

## Versuch 1

Stand: 26. 9. 13

### Versuchsziele:

- Elementarer Anlogschaltungen kennenlernen.
- Schaltungen auf Grundlage von Schaltbildern aufbauen und in Betrieb nehmen.
- Diodengrundsaltungen aufbauen und erproben.
- Einführung in die Nutzung typischer Meß- und Prüfgeräte.

### Der oberste Grundsatz:

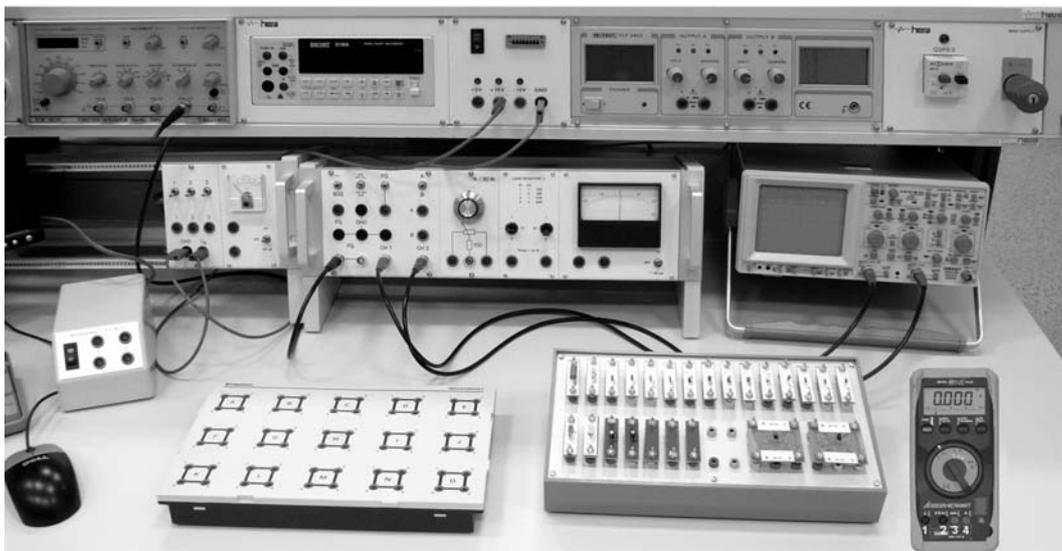
Alles mit Ruhe angehen. Sorgfältig arbeiten. Was nicht fertig wird, bleibt liegen. Wer dies wünscht, kann außerhalb der Unterrichtsstunden Versuche wiederholen oder auf eigene Faust experimentieren. Hierzu bitte den verantwortlichen Laboringenieur, Herrn Gaedig, ansprechen.

### Achtung:

- a) Die BNC-Kabel am Meßadapter 09b (Funktionsgenerator und Oszilloskop) bleiben.
- b) Nach jedem Teilversuch alle selbst gestöpselten Verbindungen wieder abbauen (sofern nicht in der Versuchsanleitung anders beschrieben).
- c) Meßgeräte zwischendurch nicht ausschalten.
- d) Bei Verdacht auf defekte Bauelemente, Kabel oder Geräte sowie auf leere Batterien (Multimeter MetraHit o. dergl.) Bescheid geben. Was verdächtig ist, wird ggf. überprüft (Laborkabeltester, Bauelementetester, Batterietester).

### Wenn das Praktikum zu Ende ist:

1. Alles abbauen – und zwar so sorgfältig, als wenn es einem selbst gehören würde... (nicht abreißen).
2. Steckmodule in den Aufbewahrungskasten 10b stecken – und zwar hochnotpeinlich nach Dienstvorschrift (s. die letzte Seite dieser Anleitung).
3. Kabel dorthin, von wo sie entnommen wurden.



## 1. Diodenkennlinien

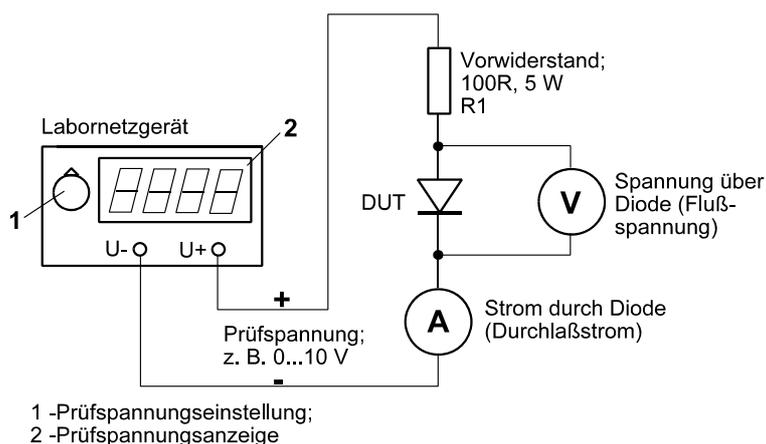
Die Diodenkennlinie beschreibt die Abhängigkeit des durch die Diode fließenden Stroms von der über der Diode anstehenden Spannung. Sie ist in beiden Richtungen (Flußrichtung und Sperrichtung) stichprobenhaft aufzunehmen (Abb. 1.1 und 1.2). Richtwerte: Prüfspannung nicht über 10 V, Strom nicht über 100...200 mA. Strommessung mit Escort, Spannungsmessung mit MetraHit.

Wir probieren verschiedene Diодentypen durch:

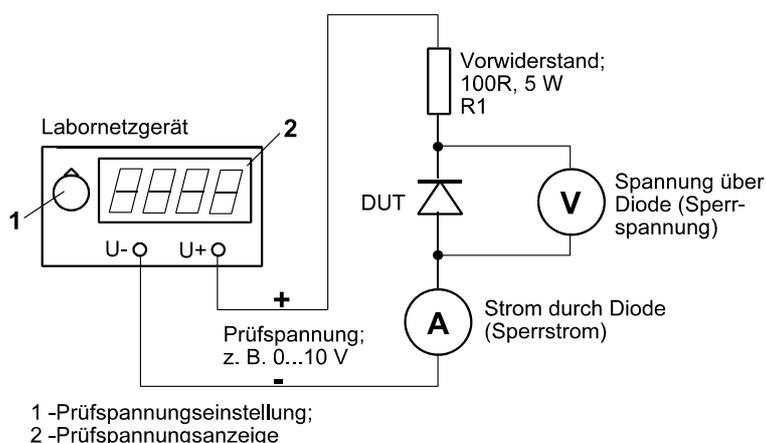
- Gewöhnliche SI-Diode (D1...D4; 1N4148).
- Zwei gewöhnliche SI-Dioden hintereinander (nur Flußrichtung).
- Zenerdiode (D5; BZV85\_6V8; nur Sperrichtung).
- Grüne LED (D6; nur Flußrichtung; max. 20 mA).
- Weiße LED (D7; nur Flußrichtung; max. 20 mA).

*Zu untersuchen:*

Was heißt Flußspannung bzw. Zenerspannung? Ab wann (Stromstärke) bleibt sie einigermaßen konstant? Mit andern Worten: In welchem Bereich kann man die Eingangsspannung variieren, ohne daß sich die Spannung über der Diode (Flußspannung bzw. Zenerspannung) nennenswert ändert? (Anhaltspunkt: In welchem Bereich bleibt die erste Dezimalstelle des Spannungswertes am längsten unverändert?)



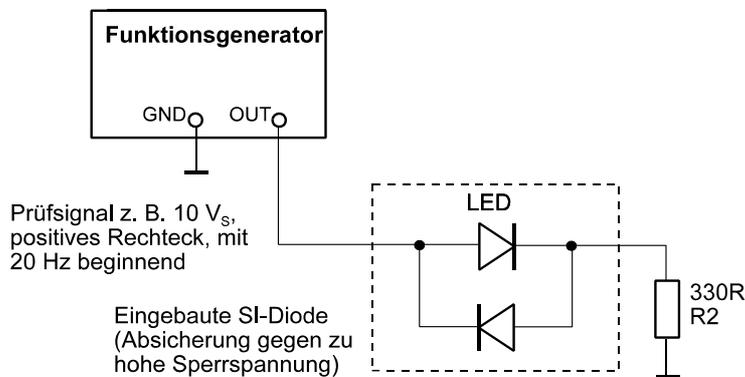
**Abb. 1.1** Kennlinienaufnahme in Flußrichtung.



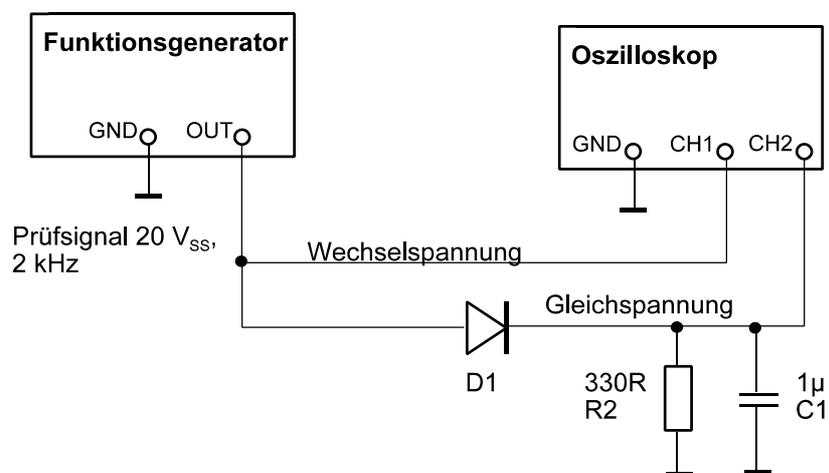
**Abb. 1.2** Kennlinienaufnahme in Sperrichtung.

*Zusatzversuche zu den LEDs:*

1. Bei welchem Durchlaßstrom beginnen die LEDs bereits gut wahrnehmbar zu leuchten?
2. Betreiben Sie eine LED über den Funktionsgenerator (Abb. 1.3). Ansteuerung mit positiven Rechteckimpulsen. Von welcher Frequenz an hört das Flimmern auf?

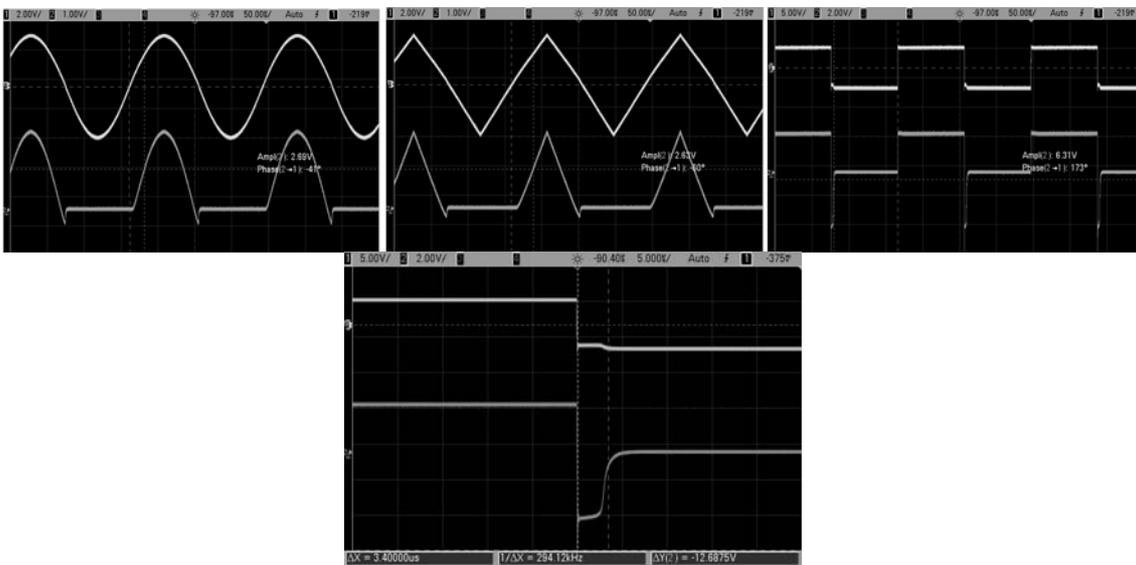
**Abb. 1.3** LED-Ansteuerung mittels Funktionsgenerator.**2. Die Diode als Gleichrichter**

Versuchsaufbau: Funktionsgenerator als Wechselspannungsquelle, Oszilloskop zum Darstellen der Spannungsverläufe (Abb. 2.1).

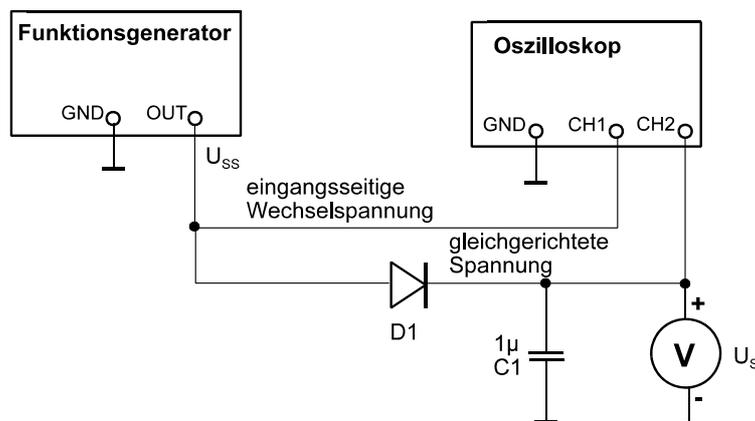
**Abb. 2.1** Der grundsätzliche Versuchsaufbau.*Zu untersuchen:*

- a) Widerstand und Kondensator zunächst nicht stecken. Wie sieht es aus, wenn die Diode gar nicht belastet wird?
- b) Widerstand stecken (Gleichrichtwirkung bei hinreichendem Stromfluß).
- c) Polarität der (pulsierenden) Gleichspannung bei andersherum gepolter Diode (umstecken; dann wieder zurück).

- d) Sperrverzögerung. Mit dem Oszilloskop genauer betrachten, wie es beim Übergang von der Durchlaßrichtung zur Sperrichtung aussieht. Die drei Wechselspannungsverläufe ausprobieren, die der Funktionsgenerator liefern kann. Die Diode 1N4004<sup>1</sup> läßt die Sperrverzögerung deutlich erkennen, vor allem dann, wenn der Wechselspannungsverlauf impuls- oder rechteckförmig ist (Abb. 2.2).
- e) Glättung mittels Kondensator. Wodurch ist das Aussehen der Ausgangsspannung zu erklären? Mit zusätzlichen Kondensatoren (Parallelschaltung) probieren (insgesamt maximal vier).
- f) Spitzenwertgleichrichter (Abb. 2.3). Widerstand raus; Kondensator 1 µF stecken. Wieso ergibt sich jetzt eine glatte Gleichspannung? Wieso kommt es, daß die Gleichrichtung auch ohne Lastwiderstand funktioniert? Digitalmultimeter anschließen. Wodurch erklärt sich der angezeigte Wert?



**Abb. 2.2** Sperrverzögerung. Der Spannungsverlauf im Negativen zeigt an, daß ein Ausräumstrom durch die Diode fließt



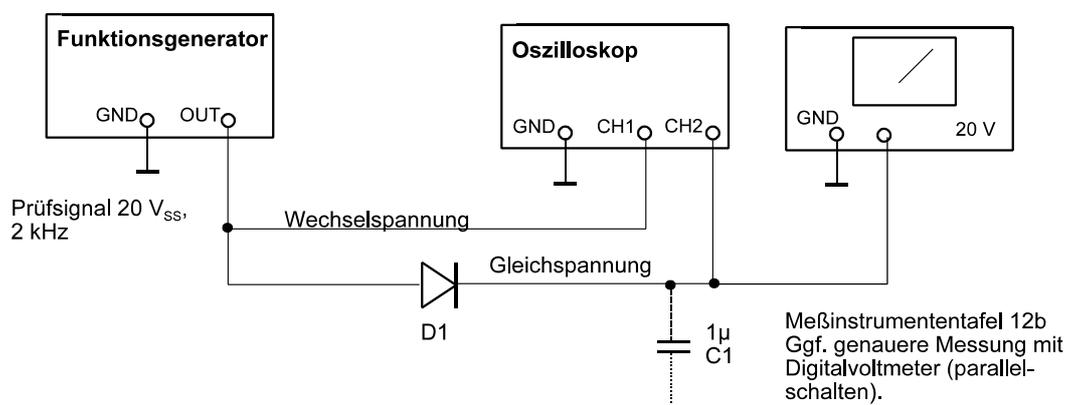
**Abb. 2.3** Spitzenwertgleichrichter.

1: Demgegenüber ist die Sperrverzögerung einer 1N4148 (aus neuerer Herstellung) mit unseren Meßmitteln praktisch nicht zu erkennen.

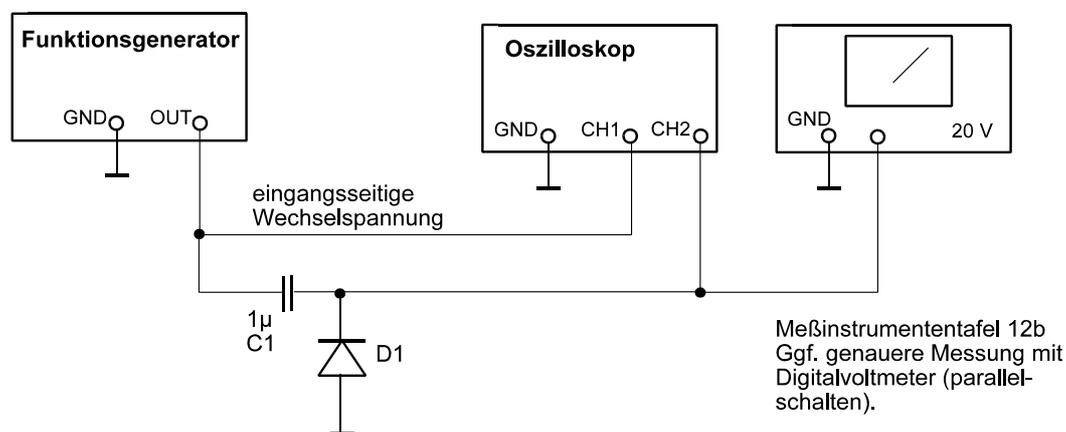
*Meßgleichrichter*

Wir verwenden die Meßinstrumententafel 12b (Instrument mit Nullpunktmittellage).

1. Zur Probe direkt an die Wechselspannung anschließen. Was kommt heraus? Warum?
2. So anschließen, wie in Abb. 2.4 gezeigt. Was kommt ohne Kondensator heraus, was mit? Welcher charakteristische Wechselspannungskennwert wird jeweils gemessen? Wodurch erklären sich die Abweichungen vom jeweiligen theoretischen Wert?
3. Dann die Schaltung gemäß Abb. 2.5 aufbauen. Auch sie wird in der Literatur als Gleichrichter bezeichnet. Aufbauen. Wie sieht das Ausgangssignal aus? Welche Amplitude hat es? Was zeigt das Meßinstrument an? Ausprobieren, was sich ändert, wenn man die Diode andersherum steckt.

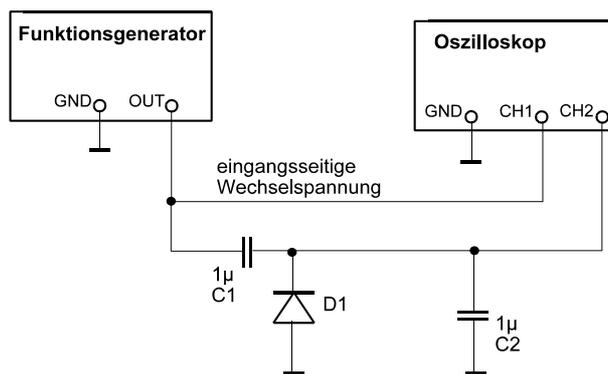


**Abb. 2.4** Meßgleichrichter.



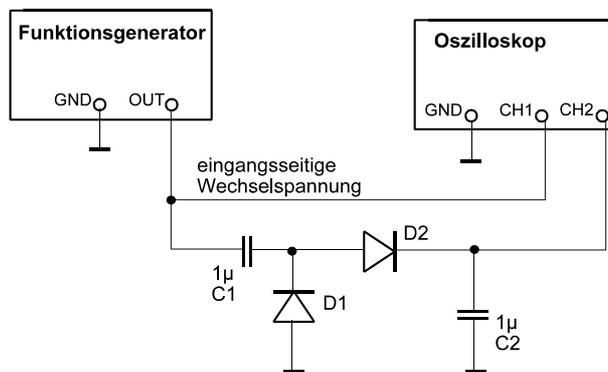
**Abb. 2.5** Gleichrichterschaltung mit parallelgeschalteter Diode.

Eine wirklich glatte Gleichspannung ergibt sich erst dann, wenn man einen Ladekondensator nachschaltet. Ausprobieren (Abb. 2.6).



**Abb. 2.6** Gleichrichterschaltung mit parallelgeschalteter Diode und Ladekondensator.

Funktioniert das richtig? Woran könnte es wohl liegen? Der Kondensator entlädt sich über die Diode, wenn diese in Flußrichtung gepolt ist. Der Ausweg? – Eine zweite Diode als Rückstromsperre (Abb. 2.7).

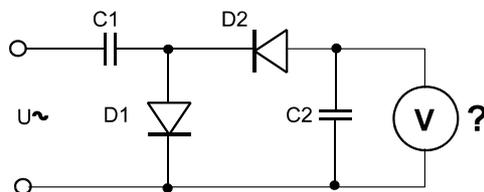


**Abb. 2.7** Durch Einfügen einer Rückstromsperre ergibt sich ein Spannungsverdoppler (Villardschaltung).

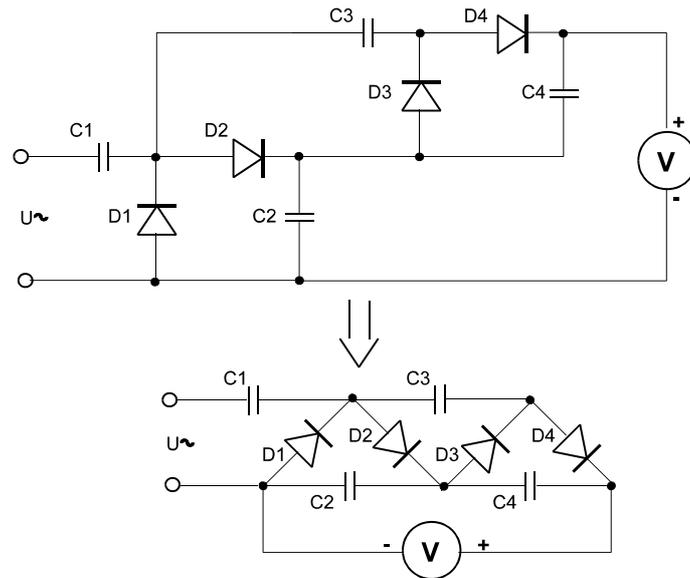
Die Ausgangsspannung beträgt näherungsweise das Doppelte der Spitzenspannung – wir haben einen Spannungsverdoppler hergestellt. Weshalb ist es aber nicht genau das Doppelte?

Jetzt beide Dioden andersherum stecken (Abb. 2.8). Was passiert?

Aus zwei Villardstufen einen Spannungsvervierfacher zusammenstecken (Abb. 2.9).



**Abb. 2.8** Was passiert, wenn wir die Dioden andersherum einsetzen?



**Abb. 2.9** Spannungsvervielfachung mit mehreren (hier zwei) Villardstufen (Vierfachung).

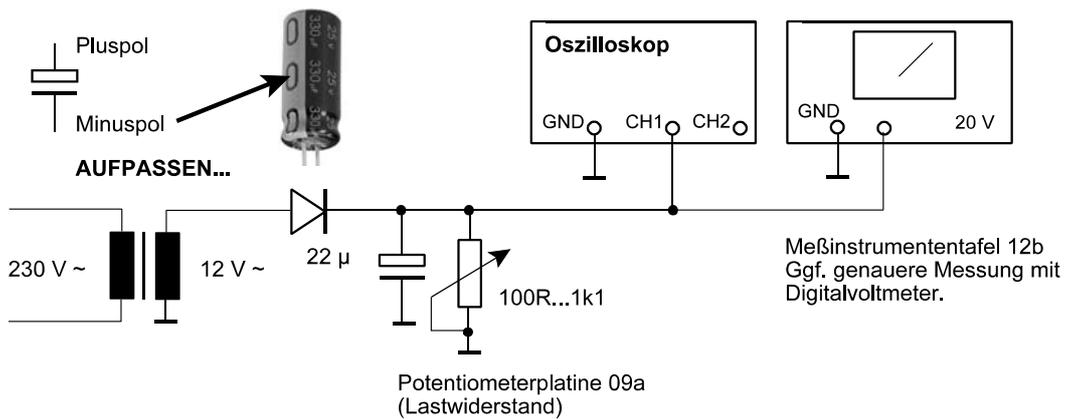
### 3. Netzgleichrichtung

Wir setzen den Netztransformator 12 ein und messen mit dem Oszilloskop. Was normal (und nicht zu ändern) ist:

- Es sind 50 Hz. Deshalb flimmert – im Analogbetrieb des Oszilloskops – die Anzeige<sup>2</sup>.
- Der Netzspannungsverlauf ist kein Sinus wie aus dem Bilderbuch<sup>3</sup>.

Wir beginnen nochmals mit dem Einweggleichrichter. Versuchsaufbau an Wicklung 1 anschließen.

Der Elektrolytkondensator:



**Abb. 3.1** Der Einweggleichrichter. ACHTUNG: Elektrolytkondensatoren sind GEPOLTE Kondensatoren. Der Minuspol ist am Gehäuse gekennzeichnet. Richtig herum stöpseln...

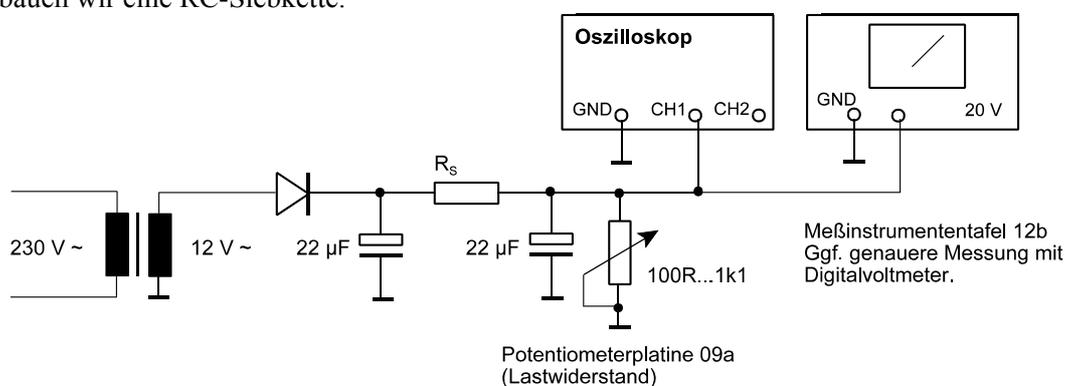
- 2: Das Analogoszilloskop hat jedoch den großen Vorteil, daß es zwar manche Einzelheiten verschweigt, aber nicht wirklich lügt.
- 3: Schuld daran sind vor allem die vielen Schaltnetzteile (z. B. der Personalcomputer).

Zu untersuchen:

- Signalverlauf ohne Kondensator. Welche Spannung zeigt das Meßinstrument an, wenn das Potentiometer auf 1k (Anschlag) steht?
- Signalverlauf mit  $C = 22 \mu\text{F}$  (Elko – auf richtige Polung achten –).
- Signalverlauf mit  $C = 22 \mu\text{F}$ .
- Signalverlauf mit  $C = 44 \mu\text{F}$  (zwei Elkos parallel)1.

Jeweils mit unterschiedlicher Belastung im Bereich von 100 Ohm bis 1 kOhm probieren (Potentiometer langsam durchdrehen, dabei Oszilloskop und Spannungsanzeige beobachten).

Jetzt bauen wir eine RC-Siebketten.



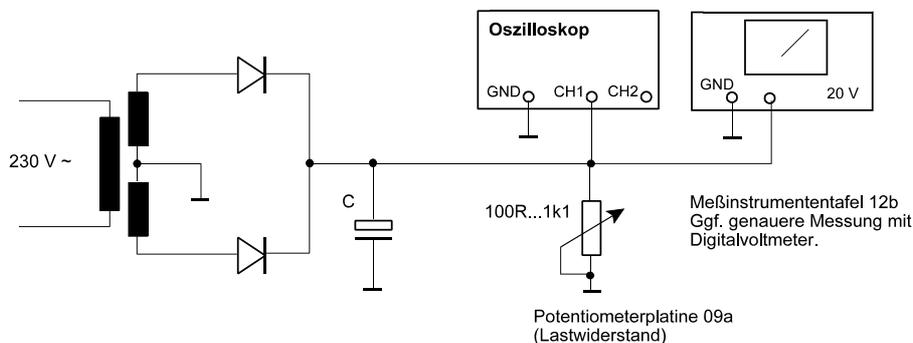
**Abb. 3.2** Einweggleichrichter mit RC-Siebketten.

Zu untersuchen:

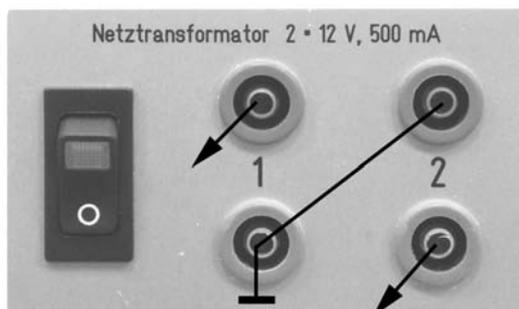
- Signalverlauf und Signalamplitude mit  $R_s = 330 \text{ Ohm}$ .
- Signalverlauf und Signalamplitude mit  $R_s = 1 \text{ kOhm}$ .

Jeweils mit unterschiedlicher Belastung im Bereich von 100 Ohm bis 1 kOhm probieren (Potentiometer langsam durchdrehen, dabei Oszilloskop und Spannungsanzeige beobachten).

Alles abbauen und einen Zweiweggleichrichter aufbauen. Hierzu beide Wicklungen in Reihe schalten..



**Abb. 3.3** Zweiweggleichrichter.



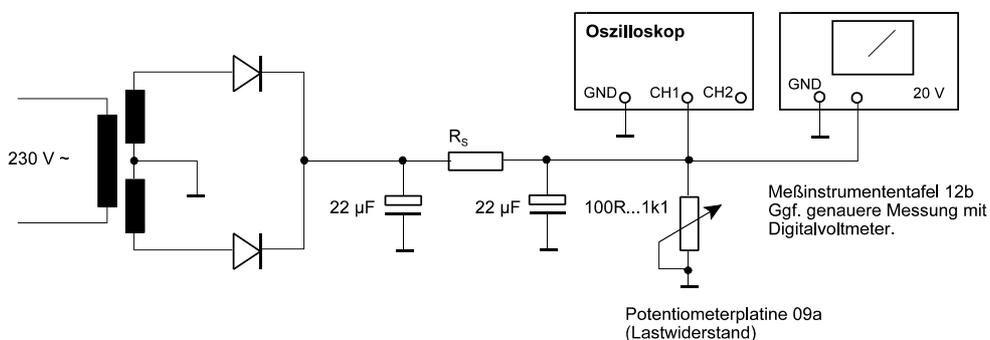
**Abb. 3.4** So anschließen.

*Zu untersuchen:*

- Signalverlauf ohne Kondensator. Welche Spannung zeigt das Meßinstrument an, wenn das Potentiometer auf 1k (Anschlag) steht?
- Signalverlauf und Ausgangsspannung mit  $C = 22 \mu\text{F}$  (Elko – auf richtige Polung achten –).
- Signalverlauf und Ausgangsspannung mit  $C = 44 \mu\text{F}$  (zwei Elkos parallel).

Jeweils mit unterschiedlicher Belastung im Bereich von 100 Ohm bis 1 kOhm probieren (Potentiometer langsam durchdrehen, dabei Oszilloskop und Multimeter beobachten).

Jetzt setzen wir wieder die RC-Siebketten ein.



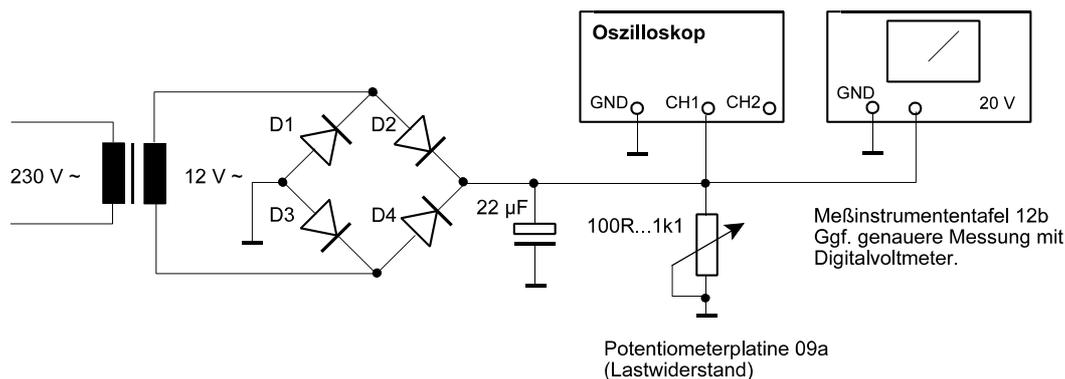
**Abb. 3.5** Zweiweggleichrichter mit RC-Siebketten.

*Zu untersuchen:*

- Signalverlauf und Ausgangsspannung mit  $R_s = 330 \text{ Ohm}$ .
- Signalverlauf und Ausgangsspannung mit  $R_s = 1 \text{ kOhm}$ .

Jeweils mit unterschiedlicher Belastung im Bereich von 100 Ohm bis 1 kOhm probieren (Potentiometer langsam durchdrehen, dabei Oszilloskop und Multimeter beobachten).

Alles abbauen und einen Graetzgleichrichter (Brückengleichrichter) aufbauen. Versuchsaufbau an Wicklung 1 anschließen. Signalverlauf und Signalamplitude ansehen.

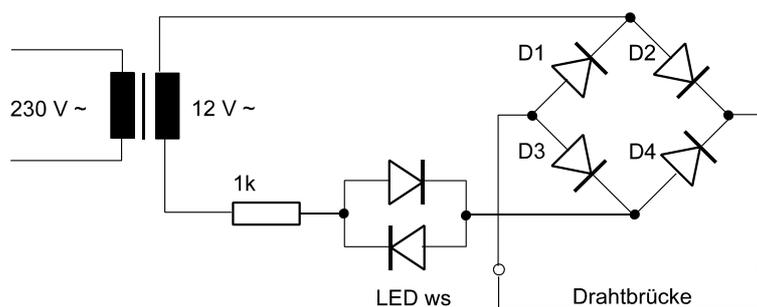


**Abb. 3.6** Graetzgleichrichter. ACHTUNG: Die Ausgänge des Trafos dürfen nicht mit Masse verbunden sein!

Auch der Graetzgleichrichter klappt die negativen Halbwellen um. Es muß (fast<sup>4</sup>) das gleiche herauskommen wie beim Zweiweggleichrichter. Deshalb können wir uns die Untersuchungen mit dem Meßinstrument und mit der Siebkette sparen.

Zweiweg- und Graetzgleichrichter sind sog. Vollwellengleichrichter. Welche typischen Vor- und Nachteile haben beide Ausführungen?<sup>5</sup>

Wenn wir die Diodenbrücke schon mal gesteckt haben, können wir gleich noch eine Trickschaltung ausprobieren.



**Abb. 3.7** Ein kontaktloser Wechselstromschalter auf Grundlage einer Gleichrichterbrücke. LED aus bei nicht gesteckter, LED ein bei gesteckter Drahtbrücke (weshalb ist das so?). In einer ernsthaften Anwendung kann die Drahtbrücke beispielsweise durch einen Schalttransistor ersetzt werden<sup>6</sup>.

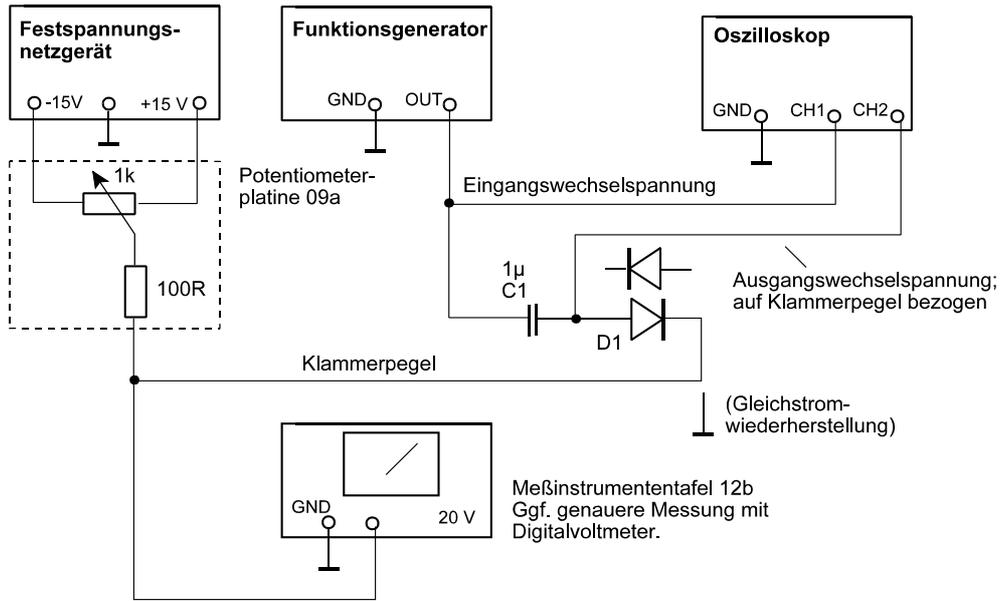
Jetzt alles abbauen und den Netztransformator beiseite stellen.

- 
- 4: Worin besteht der wesentliche Unterschied (in dem, was herauskommt)?
  - 5: Das könnte unter anderem in der Klausur abgefragt werden.
  - 6: Überlegen Sie sich bitte, wie eine solche Schaltung aussehen könnte – und zwar genau (richtiger Transistortyp, richtige Polung, brauchbare Lösung der Ansteuerung).

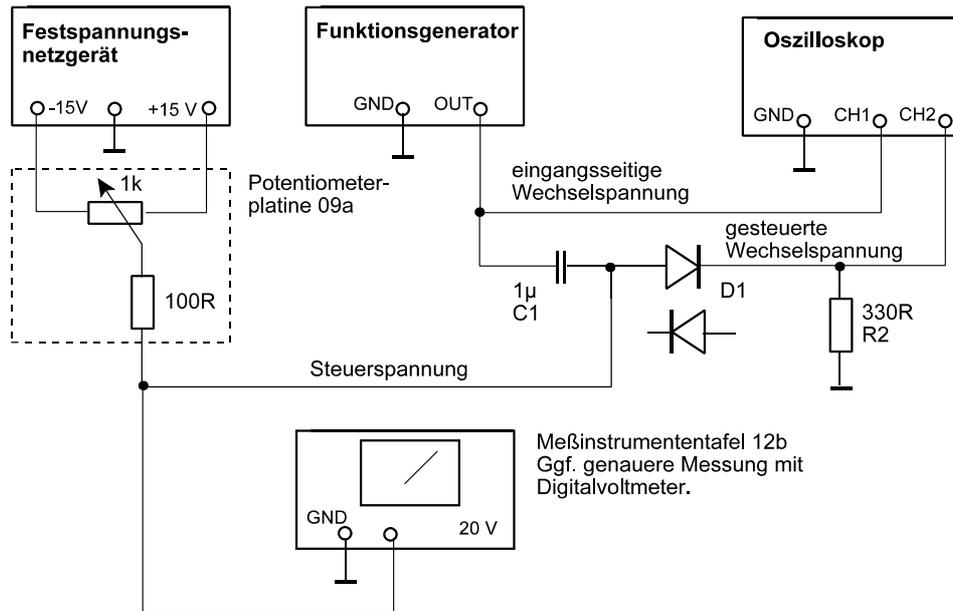
### 4. Klammerschaltungen, Torschaltungen, Begrenzer

- Klammerschaltungen (Abb. 4.1) sollen Signale auf einen bestimmten Bezugspegel beziehen.
- Torschaltungen (Abb. 4.2) sollen Signalflüsse steuern (mit anderen Worten, Signale durchlassen oder nicht durchlassen).
- Begrenzer (Abb. 4.3 und 4.4) sollen verhindern, daß bestimmte Pegel überschritten werden.

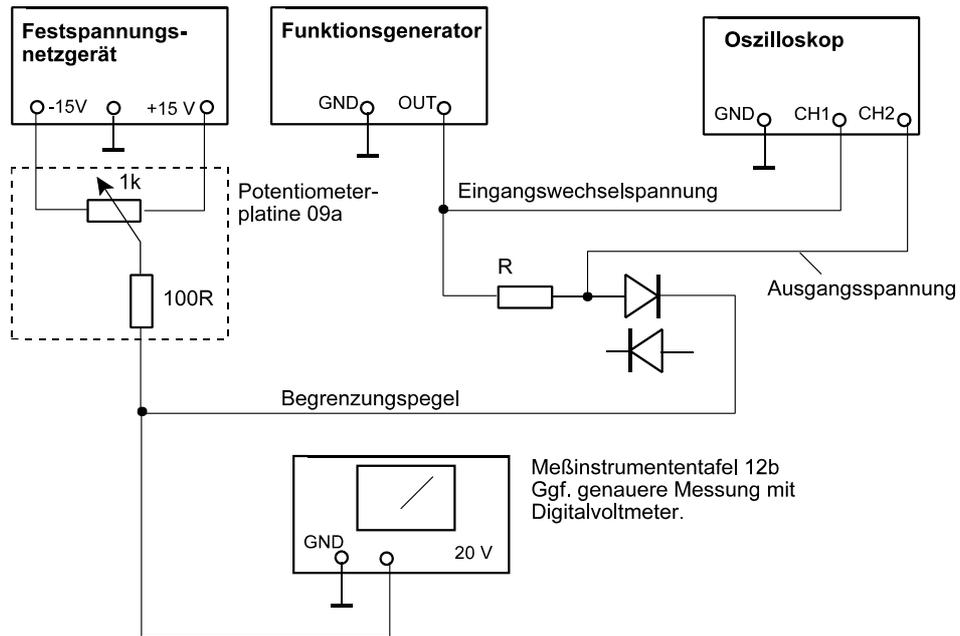
Schaltungen aufbauen. Mit beiden Polungen der Diode probieren. Wie muß die Vorspannung jeweils gepolt werden? Welche Signalverläufe ergeben sich?



**Abb. 4.1** Klammerschaltung. Die Ausgangswchselspannung erscheint auf den Klammerpegel bezogen. Der Klammerpegel kann auch Masse sein (Gleichstromwiederherstellung).

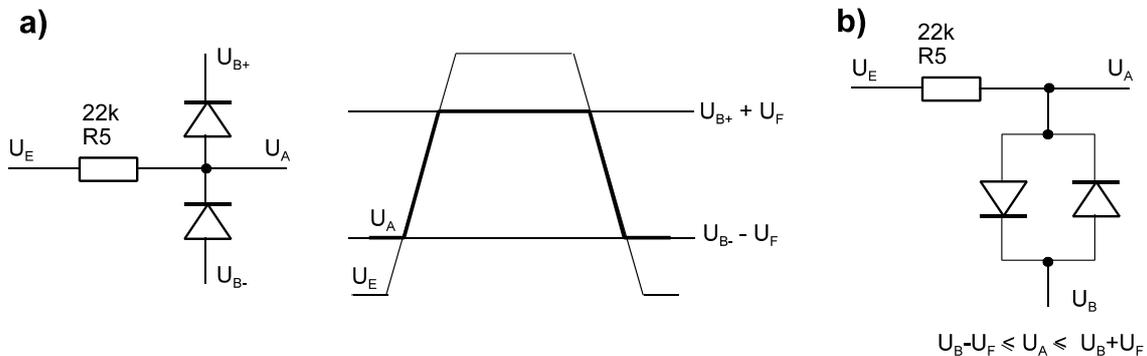


**Abb. 4.2** Torschaltung. Ist Steuerspannung + maximaler Wechselspannungswert < Sperrspannung, so ist der Signalweg gesperrt.



**Abb. 4.3** Begrenzer. Übersteigt die Eingangsspannung den Begrenzungspegel, so wird die Diode in Flußrichtung gepolt und somit leitend. Ausgangsspannung deshalb maximal = Begrenzungsspannung + Flußspannung. Der Widerstand dient der Strombegrenzung.

Funktioniert es richtig mit dem Widerstand  $R = 1k$ ? – Ggf. mit Widerstand  $22k$  ( $R5$ ) probieren. Weshalb klappt es jetzt besser? Die  $22k$  auch in den Schaltungen von Abb. 4.4 verwenden.



**Abb. 4.4** Schutzbeschaltungen mit Begrenzerdioden. a) Begrenzung des Signalhubs auf einen bestimmten Spannungsbereich, b) Begrenzung auf einene Bereich, dessen Breite der doppelten Flußspannung entspricht.

Bereitstellung der Begrenzungsspannungen:

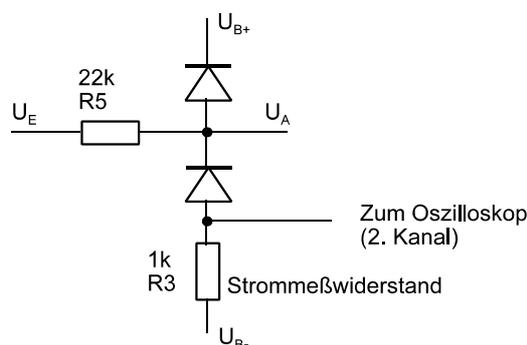
- a)  $U_{B+}, U_{B-}$ : Labornetzgerät.
- b) Zunächst mit  $U_B = \text{Masse}$  probieren. Dann Potentiometeranordnung gemäß Abb. 3.3.

**Hinweis:**

Begrenzung bedeutet stets eine Art Kurzschließen bzw. Ableiten der überschüssigen Signalenergie (Abb. 4.5). Zu beachten:

- die Strombelastung der Signalquelle,
- die Belastbarkeit der Dioden,
- ggf. Probleme, die mit dem Ableiten der eingespeisten Ströme zu tun haben (Anhebung des Massepotentials, Störstrahlung).

Strombegrenzung durch Serienwiderstand (wie in den Abb. 4.3 und 4.4 gezeigt) ist nicht immer möglich (Flankenverschleifung). Viele Begrenzerschaltungen sind nur geeignet, kurzzeitige Spitzen (z. B. Überschwinger) abzuleiten. Liegt die Überspannung länger an, sind andere Maßnahmen erforderlich (z. B. Auftrennen des Stromkreises).



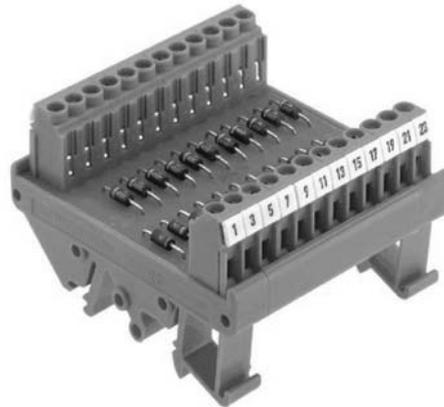
**Abb. 4.5** Erweiterung der Schaltung von Abb. 4.4a zur Strommessung. Darstellung des Stromverlaufs über den zweiten Kanal des Oszilloskops (ggf. auf einen Millivoltbereich und auf AC stellen).

## 5. Diodengatter

Mit Dioden kann man UND- und ODER-Gatter aufbauen (Abb. 5.1 bis 5.5). Zeitgemäße Anwendungen: elementare logische Verknüpfungen von Signalen, die keinen üblichen Logikpegeln entsprechen (vorverarbeitende Logik), z. B. in der Ebene der Feldverkabelung von Steuerungssystemen (vgl. Abb. 5.1) oder zur Implementierung von Sicherheitsfunktionen (die direkt – d. h. ohne Mikrocontroller, Software o. dergl. – wirken müssen).

**Versuche:**

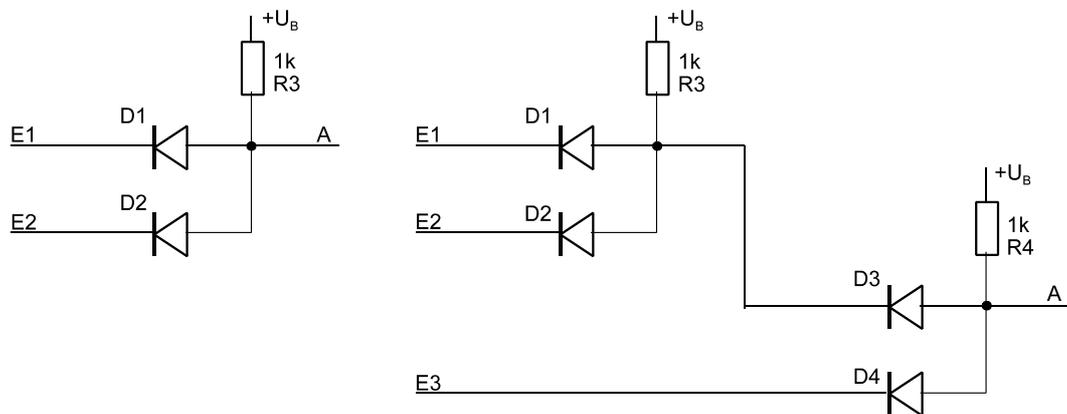
- 1) Schaltungen gemäß den Abb. 5.2 bis 5.4 stecken. Statische Erprobung gemäß Abb. 5.5. Meßinstrumententafel 12a am Ausgang. Meßbereich: 20 V (Schalter in Mittelstellung), Schalten der Eingänge mittels Kippschalterplatine 09a. Betriebsspannung: 15 V (Festspannungsnetzgerät 09). Widerstände: 1k (R3, R4).
- 2) Dynamische Erprobung mittels Funktionsgenerator und Oszilloskop (Abb. 5.6 und 5.7). Ein Eingang erhält Impulse, andere Eingänge werden mit einem passenden Pegel verbunden (UND: High, ODER: Low). Funktionsgenerator auf Rechtecksignale und positiven Spannungshub (von 0 bis 15 V) einstellen.



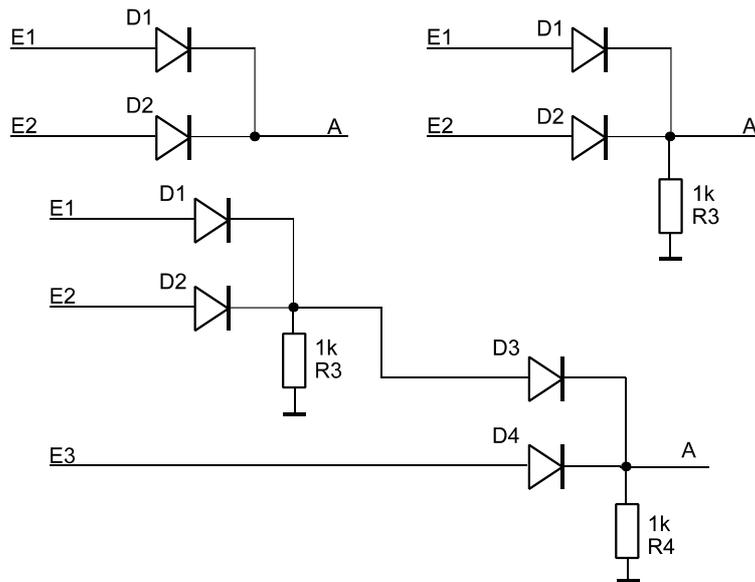
**Abb. 5.1** Dioden-Gatterbaustein zum Einsatz in Steuerungssystemen (Weidmüller).

*Zu untersuchen:*

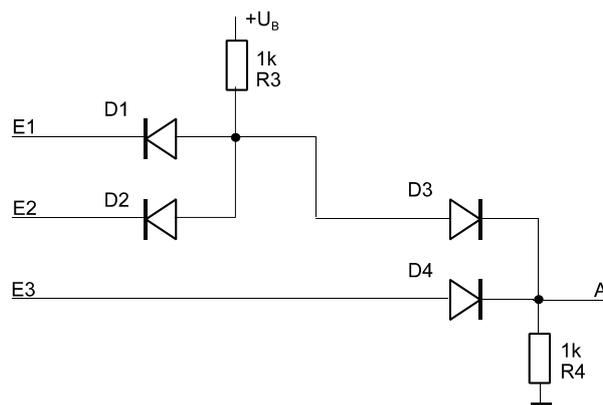
- Welche Ausgangsspannungen ergeben sich bei den verschiedenen Eingangsbelegungen? Weshalb?
- Was geschieht, wenn man immer mehr Diodengatter hintereinanderschaltet?
- Die ODER-Verknüpfung ist im Grunde nur eine Lötstelle, also eine Zusammenführung der Eingangssignale. Die Dioden dienen lediglich dazu, Rückströme zu verhindern. Wozu ist dann der Lastwiderstand gut? Was passiert, wenn man ihn wegläßt?
- Die Impulsformen (Flanken, Pegel). Wieso kommt es, daß die Impulse so aussehen?



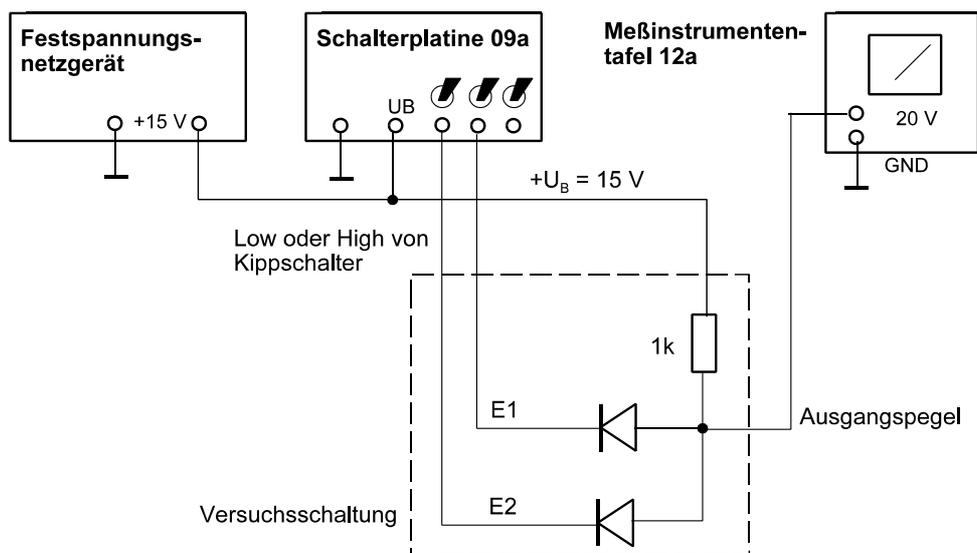
**Abb. 5.2** UND-Verknüpfung. Links ein einzelnes Gatter, rechts zwei Gatter hintereinander.



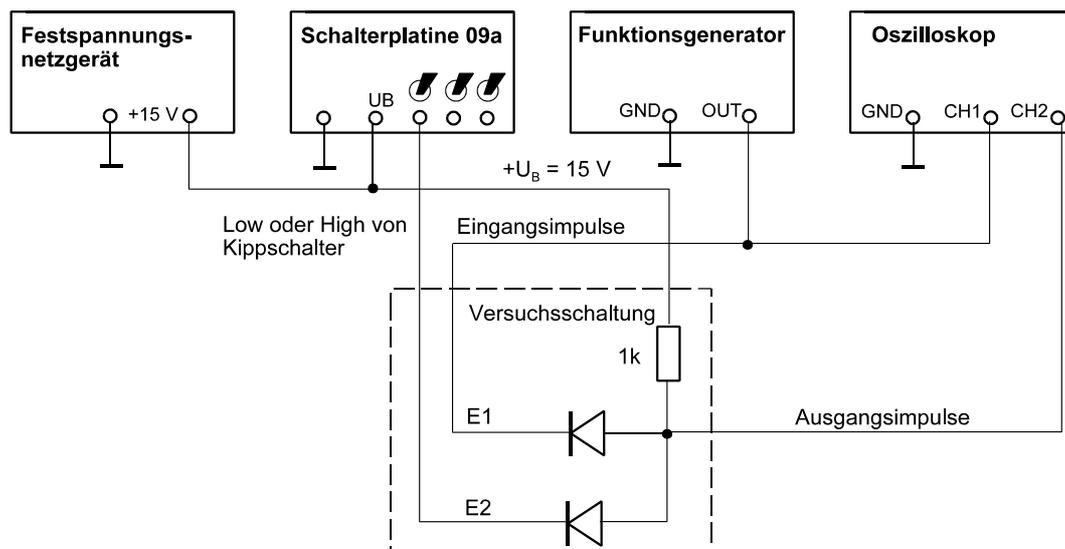
**Abb. 5.3** ODER-Verknüpfung. Oben einzelne Gatter, unten zwei Gatter hintereinander.



**Abb. 5.4** UND-ODER-Verknüpfung.



**Abb. 5.5** Statische Erprobung am Beispiel des UND-Gatters.



**Abb. 5.6** Dynamische Erprobung am Beispiel des UND-Gatters.

## 6. Elementare RC-Glieder

Versuchsaufbau: Funktionsgenerator + Oszilloskop (Abb. 6.1 bis 6.3). Signalhub:  $10 V_{SS}$ . Signalfrequenzen zwischen etwa 100 Hz und einigen hundert kHz durchfahren. Dimensionierung:  $R = 1k$ ,  $C = 1\mu F$ .

*Versuchsreihe 1. Impulsverhalten:*

- Wie breit müssen die Impulse sein, um ein gleichsam bilderbuchmäßiges Schaltverhalten zu ergeben? (Soll heißen, daß der Verlauf der e-Funktionen deutlich zu erkennen ist.)
- Was geschieht mit sehr breiten und sehr schmalen Impulsen?
- Wie bekommt man (beim Differenzierglied) unerwünschte Nadeln weg?
- Von welcher Impulsfolgefrequenz an verhält sich das Integrierglied wie eine über die Impulsbreite steuerbare Gleichspannungsquelle? (Anwendung: als einfacher D-A-Wandler.)

*Versuchsreihe 2. Differenzieren und Integrieren:*

- In welchen Bereichen der Impulsfolgefrequenz wirken die Schaltungen als Differenzier- oder Integrierglieder?
- Wie sehen dann die Ausgangssignale bei Ansteuerung mit Sinus, Dreieck und Rechteck aus?

*Versuchsreihe 3. Wechselspannungsverhalten (Sinus-Erregung):*

- Wie verhalten sich die Schaltungen beim Durchfahren des Frequenzbereichs?
- Was bedeutet eigentlich "Grenzfrequenz"? Um die Ausgangsspannung besser messen zu können, schalten wir einen behelfsmäßigen Spitzenwertgleichrichter nach. Dimensionierung:  $C = 1 \mu F$ .

Ausgangsspannungskontrolle mittels Oszilloskop und Digitalvoltmeter (über Spitzenwertgleichrichter).

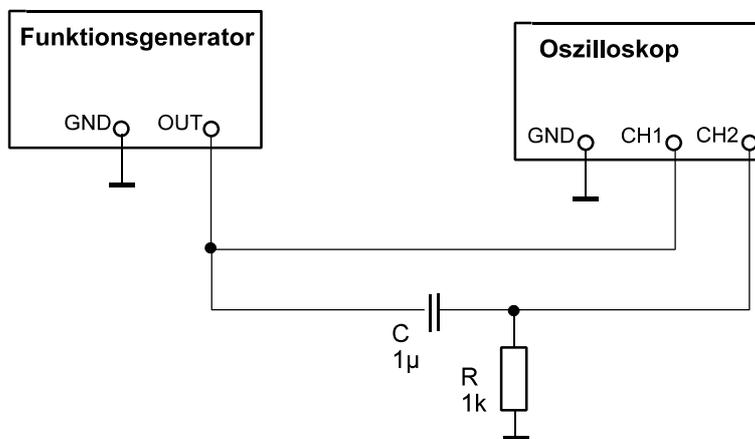
*Hinweis:*

Die Grenzfrequenz  $f_g$  ist jene Frequenz, bei der der Blindwiderstand ( $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ) gleich dem Gleichstromwiderstand (R) ist.

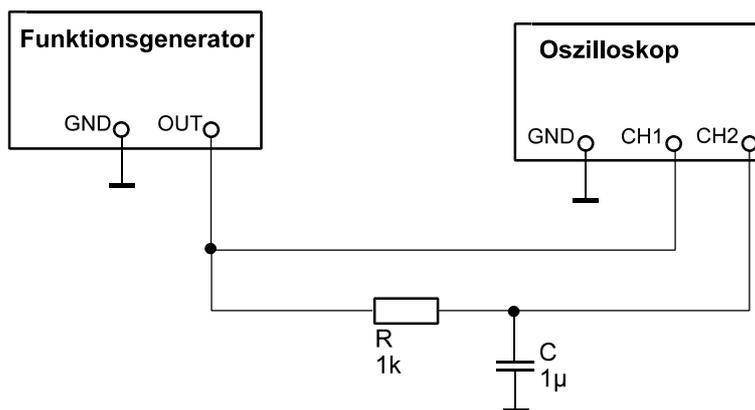
$$\frac{1}{2\pi f C} = R ; f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

Somit ist die Zeitkonstante

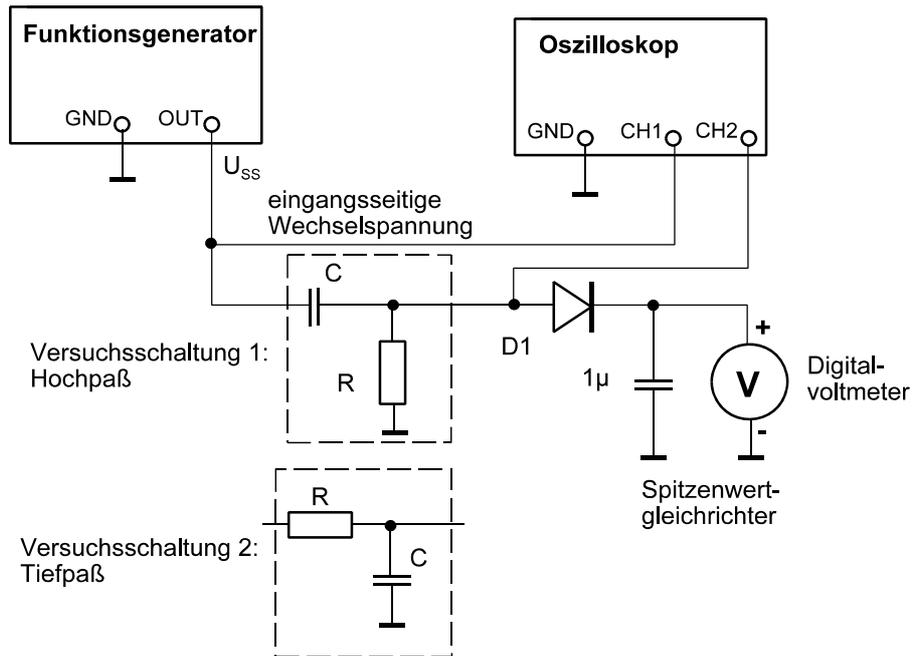
$$\tau = RC = \frac{1}{2\pi f_g}$$



**Abb. 6.1** Differenzierglied bzw. Hochpaß



**Abb. 6.2** Integrierglied bzw. Tiefpaß.



**Abb. 6.3** Untersuchung des Wechselspannungsverhaltens.

**Stückliste zum Versuch 1:**

Bezeichnung	Anzahl	Typ
D1...D4	4	Si-Diode 1N4004
D5	1	Zenerdiode BZV85_6V8
D6	1	LED gn (mit antiparallel geschalteter Schutzdiode)
D7	1	LED ws (mit antiparallel geschalteter Schutzdiode)
R1	1	Widerstand 100R, 5 W
R2	1	Widerstand 330R, 1 W
R3, R4	2	Widerstand 1k
R5	2	Widerstand 22k
C1...C4	4	Keramikkondensator 1µF
C5, C6	2	Elektrolytkondensator 22 µF
J1...3	3	Steckbrücke 38 mm

