch die Verzugszeit T_u und die Ausgleichzeit T_g zu bestimmen.

Δy (ΔU_1 in V)	
T_u in sec	
T_g in sec	
Δx (ΔU_2 in V)	

- b) Aus der Sprungantwort (mit den Werten der Stellgrößenänderung und dem Endwert der Regelgröße) ist die Streckenverstärkung K_S zu ermitteln.

$$K_S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

c) Nun kann wieder der Regler in den Regelkreis eingeschleift werden.



Differenz von
Soll- und
Istwert
 $X_d = X_s - X_i$

d) Der Regler wird mit der CHR-Methode eingestellt.

<i>PI - Regler</i>	<i>PID-Regler</i>
$K_p = \frac{V_0}{K_s}$	$K_p = \frac{V_0}{K_s}$
$V_0 = 0,35 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_s = \frac{\Delta y}{\Delta x}$	$V_0 = 0,6 \cdot \frac{T_g}{T_u}; K_s = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
$T_N = 1,12 \cdot T_g$	$T_N = T_g$
$K_i = \frac{K_p}{T_N}$	$K_i = \frac{K_p}{T_N}; K_D = K_p \cdot T_V$
	$T_V = 0,5 \cdot T_u$

e) Der eingestellte Regler soll durch Aufschalten der Störgrößen auf seine Wirksamkeit überprüft werden.