

Für den Lehrer

Erzeugung einer Sägezahnspannung

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Die Spannung beträgt -10 V.

5.2 (Zu 4.2) Die gemessenen Werte sind in nachstehender Tabelle eingetragen. Diese Messung ist wegen der Schwierigkeit der Ablesung sehr streuend.

T	S	40				
t	s	0	10	20	30	40
U _a	V	-10,1	-6,1	-1,2	2,4	6,5

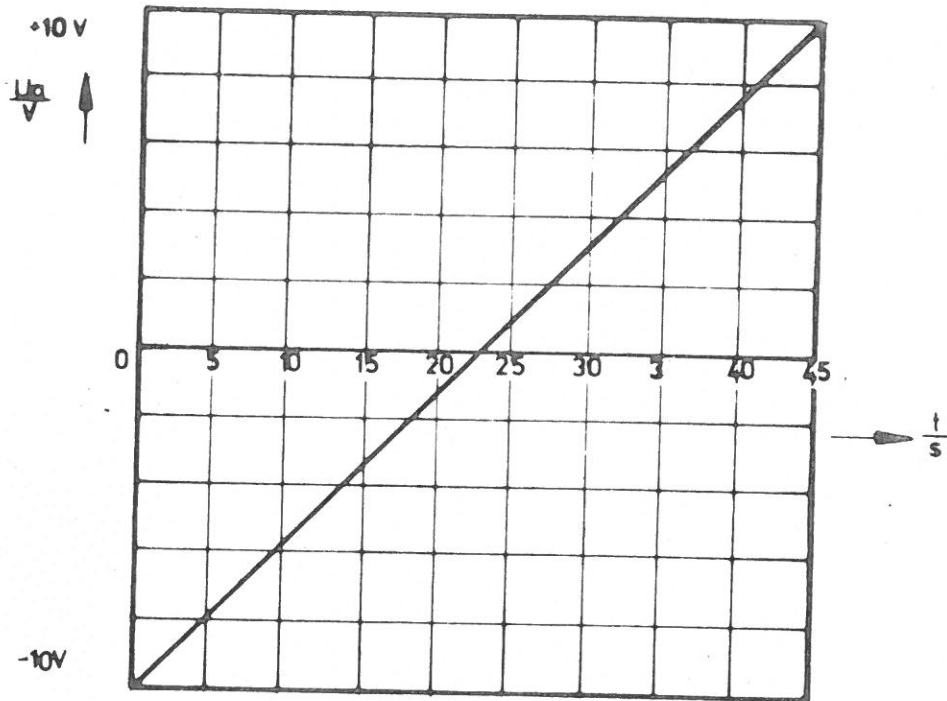
5.3 (Zu 4.3) Die gemessenen Werte sind in den nachstehenden Tabellen eingetragen.

T	S	20				
t	s	0	5	10	15	20
U _a	V	-10,1	-5,8	-1,2	3,6	8,2

T	S	10					
t	s	0	2	4	6	8	10
U _a	V	-10,1	-6,7	-3,5	0,6	4,8	8,4

T	S	5						
t	s	0	1	2	3	4	5	
U _a	V	-10,1	-8,6	-4,1	0,6	4,6	9,5	

5.4 (Zu 4.4) Nachstehend ist die Kurve entsprechend Tabelle für eine Zeitkonstante von 40 s eingetragen. Für die anderen Kurven sollte der Ausbilder sich erst einen größeren Überblick verschaffen, da die Feststellung der Werte sehr streuen kann.



5.5 (Zu 4.5) Die Darstellung auf dem Oszillografen ist natürlich besonders demonstrativ und zudem am genauesten. Die Hinweise auf Blatt S.3 hinsichtlich Triggerung müssen beachtet werden.

Für den Lehrer

Die Erzeugung eines Z-Sprunges

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Da die Störfunktion für die Wirkungsweise von größer Bedeutung ist, müssen zwei Dinge hier ausführlich behandelt werden.

(1) Störfunktionen in der Regelungstechnik

(2) Wirkung der Schaltung am Rechner. Für diese Erläuterung kann das Schaltbild (Bild 4) weitgehend herangezogen werden.

5.2 (Zu 4.2) Man beobachte das Schirmbild auf dem Oszillografen. Dabei kann der Sprung zeitlich über die ganze Breite des Anstiegs der Spannung mit dem zeitproportionalen Verlauf verschoben werden.

Die Wirkung des "Vergleichers" = Summierers mit offenem Eingang wäre hier zu wiederholen, da dieser auch für andere Anwendungen, z.B. A/D-Umsetzer von Bedeutung ist.

Für den Lehrer

Bildung von Faktoren

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Die Messung der Spannungen u_a (gegen Masse) ergibt die Werte nach folgender Tabelle 1:

α	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0	-
U_a	+10	+6	+2	0	-2	-6	-10	Volt

5.2 (Zu 4.2) Die Messung ergibt die Werte nach folgender Tabelle 2

α	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0	-
U_a	+10	+8	+6	+5	+4	+2	0	Volt

5.3 (Zu 4.3) Die Messung ergibt die Werte nach folgender Tabelle 3

α	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0	-
U_a	+10	+6	+2	0	-2	-6	-10	Volt

Für den Lehrer

Summenbildung mit dem Analogrechner (I)

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Die Schaltung kann von einzelnen Gruppen der Auszubildenden auf ihrem Programmierfeld gesteckt werden, das dann in den Rechner eingesetzt wird. Schaltung muß überprüft werden, daß keine Spannungen den Abgriffen S der Potentiometer zugeführt werden dürfen, die die Potentiometer zerstören könnten.

5.2 (Zu 4.2) Die Summe errechnet sich nach der Gleichung zu

$$U_o = - 8 V$$

=====

5.3 (zu 4.3) Die Spannungen sind im Schülerblatt angegeben, und zwar

$$\begin{array}{l} U_1 = + 2 V \\ U_2 = + 1 V \quad 2 U_2 = + 2 V \\ U_3 = + 0,2 V \quad 20 U_3 = + 4 V \end{array}$$

5.4 (zu 4.4) Die Werte für U_1 bis U_3 werden in nachstehender Tabelle vorgeschlagen und ergeben die angegebenen Ausgangswerte (alle Werte in Volt):

Nr	U_1	U_2	U_3	U_o
1	- 2	+ 2	+03	- 8
2	+ 2	- 2	+ 02	- 2
3	- 6	+ 3	- 05	+10
4	- 2	- 2	-01	+ 8
5	+ 5	- 5	-02	+ 9

Für den Lehrer

Summenbildung mit dem Analogrechner (II).

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Die Schaltung ist bei den einzelnen Gruppen auf Fehler zu kontrollieren, insbesondere ist darauf zu achten, daß die Potentiometer nicht beschädigt werden.

5.2 (Zu 4.2) Die Gleichung für die angegebene Schaltung leitet sich wie folgt ab:

$$U_o = - (10 U_1 + U_o) \quad \text{Man achte auf die Vorzeichen!}$$

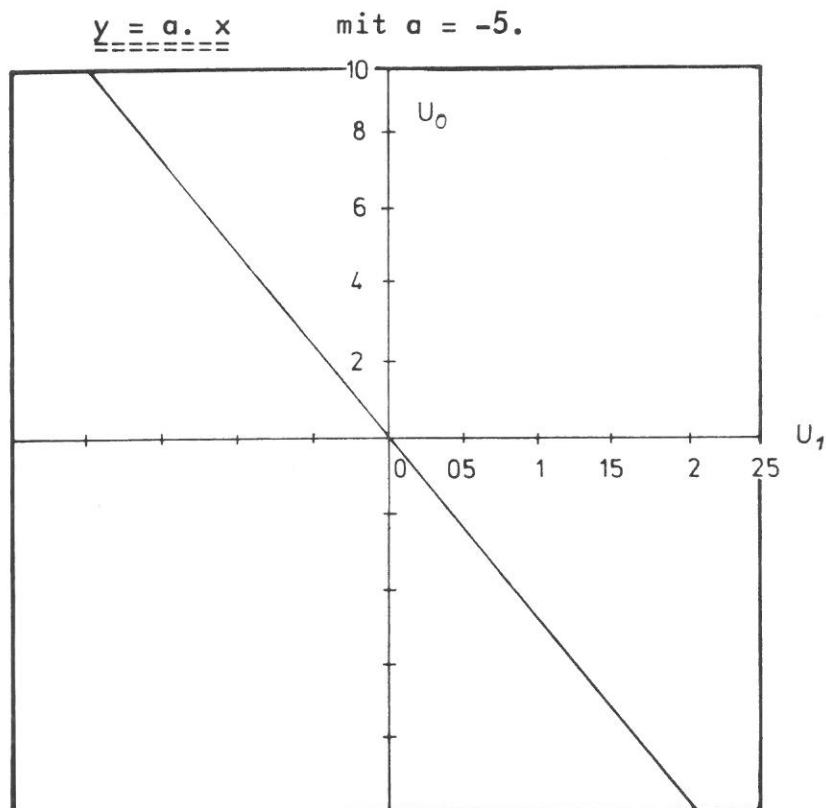
$$2U_o = -10 U_1 \quad U_o = - 5 U_1$$

5.3 (Zu 4.3) Die Tabelle ergibt errechnet und gemessen folgende Werte:

U_1	+2	+1	+0,5	+0,2	+0,1	0	-0,1	-0,2	-0,5	-1	-2
U_o	-10	-5	-2,5	-1	-0,5	0	+0,5	+1	+2,5	+5	+10

Alle Werte in Volt

5.4 (zu 4.4 und 4.5) Es ergibt sich nachstehende Zusammenhang entsprechend der allgemeinen Gleichung:



Für den Lehrer

Integrieren mit dem Analogrechner

=====

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.3) Die gesamte Eingangsspannung ist $U_{ges} = -2 \text{ V}$

5.2 (Zu 4.4.1) Die Ausgangsspannung bei der Anfangsstellung ist

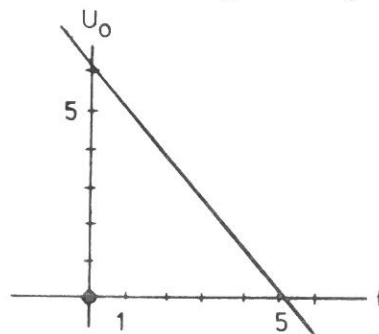
$$U_o = +6 \text{ V}$$

5.3 (Zu 4.4.2) Die Spannung ändert sich stetig.

5.4 (Zu 4.4.3) Die Tabelle 1 ergibt die nachstehend eingetragenen Werte:

U_o	V	+6	4.4	3.5	2.8	1.6	0.2
t	s	0	1	2	3	4	5

5.5 (Zu 4.4.4) Nachstehendes Bild 6 zeigt die gewonnene Kurve



5.6 (Zu 4.4.5) Eine Erhöhung der Eingangsspannung ergibt eine größere Steilheit, d.h. die Spannung steigt in kürzerer Zeit an.

Eine Erniedrigung der Eingangsspannung verflacht die Kurve

Achtung: Gelingt es bei der Arbeit mit dem X-Y-Schreiber die Eingangsspannung in gleichen Zeiten in gleichen Stufen zu ändern, d.h. eine lineare Änderung vorzunehmen, dann kommt ein Polzgonzug zustande, der einer Prabel entspricht.

Für den Lehrer

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1 Rechenschaltung)

Schaltungsanalyse und Entwurf der Schaltung.

Da es zur Aufgabe des zu Unterrichtenden gehört, die Rechenschaltung zu entwerfen, ist diese nur im Lehrerteil in Bild 1 angegeben.

Nachstehend ist die Gleichung nach ihrer Umstellung nochmals aufgeführt:

$$u_o = - \left[-0,9 u_1 + 1,2 u_2 - \int_0^t (1,5 u_3 - 0,85 u_4) dt \right]$$

Es handelt sich also um eine Summenbildung, wobei ein Summand das Integral ist. Unter dem Integral steht wiederum eine Summe. Die Anfangsbedingung liegt in der Aufgabenstellung, so daß eine besondere Anfangsbedingung U_A nicht angegeben ist.

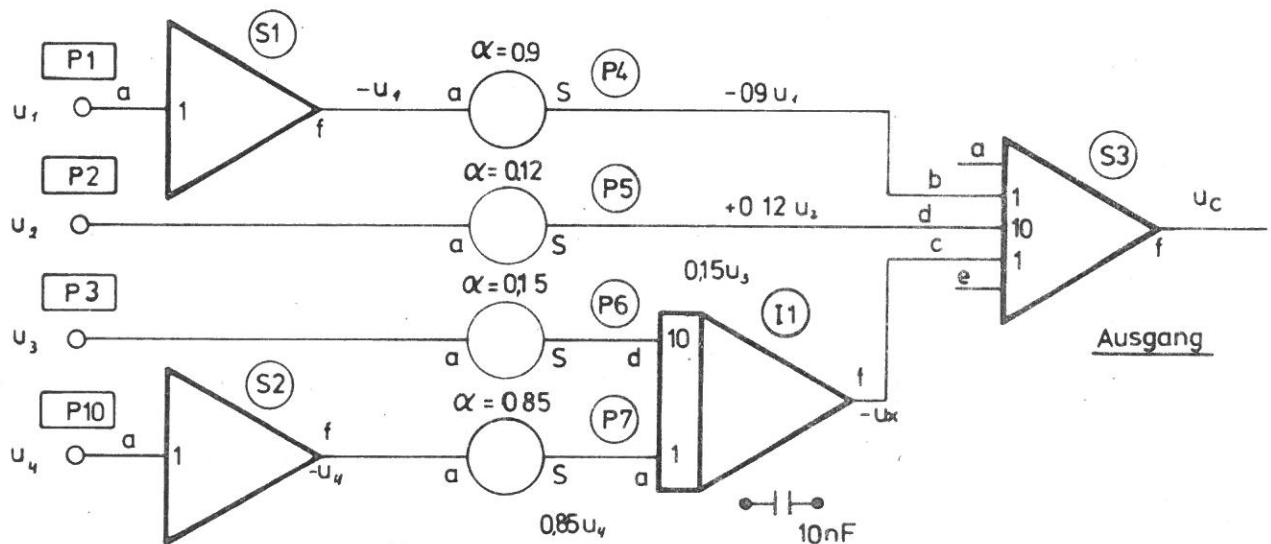


Bild 1 Rechenschaltung

S 1 ... S 3	auf Platte	38502
P 4 ... P 7	auf Platte	38501
I 1	auf Platte	38503

Achtung: Bei der Wahl der Spannungen u_1 bis u_4 achte man darauf, daß am Eingang des Summierers S 3 niemals mehr als +10 V oder weniger als -10 V liegen dürfen, auch unter Berücksichtigung der sich mit der Zeit durch die Integration verändernden Spannung am Ausgang vom Integrierer I 1.

5.2 (Zu 4.2) Steckplan für das Programmierfeld

Es ist dem Ausbilder überlassen, ob er den Auszubildenden den nachstehenden Steckplan überläßt. Da in dem Teil für die Auszubildenden schon Vorschläge für die Wahl der Bauteile gemacht wurden, sollten sie ohne Steckplan auskommen.

Man kann aber auch als zusätzliche Aufgabe die Aufstellung eines Steckplans verlangen.

S t e c k p l a n

Zuführung der Rechen Spannungen u_1 bis u_4 :

u_1 ... S 1 a

u_2 ... P 5 a

u_3 ... P 6 a

u_4 ... S 2 a

Verbindungen:

S 1 f - P 4 a, P 4 s - S 3 b

P 5 s - S 3 d, P 6 s - I 1 d

S 2 f - P 7 a, P 7 s - I 1 a

I 1 f - S 3 c

Ausgangswert:

u_0 ... S 3 f

5.3 (Zu 4.3) Wahl der Meßspannungen

Falls die Auszubildenden keine geeigneten Spannungen finden, kann man folgende Vorschläge machen, und in die ersten 4 Spalten der Tabelle 1 eintragen lassen:

Nr.	U_1	U_2	U_3	U_4
1	0	0	0	0
2	0,5	0,5	0,5	1
3	1	1	1	3
4	0	1	1	3
5	1	1	1	2,36

Alle Spannungen
in Volt.

Tabelle 1
Beispiel für die
Wahl der Spannungen.

5.4 (Zu 4.4) Messung der Spannungen

Tabelle 2 (Ergänzung)

Nr.	$-U_1$	$+\alpha U_1$	$-\alpha U_1$	$+\alpha U_2$	$+U_3$	$-\alpha U_4$	U_x	U_0	$-U_{\text{ref}}$
1	-0,02	0	0,01	0	0	0	-6,3	+6,3	0,1
2	+0,54	1,03	0,43	0,04	0,06	0,86	-5,0	+5,0	0,2
3	1,05	3,07	0,92	0,1	0,13	2,55	+7,0	-6,8	0,4
4	0,02	3,07	0,01	0	0,13	2,55	6,5	-6,4	0,1
5	1,05	2,42	0,92	0,1	0,13	2,01	+0,2	-0,2	0,4

5.5 (Zu 4.5) Dieser Versuch wird sich vorzugsweise für Demonstrationen eignen. Man mache ihn nur, wenn ausreichend Zeit vorhanden ist. Er wird insbesondere dann notwendig sein, wenn sich bei der Behandlung von Differentialgleichungen z.B. im Rahmen von Regelkreisen Kenntnislücken zeigen sollten. Dieser Versuch ist in dieser Hinsicht leichter, weil die Rückführungen noch fehlen, die das Ganze unübersichtlicher machen.

Für die Durchführung dieser Versuche sollten ein Funktionsgenerator (Typ PEK 4171) und ein Zweikanal-Datensichtgerät (Typ Analog-Digital-Display PEK 35970/A3) mit Bildverdoppler (Typ 35971/A3) vorhanden sein.

Für den Lehrer

Anwendung eines Parabelmultiplizierers

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Die Quadrierung ergibt die Werte in nachstehender Tabelle 1

Tabelle 1 (Lehrer)

u_e	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0
u_a	+10	+8,1	+6,4	+4,9	+3,6	+2,5	+1,6	+0,9	+0,4	+0,1	0

u_e	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
U_a	+0,1	+0,4	+0,9	+1,6	+2,5	+3,6	+4,9	+6,4	+8,1	+10

Volt

5.2 (Zu 4.2) Bild 6 zeigt die sich ergebende Parabel

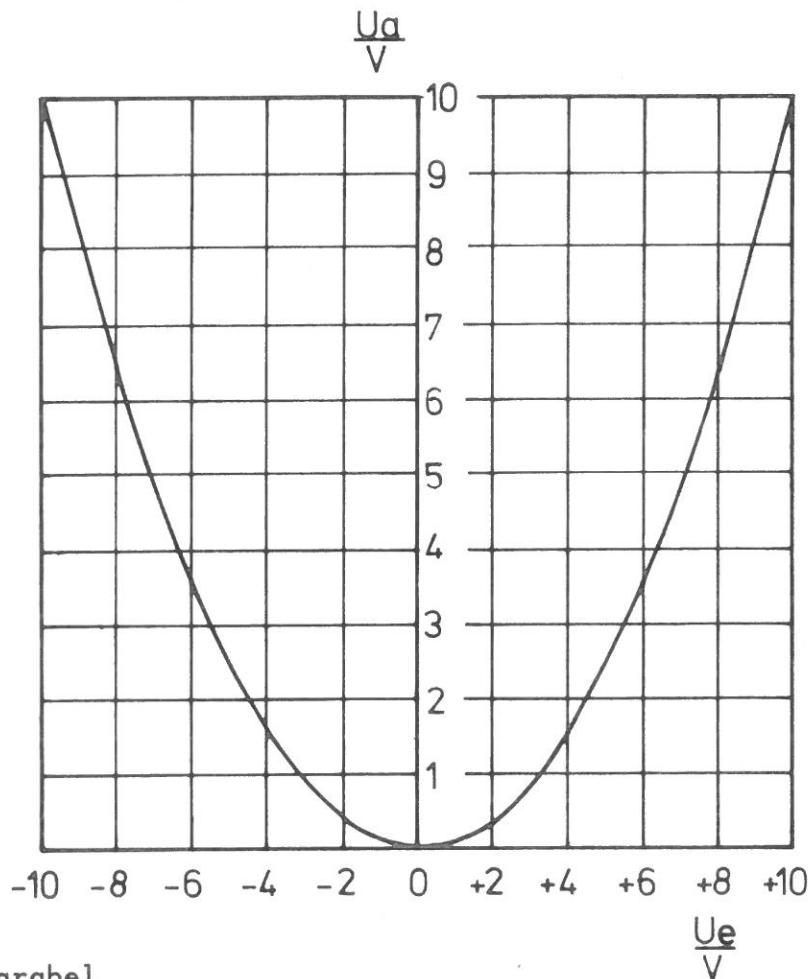


Bild 6 Parabel

5.3 (Zu 4.3) Die Multiplikation ergibt die Werte in nachstehender Tabelle 2

u_1	+10	+8	+6	+4	+2	0	-2	-4	-6	-8	-10
u_2	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10
u_a	-10	-6,4	-3,6	-1,6	-0,4	0	-0,4	-1,6	-3,6	-6,4	-10

Volt

5.4 (Zu 4.4) Die Werte der Tabelle ergeben die in nachstehenden Blatt dargestellte Funktion (negative Parabel)

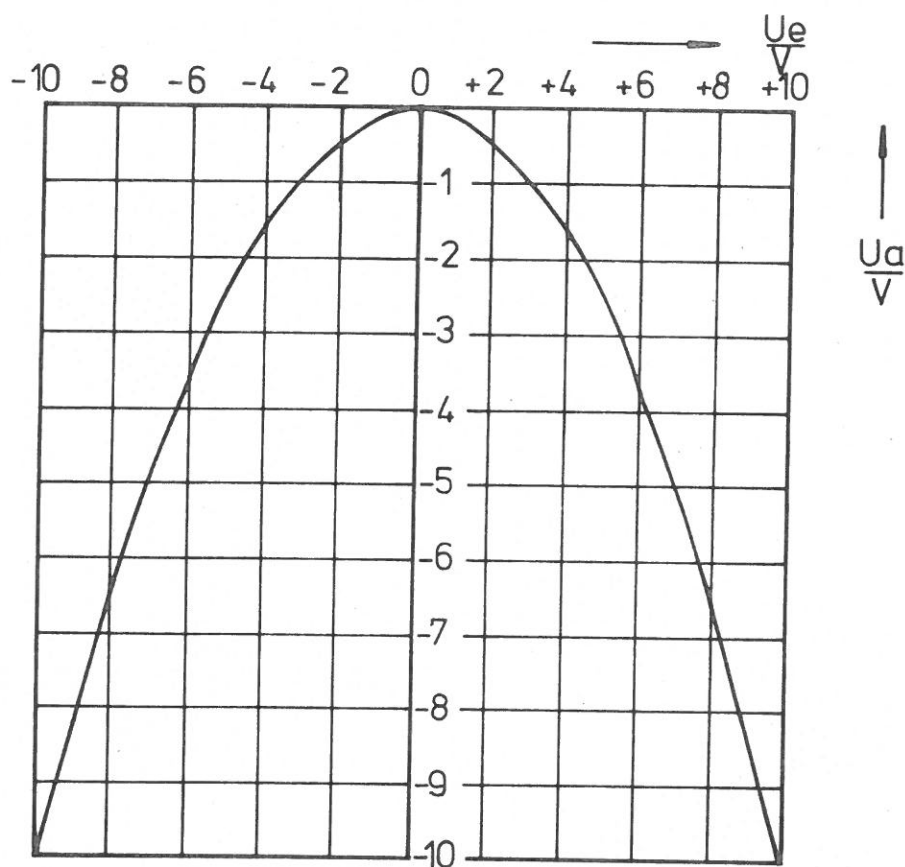


Bild 6 "Negative " Parabel

Für den Lehrer

Anwendung des Servo-Multiplizierers im Analogrechner

5. Feststellungen

5.1 (Zu 4.1) Worauf bei dieser Schaltung besonders zu achten ist, das ist die erfolgte Division durch die Maschinen-
spannung bei der Ausgangsspannung des Multiplizierers.
Genau erklären, wie sich das auf die Division auswirkt.

5.2 (Zu 4.2) Ergebnisse der Messungen nach Tabelle 1

U_1	+10	+5	0	-5	-10	+10	+5	0	-5	-10
U_2	+10	+10	+10	+10	+10	-10	-10	-10	-10	-10
U_a	+10	+5	0	-5	-10	-10	-5	0	+5	+10

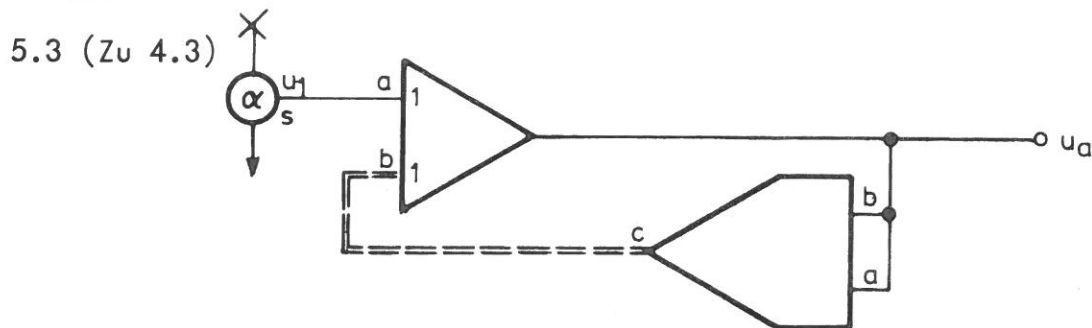


Bild 4 Die Schaltung für die Radizierung

5.4 (Zu 4.4) Ergebnisse der Messungen nach Tabelle 2

u_e	V	+10	+9	+6	+5	+2,5	0
u_a	V	3,16	3	2,45	2,24	1,58	0

Für den Lehrer

Aufbau und Wirkungsweise eines PID-Reglers

5. Feststellungen

5.1 Regelstrecke

Bei den angegebenen Baugruppen muß das Programmierfeld wie folgt programmiert werden:

Z	...	P 6 a	
P 6 s	...	I 1 b	
I 1 f	...	P 4 a	... I 2 a
I 2 f	...	S 7 a	
P 4 s	...	I 1 c	
S 7 f	...	P 5 a	
P 5 s	...	I 1 d	

Ausgang zum Oszilloscop oder Schreiber (Y) bei I 2 f
I 2 f ... Y

An X wird, wie an anderer Stelle beschrieben, eine zeitproportionale Spannung gelegt.

5.2 (Zu 4.2) Regelstrecke mit Proportionalregelung

Zusätzlich zu 4.1 muß das Programmierfeld wie folgt programmiert werden:

I 2 f	...	S 9 a
-U _{ref}	...	P 7 a
P 7 s	...	S 9 b
S 9 f	...	S 12 d
S 12 s	...	P 8 a
P 8 s	...	S 1 a
S 1 f	...	I 1 a

Man beachte die Änderung des Regelverhaltens durch Änderung der Werte des Potentiometers P 8.

5.3 (Zu 4.3) Regelstrecke mit PD-Regelung

Zusätzlich muß weiterhin folgendes Programm gesteckt werden:

S 9 f	...	zum Kondensator 1 μ F (Pol 1)
S 5 a	...	zum Kondensator 1 μ F (Pol 2)
S 5 s	...	P 9 a
P 9 s	...	S 1 c

Man überzeuge sich, daß auch der Kondensator von 1 μ F gesteckt wurde. Der Widerstand von 10 M Ω kann auf der Platte Summierer 38504 gesteckt werden.

Man erhält für den Differenzierteil so eine Zeitkonstante von 10 s.

5.4 (Zu 4.4) Regelstrecke mit PD-Regelung

Das Programm von 5.3 muß entfernt werden! (Nur Zusatzprogramm). Dagegen wird zusätzlich zu 4.1 bis 4.4 folgendes programmiert:

S 9 f ... I 3 a
I 3 f ... P 10 a
P 10 s ... S 1 b

5.5 (Zu 4.5) Regelstrecke mit PID-Regelung

Nunmehr ist das Programm von 5.3 wieder zusätzlich zu stecken, so daß alle drei Teilkreise der Regelung angeschlossen sind.

5.6 (Zu 4.6) Aufzeichnung der Funktionen

Die Funktionen sind von den Auszubildenden aufgezeichnet worden. Es ergeben sich für die gesamten Übungen die Kurven nach Bild 7. (gesondertes Blatt A 1360 - L.3).

5.7 (Zu 4.7) Aufklingende Schwingung

Auf dem Programmierfeld ist zu stecken:

Z ... P 6 a
P 6 s ... I 1 b
I 4 f ... I 2 a ... S 8 a
I 2 f ... S 7 a
S 8 f ... P 4 a
P 4 s ... I 1 c
S 7 f ... P 5 a
P 5 s ... I 1 d

5.8 (Zu 4.8) Aufzeichnung der Funktionen

Die Funktion ist aufgezeichnet worden. Es ergibt sich die Kurve nach Bild 9. (gesondertes Blatt A 1360 - L.4).

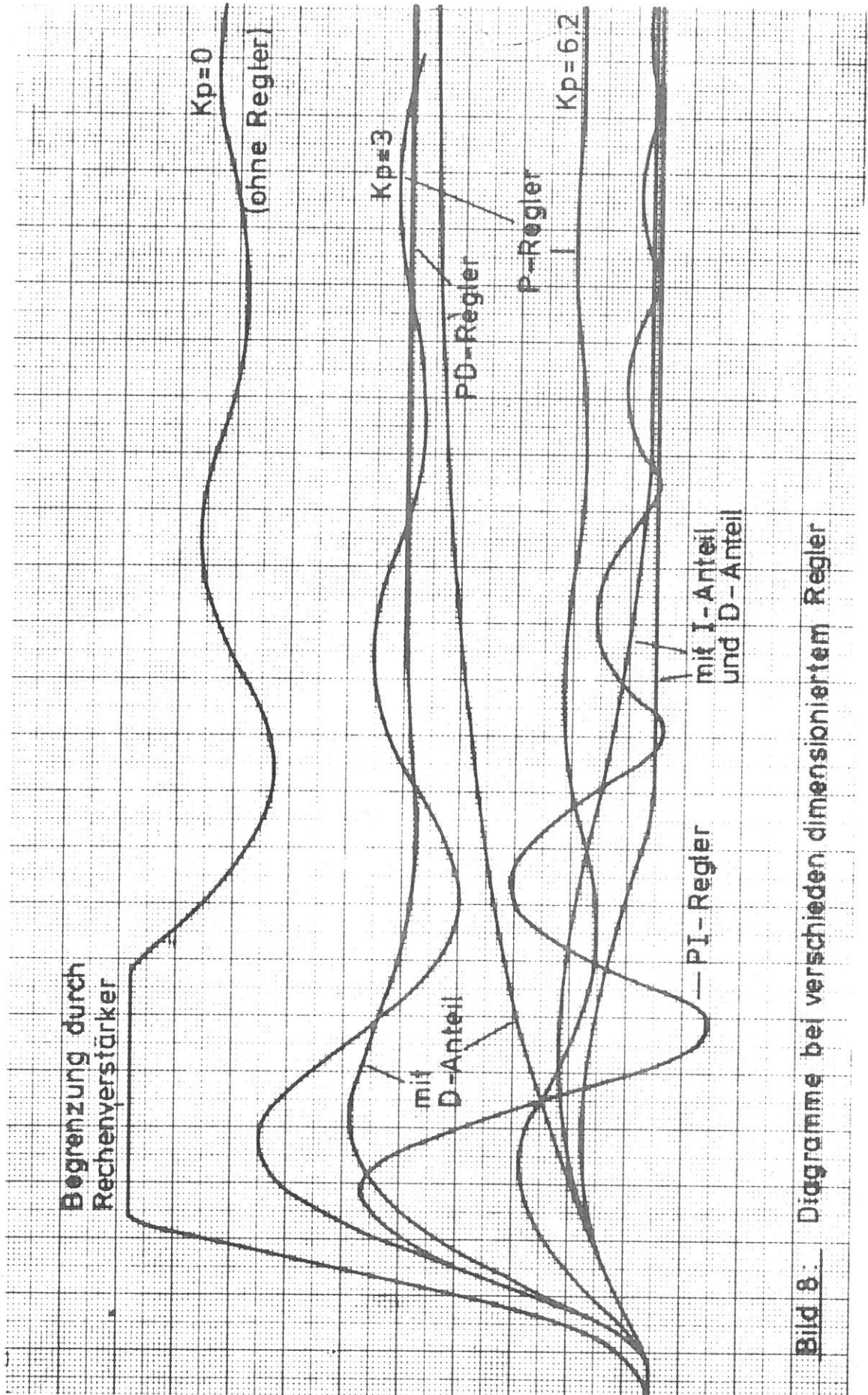


Bild 8: Diagramme bei verschieden dimensioniertem Regler

