

*Schuco*<sup>®</sup>

# ELECTRONIC

## GLASFASER-TECHNIK



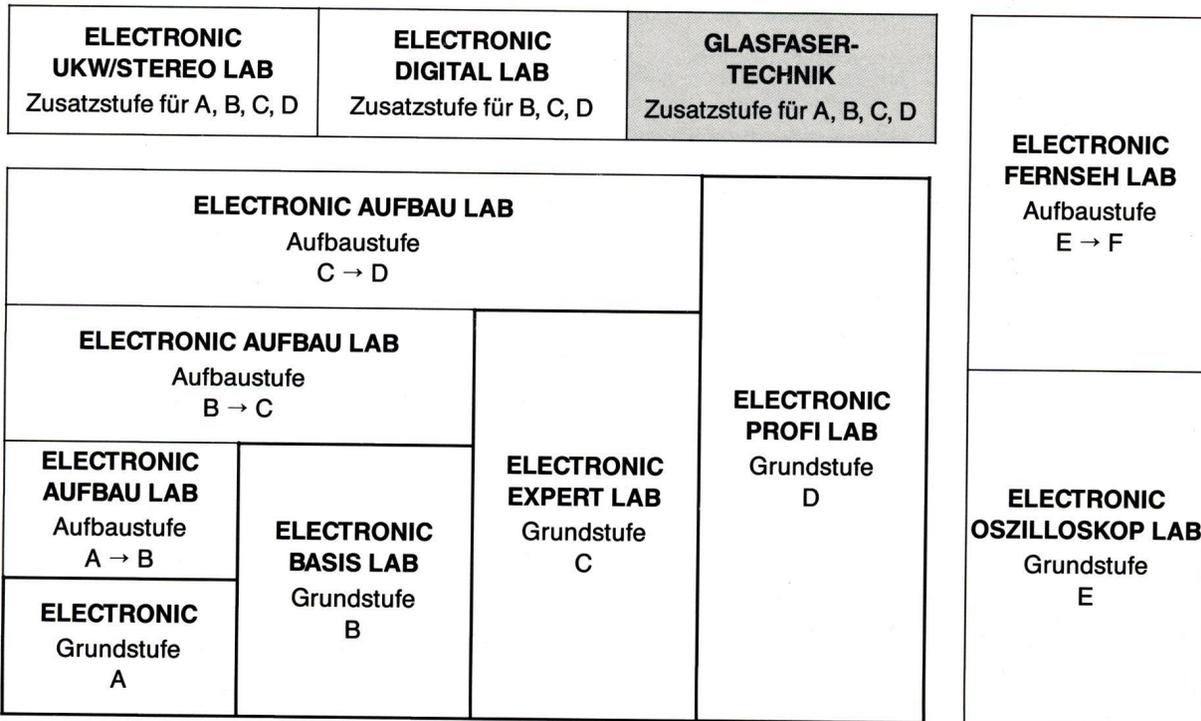
SCHUCO  
EXPERIMENTIER-  
TECHNIK

D

6303

Licht als Datenträger.

# **Schuco<sup>®</sup> Experimentier-Labors**



Sicher haben dir die Experimente, die du mit deinem Electronic-Experimentierkasten gebaut hast, gefallen. Möchtest du noch mehr über dieses interessante Gebiet erfahren? Die nebenstehende Grafik zeigt dir den Weg, mit welchen Kästen du dein Hobby ausbauen kannst.



EXPERIMENTIER  
TECHNIK

# GLASFASER TECHNIK

## Anleitungsbuch

Ergänzung zu den Grundstufen  
A, B, C, D

### **SCHUCO EXPERIMENTIER-TECHNIK**

® GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO. KG

Lange Straße 69 – 75, 8510 Fürth/Bayern

Telefon (09 11) 78 72-0, Telex 6 26 103

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische  
Wiedergabe – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Buch  
enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.

Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

Technische Änderungen vorbehalten.

Zur Übertragung von Nachrichten bediente man sich in den vergangenen Jahrzehnten vorwiegend metallischer Leiter. Sie wurden als Freileitungen und als Erdkabel eingesetzt.

Seit einigen Jahren drängt sich ein neues Übertragungsmedium in den Vordergrund, die **Glasfaser**. Andere Bezeichnungen dafür sind auch **Lichtwellenleiter**, **Glasfaserkabel** oder einfach nur **Lichtleiter**. Nachdem einige Jahre nur in Forschungslaboratorien damit gearbeitet wurde, haben sie jetzt das Entwicklungsstadium verlassen und werden bereits in der Praxis verwendet.

Es ist damit zu rechnen, daß in Zukunft die Glasfaserkabel die herkömmlichen Kupferkabel weitgehend ersetzen werden. Denn neben vielen anderen Vorteilen, die Glasfasern besitzen, ist ein weiterer Grund wohl mit ausschlaggebend: Die weltweiten Kupfervorräte sind begrenzt, und außerdem ist Kupfer verhältnismäßig teuer. Der Rohstoff zur Herstellung von Glasfaserkabel, der Quarzsand, dagegen steht in riesigen Mengen zur Verfügung und ist relativ preiswert.

Allerdings sind die Herstellungskosten im Vergleich zum Kupferkabel immer noch recht hoch. Deshalb werden auch Kunststoffe als Lichtleiter eingesetzt, die außerdem noch einen Vorteil haben: Sie sind nicht so spröde wie Lichtleiter aus Glas.

Mit diesem **Experimentierkasten Glasfaser-Technik** wird eine Möglichkeit geboten, sich auf experimentellem Weg mit dieser neuen und faszinierenden Technik vertraut zu machen. Das bekannte System der Schuco Experimentierkästen bietet die Gewähr, sichere Erkenntnisse zu gewinnen und weiter verwenden zu können.

Der Experimentierkasten Glasfaser-Technik ist eine Ergänzung zu den Electronic Grundkästen A, B, C und D. Der Buchstabe vor der Nummer des Experiments gibt an, welcher Grundkasten auf jeden Fall benötigt wird.

Alle Experimente ohne Kennbuchstaben können durchgeführt werden mit dem Grundkasten A.

Alle Experimente mit Kennzeichnung  können durchgeführt werden mit den Grundkästen B, C und D.

Alle Experimente mit Kennzeichnung  können durchgeführt werden mit dem Grundkasten D.

Da in diesem Zusatz-Lab neue Bauteile verwendet werden, muß der Abschnitt **Ohne Vorbereitung geht es nicht** gelesen werden.

Experiment		Seite			
	Vorwort	2	18 D	Sinuston-Lichtsender	30
	Inhaltsverzeichnis	3	19 B	Lichtgesteuerter Tongenerator	31
	Musteraufbauten	4		<b>Optische Nachrichtenübermittlung</b>	32
	Bauteile	6	20	Morse-Lichtsender und	32
	<b>Ohne Vorbereitung geht es nicht</b>	8	21	Empfänger mit Ohrhörer	32
	Lichtleiterkabel	8		Morsealphabet	33
	Sendermodul	9	22	Empfänger mit Ohrhörer und LED	34
	Empfängermodul	9	23 B	Empfänger mit Lautsprecher	35
	Tastschalter	10		<b>Lichtschranken-Technik</b>	37
	Batteriehalter	10	25 B	Wechsellichtschranke	37
	<b>Neue Wege im Datentransport</b>	11	26 B	Lichtwellenleiter/Fensterglas	38
1	Optischer Sender	11	27 B	Selektiver Lichtempfänger	39
2	Optischer Empfänger	12	28 B	Sprachübertragung	40
	Modul-Empfänger	13	29 B	Akustischer Alarm	41
3	Übertragungssystem	14		<b>Glasfaserüberwachung</b>	42
6	Übertragungssystem mit Lichtleiter	15	30 B	Füllstands-Meßsender	42
	<b>Senden und Empfangen</b>	19	31 C	Temperatur-Meßsender	42
7	Mikrofon-Lichtsender und	19	32 B	Empfänger für 31 mit Lautsprecher	42
8	Ohrhörer-Empfänger	19	33 D	Empfänger für 31 mit Meßgerät	44
8	Empfänger mit Ohrhörer	19	34 B	Helligkeits-Meßsender	46
9 B	Empfänger mit Lautsprecher	21	35 B	Spannungs-Meßsender	47
10	Periodischer Lichtsender	22	36 D	Meßempfänger für Modulationsgrad	48
	Modul-Sender	23	37 D	Kontrollempfänger für Lichtleiter	48
11 B	Variable Oszillatorfrequenz	24	38 D	Empfänger für Nf-Signale	50
12	Einfache Lichtschranke	24	39 B	Mittelwellen-Empfänger Lichtsender	51
14	Wechsellichtempfänger mit Ohrhörer	26	40	Lichtsender für Nf-Signale	52
15 B	Wechsellichtempfänger mit Lautsprecher	27		<b>Lichtleistung</b>	53
16	Wechsellichtempfänger mit LED	28		<b>Zwei-Kanal-Übertragung</b>	54
	<b>Spezielle Anlagen</b>	30	41 D	Sender	54
			42 D	Empfänger	55

Liebe Eltern,

Sie haben ein Qualitäts-Produkt erworben, das dem Stand der Technik entspricht und damit die gültigen Sicherheitsbestimmungen erfüllt.

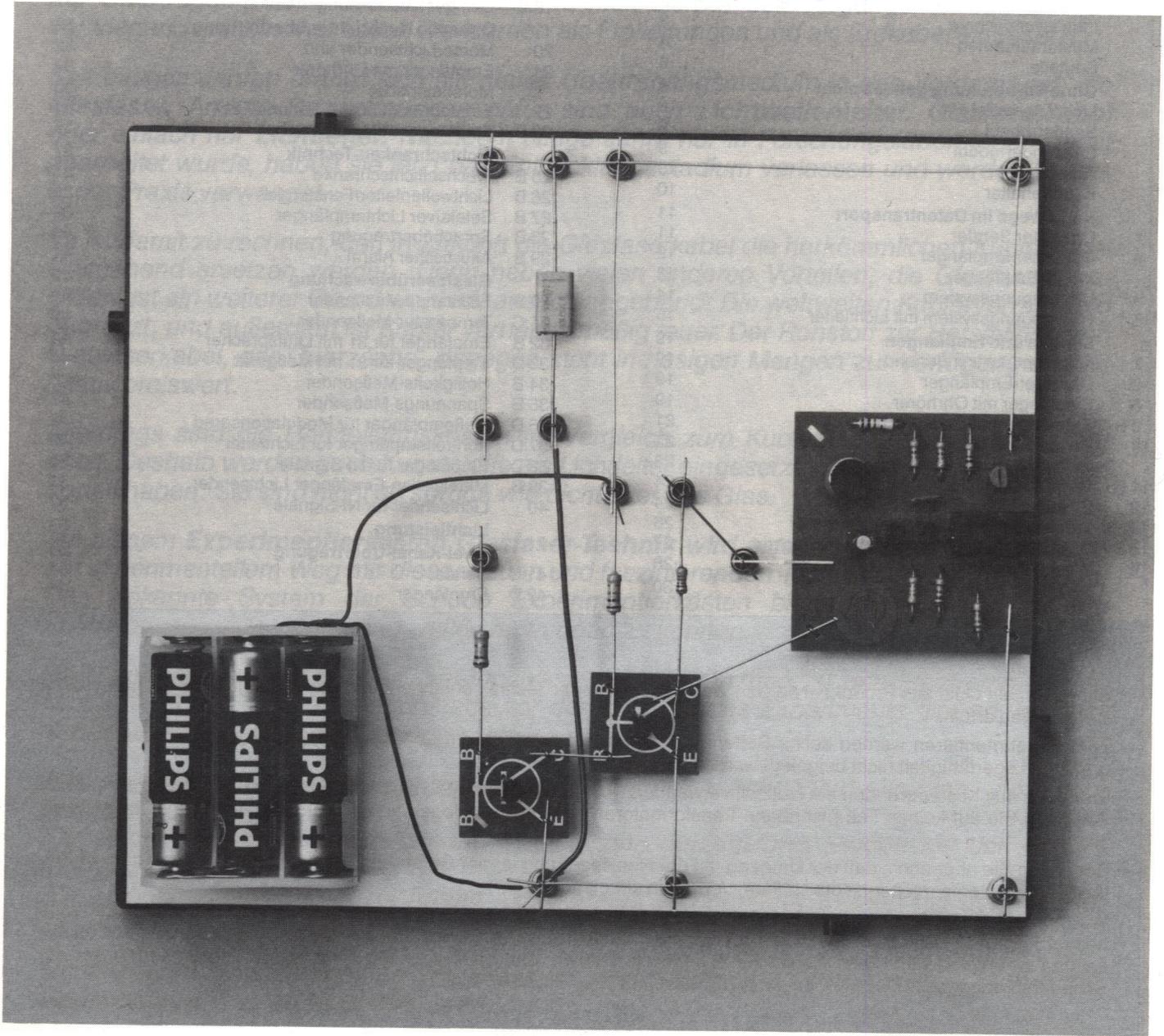
Zum Experimentieren werden sechs Batterien (Mignon R6) benötigt, die dem Experimentier-Kasten wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit nicht beigelegt werden können.

Wenn Sie aus Kostengründen ein Netzteil verwenden wollen, beschaffen Sie sich bitte den Schuco-Netzadapter 6-6155. Benutzen Sie auf keinen Fall Eisenbahn-Transformatoren oder Akku-Ladegeräte; sie würden die IC's und Transistoren zerstören.

Bedenken Sie aber auch, daß der Umgang mit der Netzspannung immer Gefahren in sich birgt und daher bitten wir Sie, Ihre Kinder zu entsprechend vorsichtigem Verhalten anzuleiten.

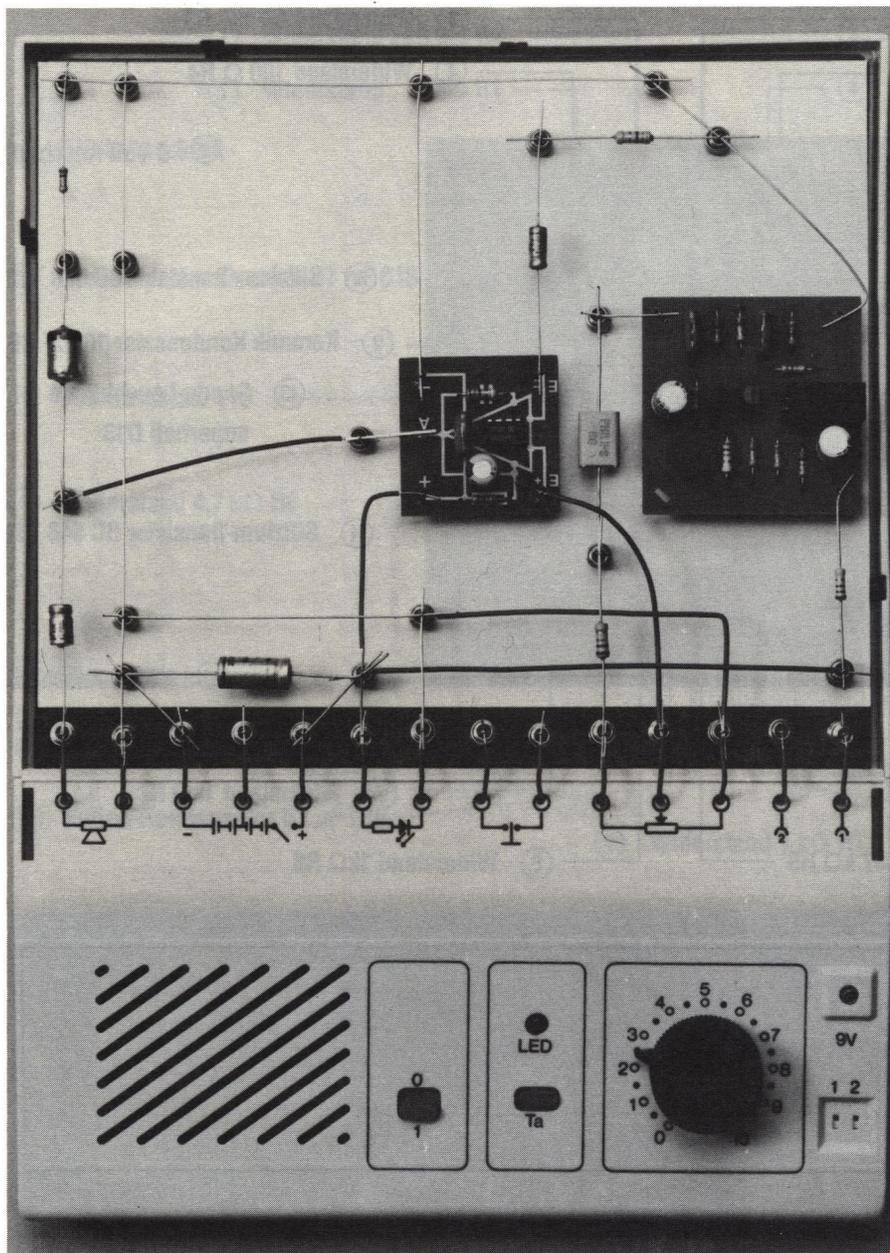
Wir möchten Sie außerdem darauf hinweisen, daß Sie verpflichtet sind, jeden Sicherheits-Transformator, jede Ladeinheit und jeden Netzadapter regelmäßig auf mögliche Gefahren, wie z. B. Schäden am Gehäuse, am Stecker und an der Leitung zu untersuchen. Falls Sie solche Schäden feststellen, darf das Spielzeug nicht weiterbenutzt werden, bis der Schaden ordnungsgemäß behoben ist. (VDE-Vorschrift 700, Teil 209, Seite 3)

Kombination mit Grundstufe A, B, C oder D



# Empfänger

Kombination mit Grundstufe B, C oder D



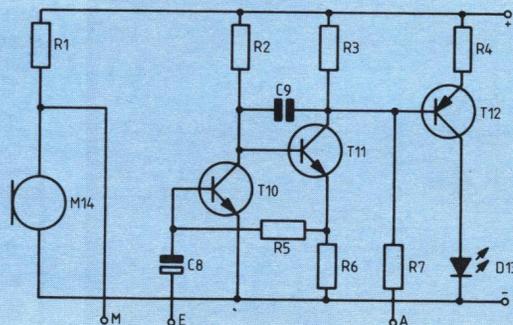
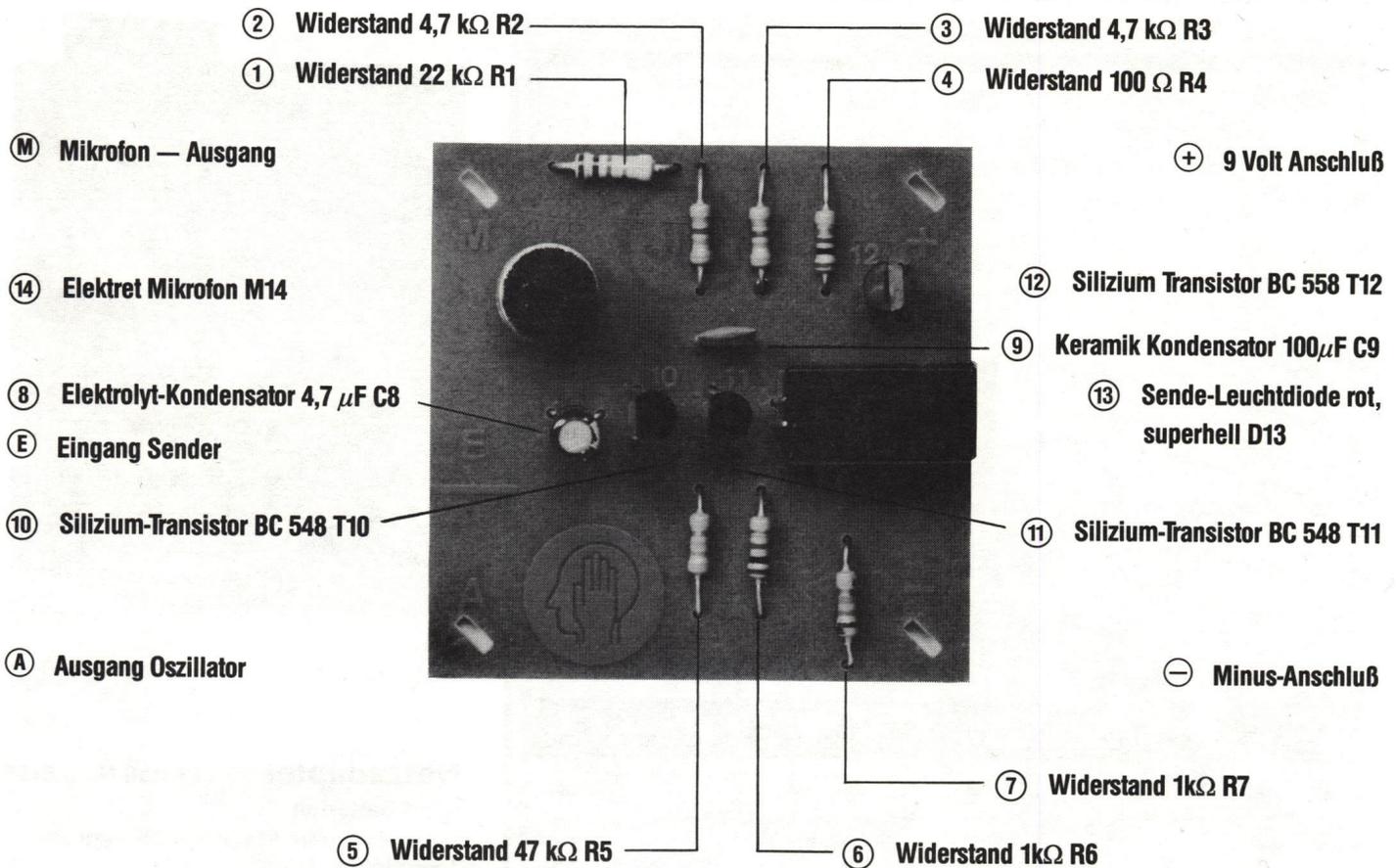
# Experimentierbox

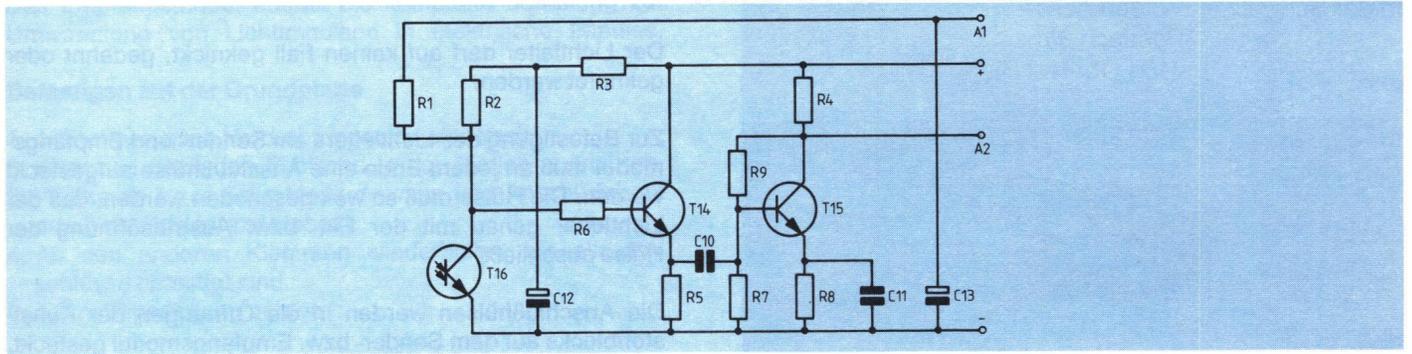
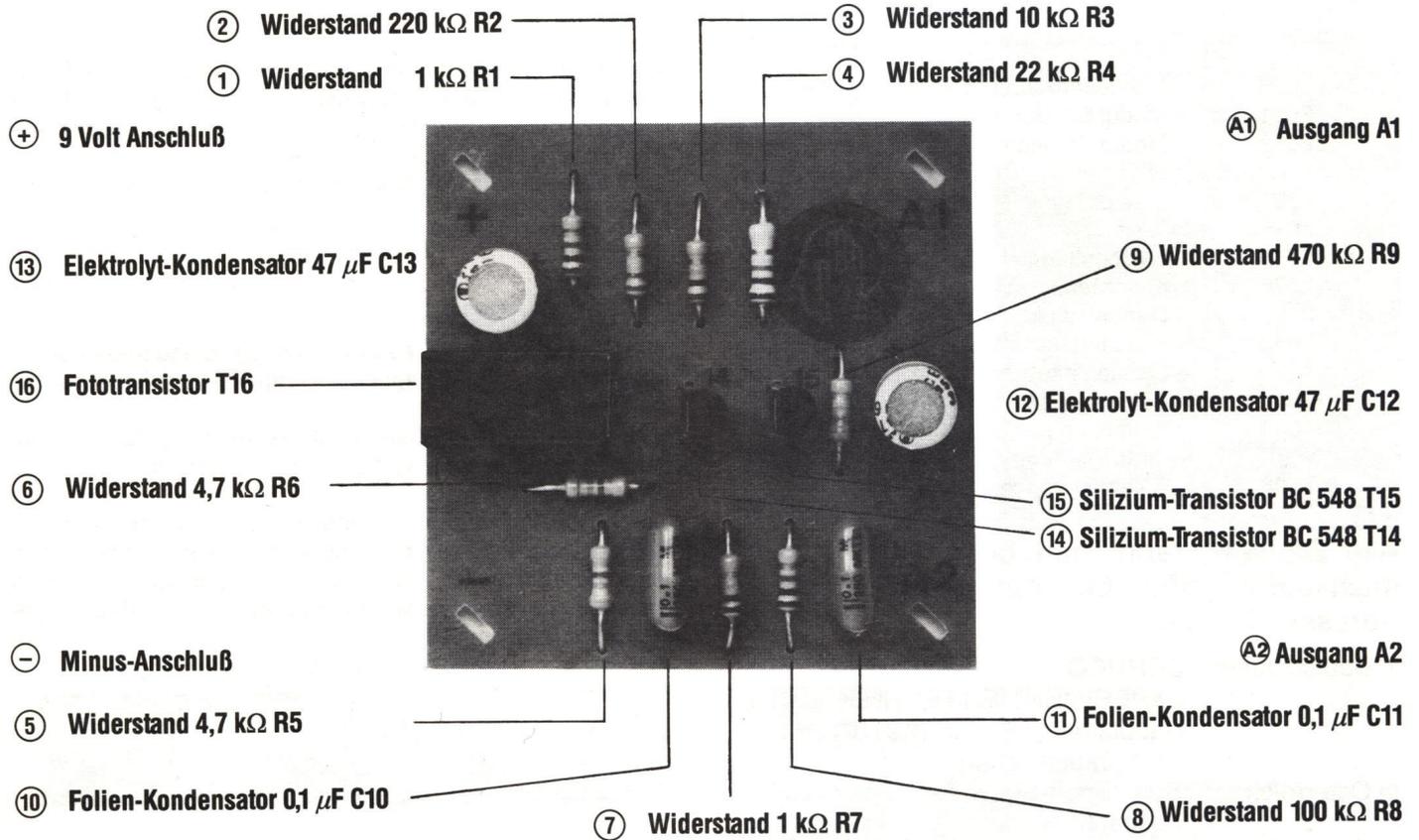
Als Zubehör lieferbar:



**Netzadapter** Bestell-Nr. 6-6155  
spart Batterien  
mit passendem Stecker, VDE geprüft.  
Technische Daten:  
Eingang: 220 V, 50 Hz  
Ausgang: 9 V, 350 mA elektronisch  
stabilisiert und kurzschlußfest.

Nur Netzteil verwenden, das Gleichspannung 9 Volt bei einer Leistung von 150 - 450 mA abgibt. Der Pluspol muß am vorderen Kontakt des Klinkensteckers liegen.





# Bauteile

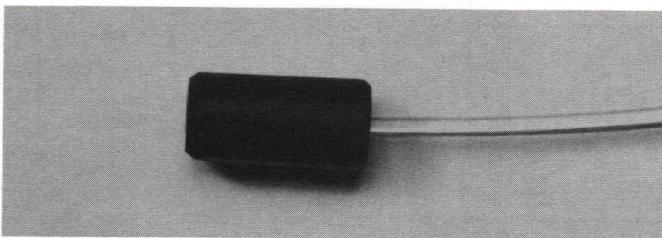
Bestell-Nr.	Bezeichnung	Menge
349.2650	Lichtleiter-Kabel	6 m
2651	Modul Sender, MS rot	1
2652	Modul Empfänger ME grün	1
2521	Grundplatte	1
5015	Taste	1
5145	Einschaltkontakt	1
2526	Klemmen	25
2590	Gabelkontakt	1
2653	Anschlußhülse für Lichtleiterkabel	2
2654	Batteriehalter	1
1004	Widerstand 1 Ohm (braun, schwarz, gold)	1
2706	Anleitungsbuch	1

Alle Bauteile kann man beim Fachhändler nachkaufen oder bei den nachfolgenden Adressen bestellen:

in Deutschland: SCHUCO  
EXPERIMENTIER-TECHNIK  
Hauptstraße 28 · Tel. (091 07) 244  
8501 Trautskirchen

in Österreich: Spiel-Sport-Stadlbauer Ges.m.b.H.  
Postfach 83  
5027 Salzburg

in der Schweiz: Witeco AG  
Postfach 373  
4104 Oberwil BL



## Befestigen der Bauteile

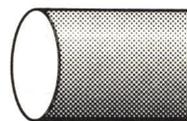
Vor dem Experimentieren mit diesem Zusatz-Lab Glasfasertechnik sind nur wenige zusätzliche Vorbereitungen notwendig. Wer bereits mit einem der Electronic Basis-Lab experimentiert hat, weiß, wie die Bauteile einzusetzen sind. Neu sind einige zusätzliche Bauteile, deren Einsatz im folgenden beschrieben ist.

### Lichtleiterkabel

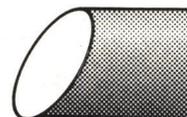
Um Beschädigungen des Lichtleiterkabels und Beeinträchtigungen der Lichtleitfähigkeit zu vermeiden, ist folgendes zu beachten:

Das Kabel wurde im Werk so abgeschnitten, daß eine optimale Aufnahme und Abgabe des Lichtes erfolgt.

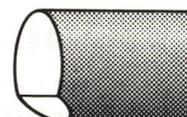
Der Lichtleiter darf nicht abgeschnitten werden. Ist das wegen Beschädigung der Enden doch einmal notwendig, muß der Lichtleiter plan liegen und mit einer scharfen Rasierklinge – kein Messer benutzen – senkrecht geschnitten werden.



richtig



falsch



falsch

Der Lichtleiter darf auf keinen Fall geknickt, gedehnt oder geknotet werden.

Zur Befestigung des Lichtleiters am Sender- und Empfangsmodul muß an jedem Ende eine Anschlußhülse aufgesteckt werden. Die Hülse muß so weit geschoben werden, daß der Lichtleiter genau mit der Ein- bzw. Austrittsöffnung der Hülse abschließt.

Die Anschlußhülsen werden in die Öffnungen der Kunststoffblocks auf dem Sender- bzw. Empfängermodul gesteckt.

# Ohne Vorbereitung geht es nicht

## Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte

### Sendermodul MS, rot

Das Sendermodul enthält – fertig verdrahtet – alle Bauteile, um elektrische Impulse bzw. Schall in Lichtimpulse umzuwandeln. Es können wahlweise das eingebaute Mikrofon oder ein vorhandener Oszillator eingesetzt werden.

Verbindung M – E = Mikrofonbetrieb

Verbindung E – A = Oszillatorbetrieb

### Befestigen auf der Grundplatte

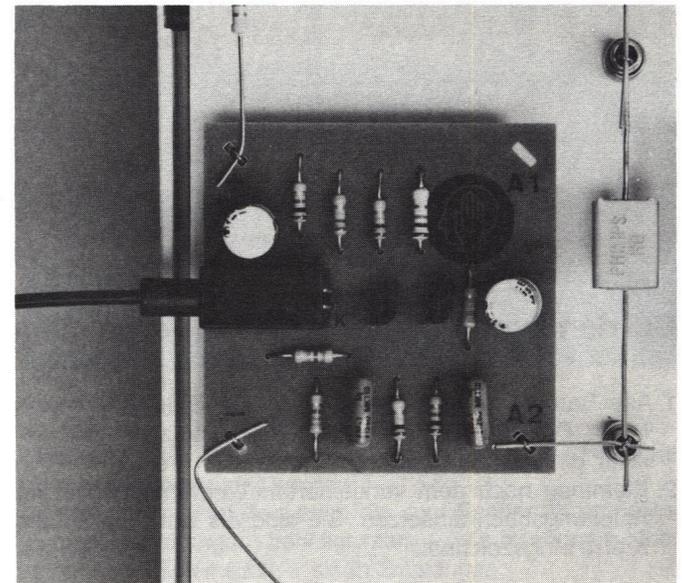
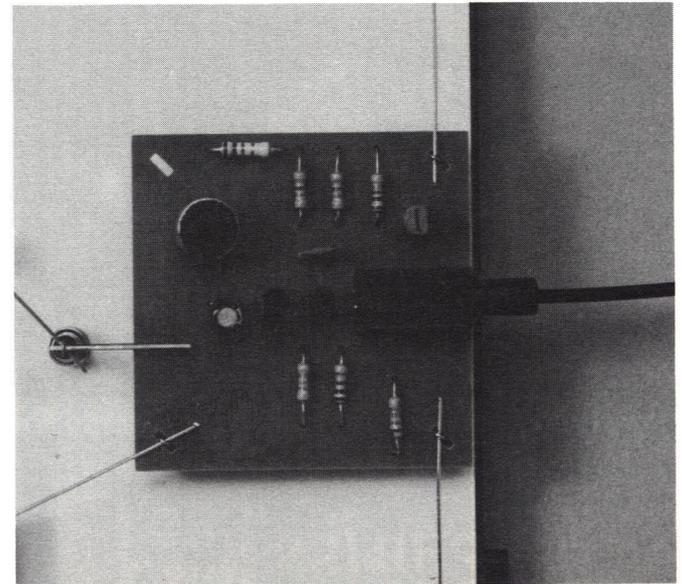
1. 5 Klemmen nach Verdrahtungsplan einsetzen
2. Gabelkontakt auf den Anschluß E schieben
3. Klemmen nach den Schlitzen in der Platine des Sendermoduls ausrichten.
4. Erst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben
5. Platine an einer Ecke niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe schieben.
6. An den anderen Klemmen wiederholen, bis alle Anschlüsse befestigt sind.
7. Auf richtige Polung achten:
8. Achtung: Die meisten Senderschaltungen haben keinen Ein-Ausschalter! In solchem Fall Batterie nach Überprüfung des Aufbaus anklemmen.

### Empfangsmodul ME, grün

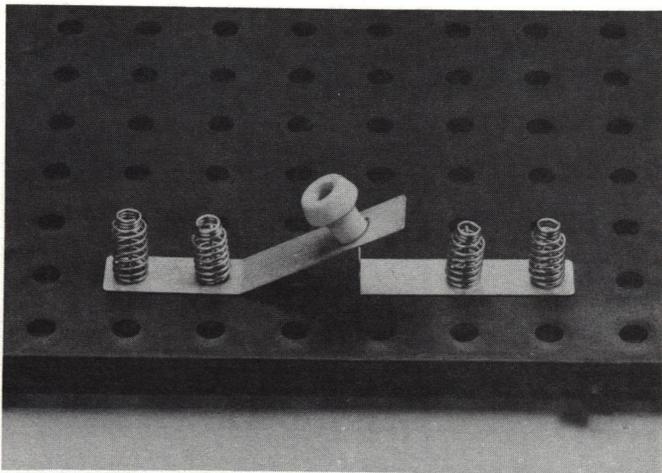
Das Empfangsmodul enthält die komplette Schaltung zur Umwandlung von Lichtimpulsen in elektrische Impulse.

### Befestigen auf der Grundplatte

1. 4 Klemmen nach Verdrahtungsplan einsetzen
2. Klemmen nach den Schlitzen in der Platine ausrichten.
3. Platine an einer Ecke niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe schieben.
4. An den anderen Klemmen wiederholen, bis alle Anschlüsse befestigt sind.
5. Auf richtige Polung achten



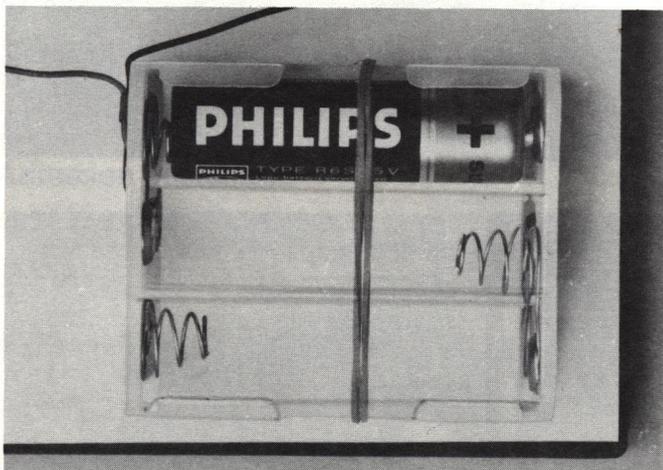
# Ohne Vorbereitung geht es nicht



## Tastschalter

Der Tastschalter besteht aus der Taste und dem Einschaltkontakt.

1. Taste mit zwei Klemmen auf der Grundplatte befestigen.
2. Einschaltkontakt ebenfalls so mit zwei Klemmen auf der Grundplatte befestigen, daß die Taste beim Niederdrücken den Einschaltkontakt berührt.
3. Die Anschlußdrähte werden an den Klemmen festgeklemmt, die zum Befestigen der Teile dienen.



## Batteriehalter

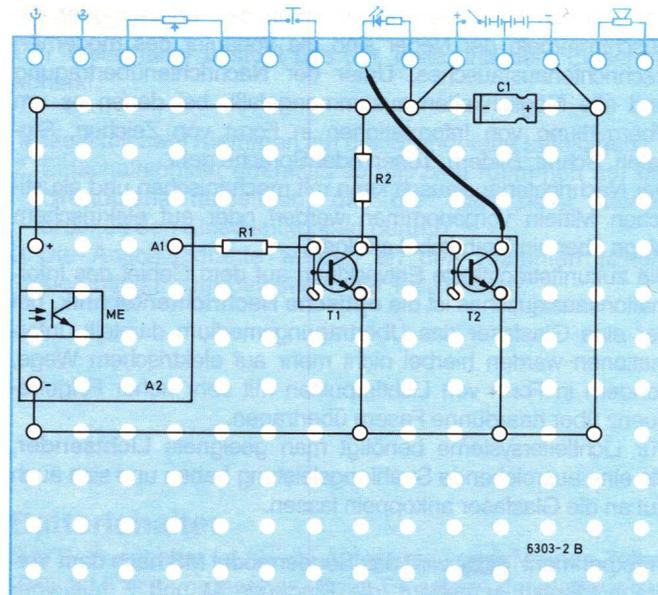
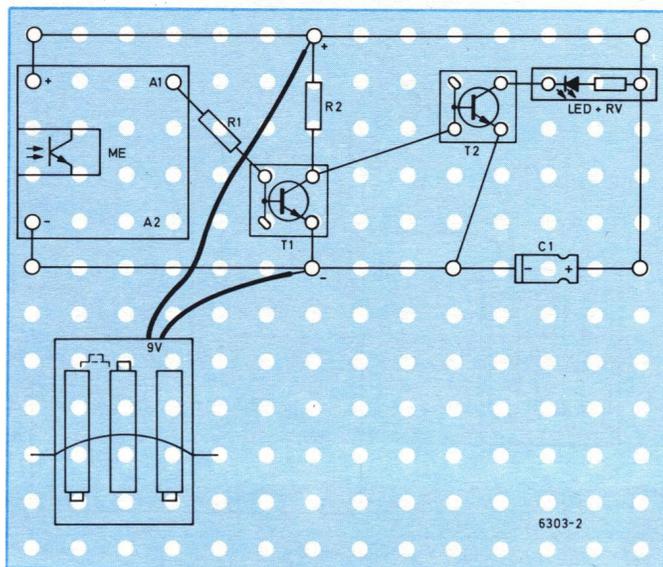
Der Batteriehalter ist für die Aufnahme von 6 Mignon-Zellen (R6) à 1,5 Volt vorgesehen. Beim Einsetzen der Batterie auf richtige Polung achten.

1. Gummiband durch zwei Löcher in der Grundplatte stecken und die Schlaufen auf der Rückseite der Grundplatte über einen Kunststoffzapfen ziehen.
2. Batteriehalter unter das Gummiband schieben.  
Anschlußdraht rot = +  
Anschlußdraht dunkel = -

## Bei den Experimenten sollte so vorgegangen werden:

1. Alle Bauteile und Klemmen nach der Stückliste bereitlegen. Die Bauteile sind auf der Stückliste zusammengestellt, die beim Verdrahtungsplan im Buch steht.
2. Klemmen nach dem verkleinerten Verdrahtungsplan im Anleitungsbuch einsetzen. Sie sind als stark umrandete Kreise eingezeichnet.
3. Bauteile nach dem Verdrahtungsplan einsetzen.
4. Fertigen Aufbau noch einmal sorgfältig mit dem Verdrahtungsplan vergleichen.
5. Entweder mit dem Schalter die Stromversorgung einschalten oder – falls kein Schalter vorgesehen – die Batterie anklemmen. Auf richtige Polung der Batterieanschlüsse achten.





## 2

R1 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)

R2 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)

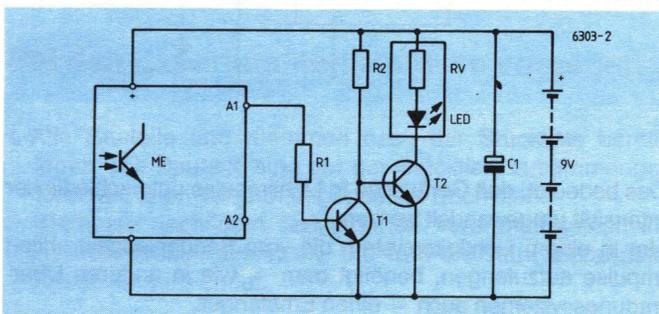
C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F

ME = Modul Empfänger

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult



Der optische Empfänger mit dem Empfangsmodul wird nach dem Verdrahtungsplan in Experiment **2** aufgebaut. Das Experiment sollte im abgedunkelten Raum durchgeführt werden.

Nach dem Einschalten soll der Fototransistor mit einer Taschenlampe direkt angestrahlt werden. Er befindet sich auf dem Empfängermodul (ME) in dem Kunststoffblock. Das Licht der Taschenlampe muß direkt in die Öffnung des Blocks fallen.

Der optische Empfänger reagiert auf den Lichteinfall. Die rote Leuchtdiode leuchtet so lange, wie der Lichtstrahl auf den Empfänger fällt. Wird der Lichtstrahl unterbrochen, erlischt auch die LED. Sie zeigt also an, ob am Punkt A1 ein Signal liegt.

⊕ 9 Volt Anschluß

① Widerstand 1 kΩ

② Widerstand 220 kΩ

⑬ Elektrolyt-Kondensator 47 μF

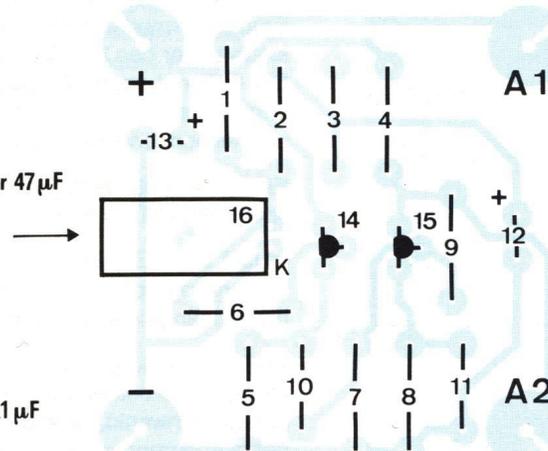
⑯ Fototransistor

⑥ Widerstand 4,7 kΩ

⑤ Widerstand 4,7 kΩ

⑩ Folien-Kondensator 0,1 μF

⊖ Minus-Anschluß



Ⓐ1 Ausgang A1

③ Widerstand 10 kΩ

④ Widerstand 22 kΩ

⑨ Widerstand 470 kΩ

⑫ Elektrolyt-Kondensator 47 μF

← ⑭ Silizium-Transistor BC 548

⑮ Silizium-Transistor BC 548

⑦ Widerstand 1 kΩ

⑧ Widerstand 100 kΩ

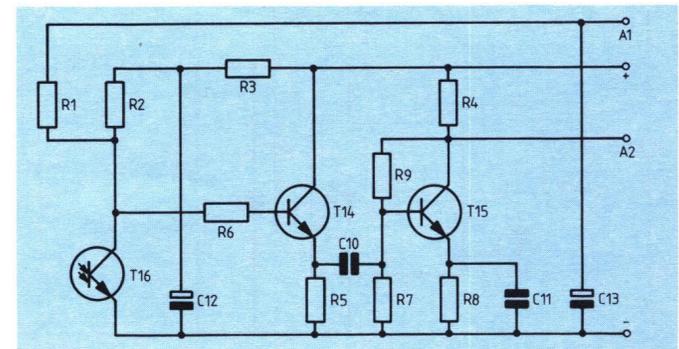
⑪ Folien-Kondensator 0,1 μF

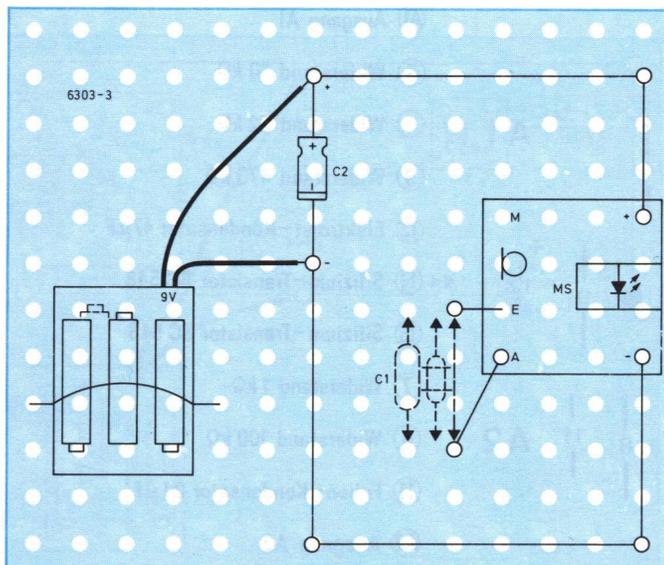
Ⓐ2 Ausgang A2

Das Empfängermodul nimmt Lichtwellen auf und verarbeitet die darin enthaltenen Informationen in entsprechende elektrische Signale. Moduliertes Licht, das auf den Fototransistor T<sub>16</sub> trifft, steuert seinen Kollektorstrom. Er ruft an R<sub>2</sub> einen Spannungsabfall hervor. Die Spannung am Kollektor des Fototransistors wird über R<sub>1</sub> an den Anschluß A1 des Moduls geführt. Hier befindet sich hohe Spannung, wenn auf den Fototransistor kein Licht fällt, und eine niedrige, wenn T<sub>16</sub> beleuchtet wird.

Mit R<sub>3</sub> und C<sub>12</sub> wird die Betriebsspannung für den Fototransistor zusätzlich gesiebt, damit ein stabiles Arbeiten gewährleistet ist. Die Spannung am Kollektor des Fototransistors steuert über R<sub>6</sub> einen zweistufigen Verstärker mit T<sub>14</sub> und T<sub>15</sub> an. Der Transistor T<sub>14</sub> ist ein Impedanzwandler mit hochohmigem Eingangswiderstand, der den Fototransistor nur gering belastet. Der Ausgangswiderstand von T<sub>14</sub> ist niedrig. An R<sub>5</sub> fällt das Signal ab, das über C<sub>10</sub> den Transistor T<sub>15</sub> steuert. T<sub>15</sub> ist mit R<sub>8</sub>/C<sub>11</sub> stabilisiert. Eine Gegenkopplung über R<sub>9</sub> zum Kollektor von T<sub>15</sub> verhindert weitgehend eine Übersteuerung. Das verstärkte Signal ist an den Anschluß A2 geführt und kann dort abgenommen werden.

## Modul-Empfänger





In der Empfängerschaltung führt der Anschluß A1 keine Spannung, also ein 0-Signal, wenn der Fototransistor auf dem Empfängermodul angestrahlt wird. Diese Signalspannung 0 steuert über den Vorwiderstand  $R_1$  die Basis des Transistors  $T_1$ . Ein 0-Signal sperrt  $T_1$ . Dadurch erhält die Basis von  $T_2$  über den Widerstand  $R_2$  eine positive Basisspannung. Transistor  $T_2$  wird leitend, und die LED leuchtet.

Erhält der Fototransistor kein Licht, schaltet  $T_1$  durch und  $T_2$  sperrt, die LED erlischt.

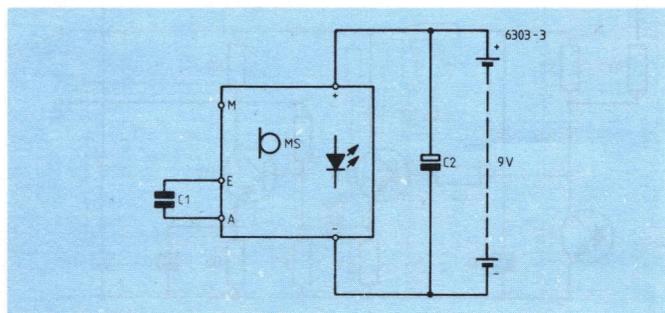
In fast allen Empfängerschaltungen ist wie hier zwischen der Versorgungsspannung und dem Anschluß + des Empfängermoduls ein Widerstand (hier  $R_5$ ) eingefügt.

Weil die Versorgungsspannung in Verstärkerschaltungen mit Lautsprecherbetrieb durch die sich ständig ändernde Stromaufnahme schwankt, würde die dadurch hervorgerufene Spannungsänderung auch an den Ausgängen des Moduls wirksam werden. Die Signale wären verfälscht.

$R_5$  glättet in Verbindung mit dem Elektrolyt-Kondensator ( $C_{13}$ ) auf dem Empfängermodul die Betriebsspannung.

### 3

C1 =	Kondensator	siehe Text
C2 =	Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F
MS =	Modul Sender	



In Experiment **3** soll ein Übertragungssystem aufgebaut werden, in dem die Einwirkung des Lichtsenders auf den optischen Empfänger deutlich wird. Das Sendermodul wird so vor dem Empfängermodul 4 aufgebaut und ausgerichtet, daß sich Sender und Empfänger in einem Abstand von etwa 2 cm **genau** gegenüberstehen.

Als C1 wird eingesetzt:

Ein keramischer Kondensator von 10.000 pF (braun, schwarz, orange) oder ein Folienkondensator von 0,1  $\mu$ F.

Bei diesem Experiment dürfen keine Lampen im Raum leuchten.

Nach dem Einschalten soll die LED auf der Empfängerseite leuchten. Eventuell muß die Ausrichtung von Sender und Empfänger etwas korrigiert werden.

Das vom Sendermodul abgestrahlte Licht wird vom Empfängermodul aufgenommen und aufbereitet, so daß die Anzeige-LED leuchtet.

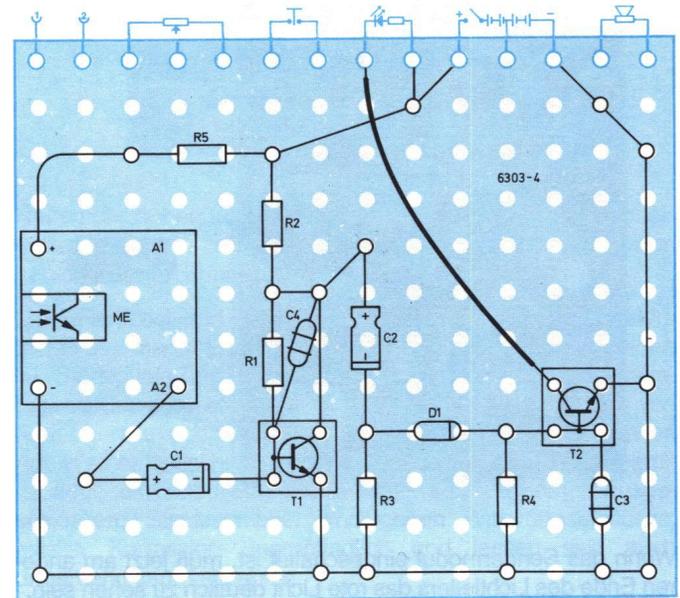
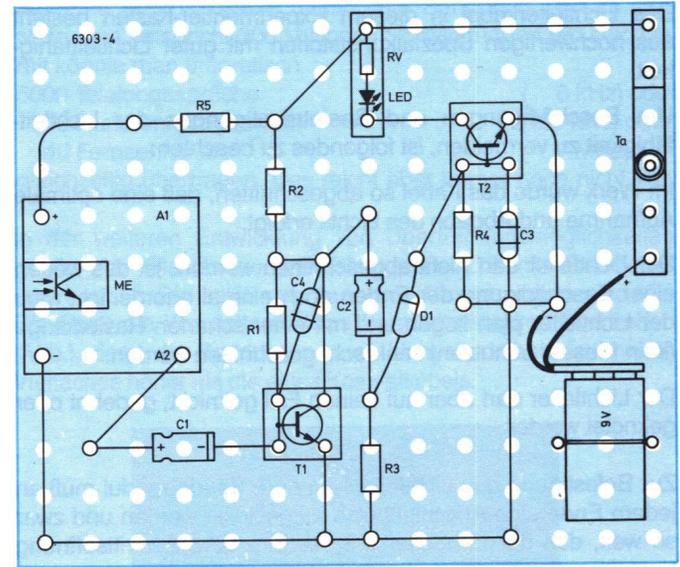
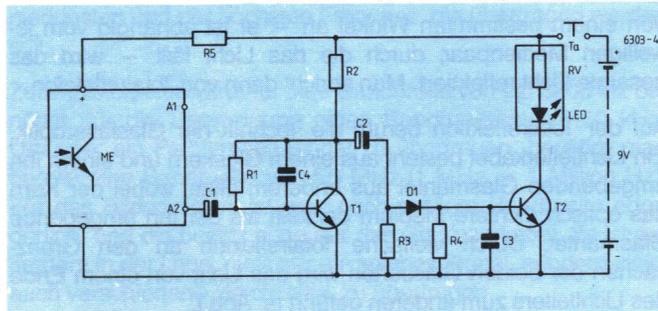
# Neue Wege im Datentransport

Leuchtet die LED, wird im Experiment **4** der Abstand der Abstand zwischen Sender und Empfänger langsam so weit vergrößert, bis die Anzeige-LED des Empfängers erlischt. Dann reicht die Strahlungsintensität des Senders nicht mehr aus, um den Empfänger noch auszusteuern.

Um größere Entfernungen zu überbrücken, muß eine feste Verbindung durch ein Lichtleiterkabel hergestellt werden – Experiment **5**.

## 4

- |  |             |                          |
|--|-------------|--------------------------|
| R1 = Widerstand  | 100 kOhm    | (braun, schwarz, gelb)   |
| R2 = Widerstand  | 4,7 kOhm    | (gelb, violett, rot)     |
| R3 = Widerstand  | 10 kOhm     | (braun, schwarz, orange) |
| R4 = Widerstand  | 220 kOhm    | (rot, rot, gelb)         |
| R5 = Widerstand  | 1 kOhm      | (braun, schwarz, rot)    |
| C1 = Elektrolyt-Kondensator                                | 10 $\mu$ F  |                          |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator                                | 100 $\mu$ F |                          |
| C3 = Keramischer-Kondensator                               | 10.000 pF   | (braun, schwarz, orange) |
| C4 = Keramischer-Kondensator                               | 100 pF      | (braun, schwarz, braun)  |
| ME = Modul Empfänger                                       |             |                          |
| D1 = Diode   |             |                          |
| T1 = Transistor, weiß                                      |             |                          |
| T2 = Transistor, weiß                                      |             |                          |
| LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult |             |                          |
| Ta = Taster  |             |                          |



Das Lichtleiterkabel in diesem Experimentier-Kasten besteht aus hochwertigen Spezialkunststoffen mit guter Lichtleitfähigkeit.

Um Beschädigungen und Beeinträchtigungen der Lichtleitfähigkeit zu vermeiden, ist folgendes zu beachten:

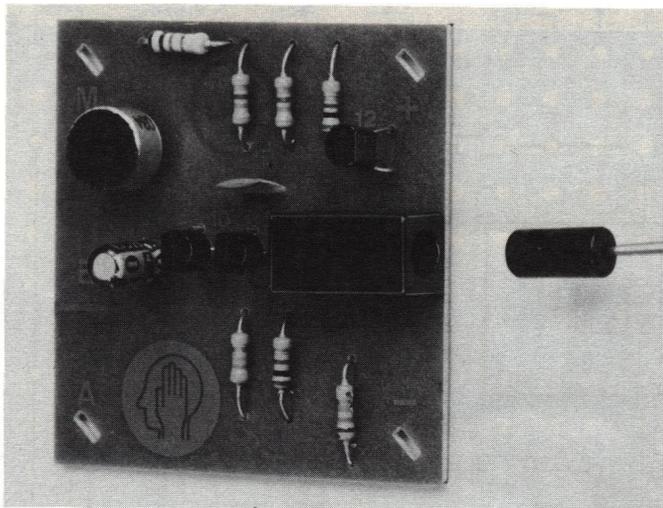
Im Werk wurde das Kabel so abgeschnitten, daß eine optimale Aufnahme und Abgabe des Lichts erfolgt.

Der Lichtleiter darf nicht abgeschnitten werden. Ist das wegen einer Beschädigung der Enden doch einmal erforderlich, muß der Lichtleiter plan liegen und mit einer scharfen Rasierklinge (kein Messer benutzen) senkrecht geschnitten werden.

Der Lichtleiter darf aber auf keinen Fall geknickt, gedehnt oder geknotet werden.

Zur Befestigung des Lichtleiters an dem Sendermodul muß an jedem Ende eine Anschlußhülse aufgesteckt werden und zwar so weit, daß der Lichtleiter mit der Ein- bzw. Austrittsöffnung der Hülse abschließt (s. Abb. Seite 8).

Eine Anschlußhülse mit dem Lichtleiter wird in die Öffnung des Kunststoffblocks auf dem Sendermodul (MS) gesteckt.



Wenn das Sendermodul eingeschaltet ist, muß jetzt am anderen Ende des Lichtleiters das rote Licht deutlich zu sehen sein.

In Experiment **6** steckt man die Anschlußhülse des Lichtleiters in den Kunststoffblock des Fototransistors auf dem Empfängermodul ME.

Nach dem Einschalten leuchtet die Anzeige-LED.

Auch wenn die Stellung zwischen Sender und Empfänger verändert wird, leuchtet die Anzeige-LED weiter. Das flexible Lichtleiterkabel überträgt die ausgesendeten Lichtsignale um „alle Kurven“.

Die Leitfähigkeit eines Glasfaserkabels ist so gut, daß Ärzte mit ihnen Untersuchungen und Beobachtungen z. B. im Magen vornehmen können. Die dazu verwendeten Geräte heißen **Endoskope**.

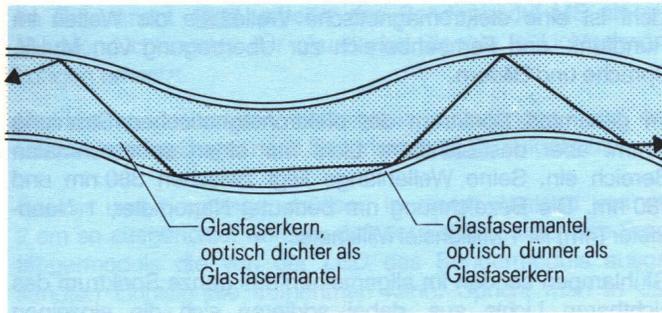
Von einer Lichtquelle breitet sich das Licht nach allen Seiten aus. Will man aber mit dem Licht Nachrichten übertragen, muß man es bündeln, so daß es sich nur in Richtung zum Empfänger ausbreitet. Auch gebündeltes Licht eignet sich nur begrenzt zur Nachrichtenübertragung, weil die Intensität des Lichts mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Bei der Verwendung von Glasfasern zur Nachrichtenübermittlung erreicht man sowohl größtmögliche Bündelung als auch eine geringe Abnahme der Lichtstärke.

Die Weiterleitung von Licht in einem Lichtleiter- bzw. Glasfaserkabel beruht auf den Grundlagen der Brechung und Reflexion des Lichtes:

Wenn Lichtstrahlen schräg auf die Grenzfläche zwischen zwei Medien treffen – z. B. Glas/Luft – wird ein Teil der Strahlen reflektiert, der andere Teil erfährt eine Richtungsänderung, er wird „gebrochen“. Brechung und Reflexion sind abhängig vom Winkel, unter dem das Licht auf die Grenzfläche trifft.

Von einem bestimmten Winkel an – er ist abhängig vom jeweiligen Medienpaar, durch die das Licht fällt – wird das gesamte Licht reflektiert. Man spricht dann von Totalreflexion.

Auf der Totalreflexion beruht die Technik der Glasfaseroptik. Ein Lichtleiterkabel besteht aus einem Glaskern und einem ihn umgebenden Glasmantel aus anderem Glas, wobei der Kern das optisch dichtere Medium darstellt als der ihn umgebende Glasmantel. Durch vielfache Totalreflexion an den Grenzflächen der beiden Glassorten wird das Licht von einem Ende des Lichtleiters zum anderen geführt (s. Abb.).



Gleiches gilt für den in diesem Experimentierkasten verwendeten Kunststoff-Lichtleiter. Der Kern besteht aus einem optisch dichteren, der Mantel aus einem optisch dünneren Kunststoff. Obwohl sich Angelschnur äußerlich kaum von dem Lichtleiter unterscheidet, eignet sie sich auf keinen Fall zur Lichtübertragung!

Die zunehmend anspruchsvolleren Formen der Telekommunikation, wie z. B. Bildtelefon, Bildschirmtext oder Kabelfernsehen, bei denen über 2000mal größere Informationsmengen übertragen werden müssen als bei Übertragungen im Fernsprechnetz, lassen sich nur durch den Einsatz neuer Technologien in Verbindung mit neuen Fernmeldekabeln verwirklichen.

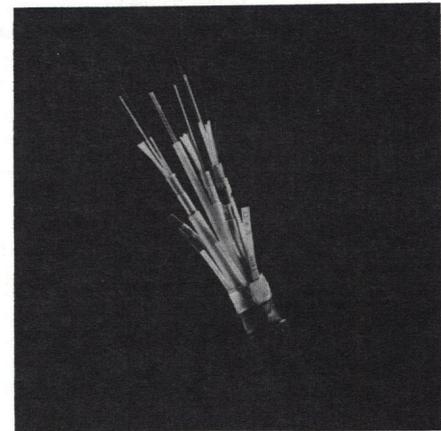
Mit den im Fernsprechnetz verwendeten einfachen Kupferkabeln ist das nicht möglich. Es kam zur Entwicklung sogenannter **Breitbandnetze**. Als Fernmeldekabel für die Breitbandübertragung sind Kupferkabel entwickelt worden. In einem modernen Kabel sind mehrere einzelne Koaxialkabel um eine Achse zu einem Kabelbaum zusammengefaßt.

Unter der Bandbreite versteht man die Differenz zwischen der niedrigsten und der höchsten Frequenz, die übertragen werden soll.

Zum Telefonieren wird nur eine Bandbreite von ca. 3000 Hz benötigt, für die Übertragung eines Rundfunksignals 150 kHz. Um aber ein Farbfernseh-Signal zu übertragen, benötigt man bereits eine Bandbreite von 5,5 MHz (1 MHz = 1 Million Hz). Für das Bildsprechen ist eine noch größere Bandbreite erforderlich, und die besitzt eben nur das Glasfaserkabel. Es ist außerdem in der Lage, nicht nur ein solches Signal, sondern viele, auch verschiedene gleichzeitig, zu übertragen.

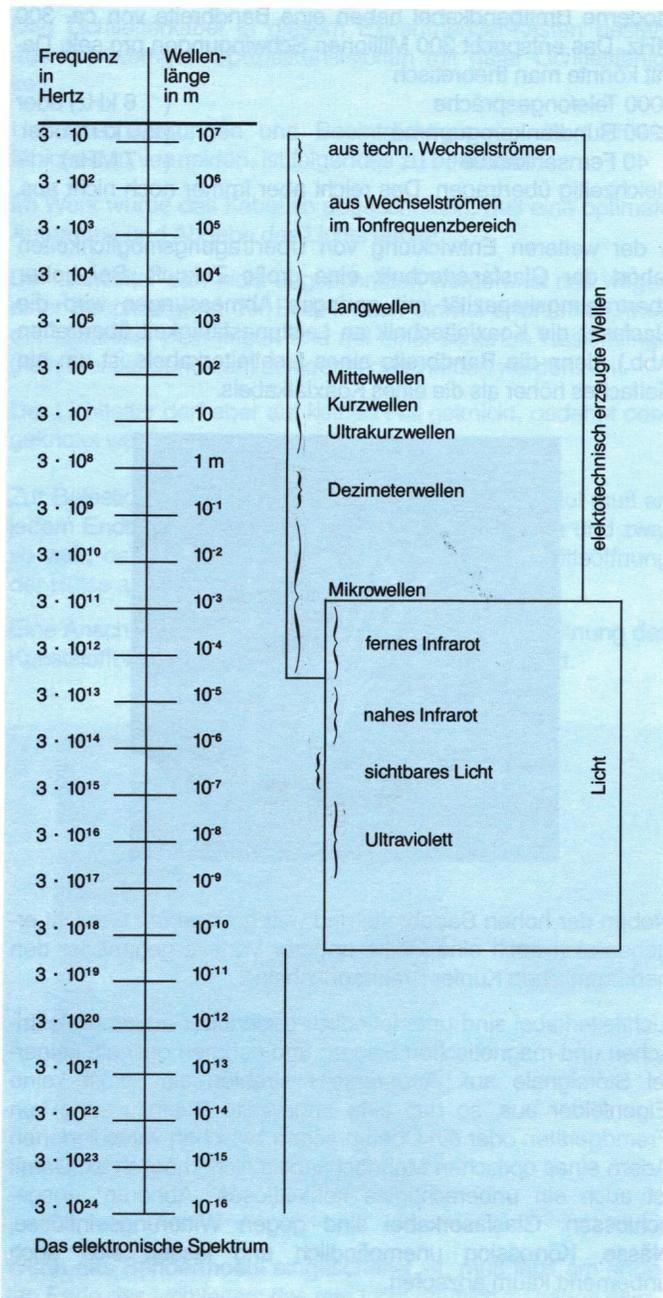
Moderne Breitbandkabel haben eine Bandbreite von ca. 300 MHz. Das entspricht 300 Millionen Schwingungen pro sek. Damit könnte man theoretisch  
5000 Telefongespräche ( 6 kHz) oder  
200 Rundfunkprogramme (150 kHz) oder  
40 Fernsehkanäle ( 7 MHz)  
gleichzeitig übertragen. Das reicht aber immer noch nicht aus.

In der weiteren Entwicklung von Übertragungsmöglichkeiten gehört der Glasfasertechnik eine große Zukunft. Bei hoher Übertragungskapazität mit geringen Abmessungen wird die Glasfaser die Koaxialtechnik an Leistungsfähigkeit übertreffen (Abb.), denn die Bandbreite eines Lichtleiterkabels ist um ein Vielfaches höher als die eines Koaxialkabels.



Neben der hohen Bandbreite und weit geringerem Gewicht ergeben sich noch eine Reihe anderer Vorteile gegenüber den herkömmlichen Kupfer-Breitbandkabeln.

Lichtleiterkabel sind unempfindlich gegenüber äußeren elektrischen und magnetischen Feldern und nehmen deshalb keinerlei Störsignale auf. Andererseits strahlen sie selbst keine Eigenfelder aus, so daß eine ungewollte Beeinflussung von Fremdgeräten oder ein Übersprechen zwischen verschiedenen Adern eines optischen Mehrfachkabels nicht möglich ist. Damit ist auch ein unberechtigtes kontaktloses „Abhören“ ausgeschlossen. Glasfaserkabel sind gegen Witterungseinflüsse, Nässe, Korrosion unempfindlich und lassen sich auch unbemerkt kaum anzapfen.



Licht ist eine elektromagnetische Welle wie die Wellen im Rundfunk- und Fernsehbereich zur Übertragung von Musik, Sprache und Bildern.

Im gesamten Spektrum der elektromagnetischen Strahlung nimmt aber das sichtbare Licht nur einen sehr schmalen Bereich ein. Seine Wellenlänge liegt zwischen 380 nm und 780 nm. Die Bezeichnung nm bedeutet Nanometer, 1 Nanometer (nm) ist 1 Millionstel Millimeter.

Glühlampen senden im allgemeinen das ganze Spektrum des sichtbaren Lichts aus, dabei addieren sich die einzelnen Farben zu weißem Licht. Durch Lichtbrechung werden z. B. bei einem Regenbogen einzelne Spektralfarben sichtbar. Unterschreitet die Wellenlänge der Lichtstrahlung 380 nm, spricht man von ultraviolettem Licht (UV-Licht), das das menschliche Auge nicht mehr wahrnimmt.

Ultraviolettes Licht wird von sehr heißen Lichtquellen ausgestrahlt, z. B. von der Sonne oder speziellen UV-Lampen.

Übersteigt die Wellenlänge der Lichtstrahlung 780 nm, spricht man von infrarotem Licht (IR-Licht). Es breitet sich auch nach den Gesetzen des sichtbaren Lichtes gradlinig und gleichförmig nach allen Seiten aus und ist als Wärmestrahlung wahrnehmbar.

Lichtleiter übertragen nicht alle Frequenzbereiche des Lichts gleich gut. Für die Übertragungstechnik benutzt man deshalb Wellenlängen, die im Lichtleiter gering gedämpft werden. Begonnen hat man mit Wellenlängen von 800 – 900 nm.

Inzwischen arbeitet man schon mit Wellenlängen um 1000 – 1300 nm und experimentiert mit Wellenlängen von 1500 – 1600 nm. Diese Wellenlängenbereiche, die im Lichtleiter nur gering gedämpft werden, bezeichnet man auch als „optische Fenster“ des Lichtleiters. In diesem Experimentierkasten wird jedoch, um die Versuche auch mit dem Auge überprüfen zu können, mit einer LED gearbeitet, die sichtbares Licht ausstrahlt. Im Gegensatz dazu verwendet man in der kommerziellen Technik Infrarot LED's.

# Senden und Empfangen

Im Experiment **7** arbeitet das Sendermodul MS als ein Mikrofon-Lichtsender, der akustische Signale in Lichtschwankungen umsetzt.

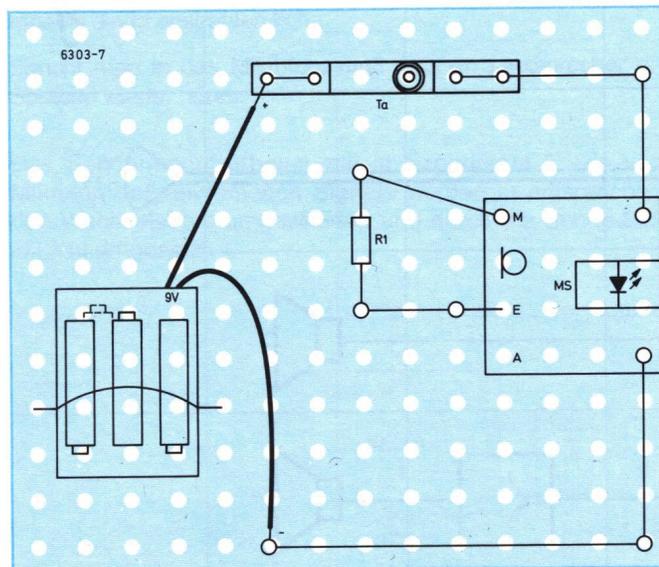
Um die ausgesendeten Lichtsignale aufzufangen, wird der Lichtwellenempfänger nach Experiment **8** aufgebaut.

Sender und Empfänger müssen in einem Abstand von ca. 2 cm so ausgerichtet werden, daß der Fototransistor des Empfängermoduls die von der LED des Sendermoduls ausgesandten Lichtsignale aufnehmen kann. Spricht man in das Mikrofon, muß man im Ohrhörer die Sprache wieder hören können.

Jeder Lichtsender ist ein elektro-optischer Wandler, jeder Empfänger ist ein opto-elektrischer Wandler.

## 7

R1 = Widerstand           siehe Text  
MS = Modul Sender  
Ta = Taster

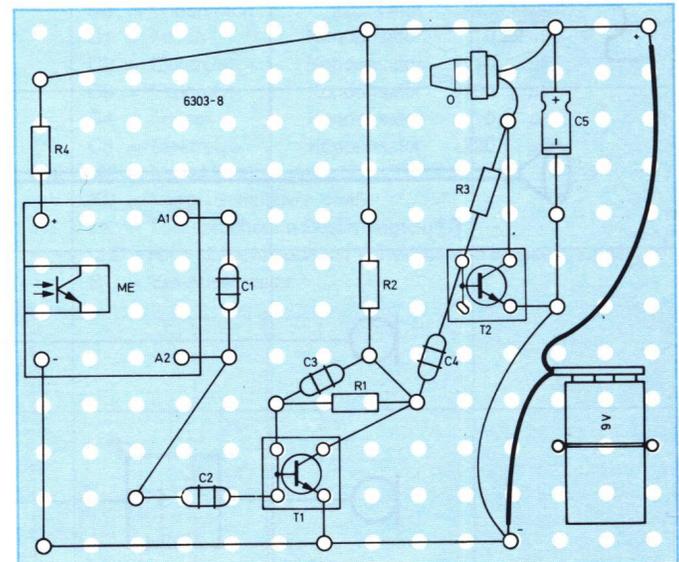


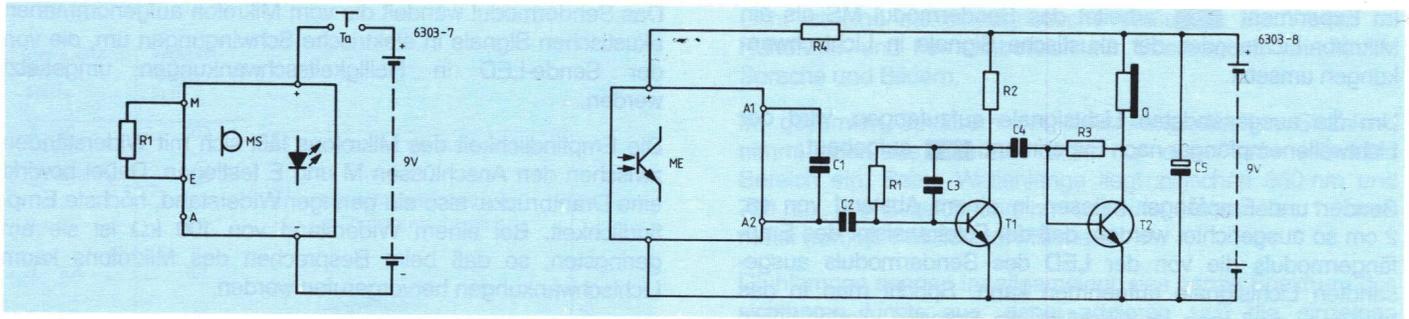
Das Sendermodul wandelt die vom Mikrofon aufgenommenen akustischen Signale in elektrische Schwingungen um, die von der Sende-LED in Helligkeitsschwankungen umgesetzt werden.

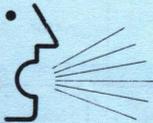
Die Empfindlichkeit des Mikrofons läßt sich mit Widerständen zwischen den Anschlüssen M und E festlegen. Dabei bewirkt eine Drahtbrücke, also ein geringer Widerstand, höchste Empfindlichkeit. Bei einem Widerstand von 100 k $\Omega$  ist sie am geringsten, so daß beim Besprechen des Mikrofons kaum Lichtschwankungen hervorgerufen werden.

## 8

R1 = Widerstand           100 k $\Omega$            (braun, schwarz, gelb)  
R2 = Widerstand           4,7 k $\Omega$            (gelb, violett, rot)  
R3 = Widerstand           220 k $\Omega$            (rot, rot, gelb)  
R4 = Widerstand           1 k $\Omega$            (braun, schwarz, rot)  
C1 = Keramischer-Kondensator   47 pF           (gelb, violett, schwarz)  
C2 = Keramischer-Kondensator   10.000 pF       (braun, schwarz, orange)  
C3 = Keramischer-Kondensator   100 pF           (braun, schwarz, braun)  
C4 = Keramischer-Kondensator   10.000 pF       (braun, schwarz, orange)  
C5 = Elektrolyt-Kondensator   100  $\mu$ F  
ME = Modul Empfänger  
T1 = Transistor, weiß  
T2 = Transistor, weiß  
O = Ohrhörer





Schall Sender	Schallwandler Mikrofon	Lichtwandler Modul Sender	Schlauch	Lichtwandler Modul Empfänger	Schallwandler Lautsprecher	Schall Empfänger
	Schall → Elektr. Schwingungen	Elektr. Schwingungen → Licht		Licht → Elektr. Schwingungen	Elektr. Schwingungen → Schall	
						
			Schlauch			
			Draht			
			Lichtleiter			

# Senden und Empfangen

In der Empfänger-Schaltung 8 verstärken zwei Transistoren das Signal vom Empfänger. So wird es möglich, einen Ohrhörer zur Wiedergabe einzusetzen.

Gelangt das modulierte Licht des Senders auf den Fototransistor, so wird Wechselspannung vom Anschluß A2 des Empfängermoduls über C<sub>2</sub> an die Basis von T<sub>1</sub> geleitet. Der Transistor verstärkt das Signal. Es wird von seinem Kollektor über C<sub>4</sub> auf die Basis von T<sub>2</sub> geführt und dann nochmals verstärkt vom Ohrhörer wiedergegeben.

Beide Transistoren erhalten den Basisstrom über die Widerstände R<sub>1</sub> bzw. R<sub>3</sub>. Da sie an den Kollektoren angeschlossen sind, ändert sich mit der Kollektorspannung auch der Basisstrom. Es resultiert eine Gegenkopplung, die den Verstärkungsfaktor des Transistors herabsetzt, aber auch Verzerrungen vermindert.

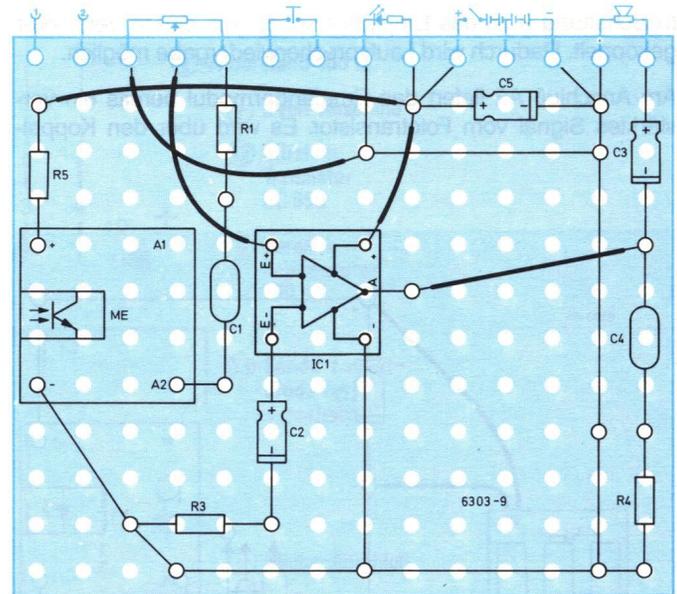
Die Kondensatoren C<sub>1</sub> und C<sub>3</sub> bewirken eine frequenzabhängige Gegenkopplung, die hohe Frequenzen unterdrückt.

Im Experiment **B9** werden die Lichtsignale des Senders (Verdrahtungsplan 7) vom Empfänger aufgenommen.

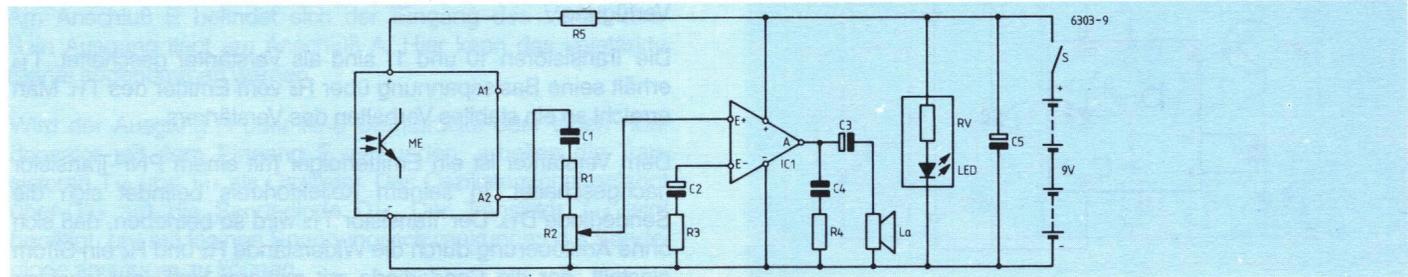
Sender und Empfänger müssen in einem Abstand von ca. 2 cm so ausgerichtet werden, daß zur Übertragung der Signale die LED des Sendermoduls den Fototransistor des Empfängermoduls direkt anstrahlen kann.

Spricht man in das Mikrofon, muß man im Lautsprecher die Sprache wieder hören.

Das Sendermodul arbeitet wie in Experiment 7. Die vom Mikrofon aufgenommenen Signale werden in entsprechenden Wechselstrom umgewandelt und durch die Sende-LED in Licht umgesetzt.

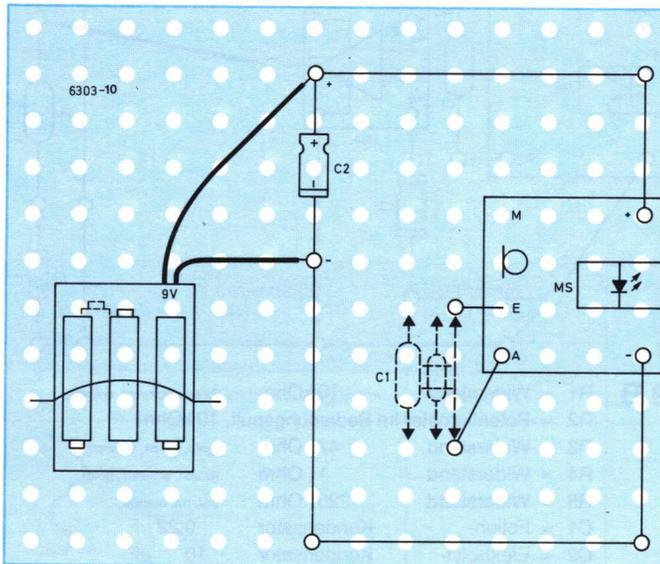


- 9 B**
- |  |         |                          |
|--|---------|--------------------------|
| R1 = Widerstand  | 10 kOhm | (braun, schwarz, orange) |
| R2 = Potentiometer im Bedienungspult,                      | 10 kOhm |                          |
| R3 = Widerstand  | 47 Ohm  | (gelb, violett, schwarz) |
| R4 = Widerstand  | 1 Ohm   | (braun, schwarz, gold)   |
| R5 = Widerstand  | 220 Ohm | (rot, rot, braun)        |
| C1 = Folien-Kondensator                                    | 0,22 µF |                          |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator                                | 10 µF   |                          |
| C3 = Elektrolyt-Kondensator                                | 100 µF  |                          |
| C4 = Folien-Kondensator                                    | 0,1 µF  |                          |
| C5 = Elektrolyt-Kondensator                                | 220 µF  |                          |
| ME = Modul Empfänger                                       |         |                          |
| IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß                            |         |                          |
| La = Lautsprecher im Bedienungspult B                      |         |                          |
| LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult |         |                          |
| S = Ein-Ausschalter  |         |                          |



In Schaltung 9 ist das Empfängermodul mit einem Verstärker gekoppelt. Dadurch wird Lautsprecherwiedergabe möglich.

Am Anschluß A2 liefert das Empfängermodul bereits ein verstärktes Signal vom Fototransistor. Es wird über den Koppel-



kondensator  $C_1$  und den Vorwiderstand  $R_1$  auf den Lautstärkeregler  $R_2$  gegeben.  $IC_1$  verstärkt das Signal so weit, daß der Lautsprecher voll angesteuert wird.  $C_2/R_3$  stellen den Verstärkungsfaktor des IC ein. Durch  $C_4$  und  $R_4$  wird eine eventuelle Schwingneigung des IC unterdrückt.  $R_5$  entkoppelt Empfängermodul und Verstärker  $IC_1$ .

Das Sendermodul kann nicht nur Sprache in Lichtsignale umwandeln, sondern auch als Oszillator arbeiten.

In Experiment **10** schaltet das Sendermodul das Licht der Sende-LED periodisch ein und aus.

Über die Anschlüsse E und A kann die Oszillatorfrequenz des Sendermoduls beeinflusst werden. Der Einsatz verschiedener Kondensatoren bzw. einer Drahtbrücke führt zu folgenden Ergebnissen:

Drahtbrücke                      LED blinkt langsam

$C_1 = 0,22 \mu F$                       LED blinkt schnell, aber noch sichtbar

$C_1 = 10000 \text{ pF}$                       LED blinkt so schnell, daß der Eindruck von Dauerlicht entsteht.

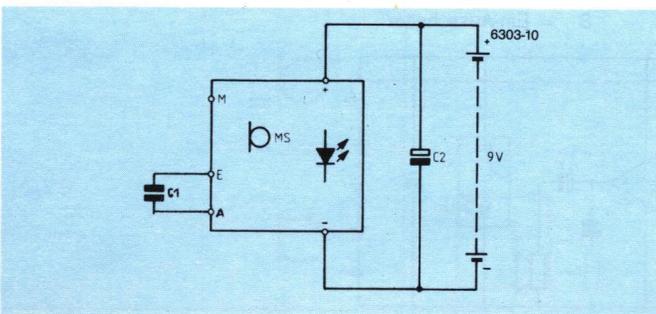
A und E ohne Verbindung                      LED zeigt Dauerlicht, der Oszillator schwingt nicht.

Die Schaltung des Sendermoduls ist so ausgelegt, daß damit verschiedene Funktionen verwirklicht werden können.

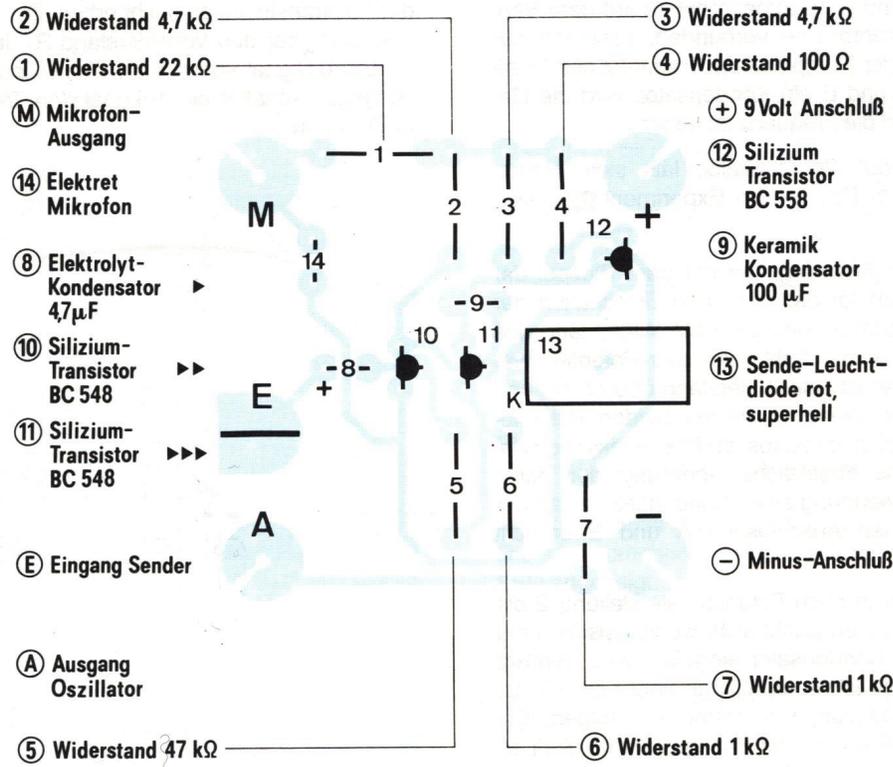
Um das Sendermodul zur Sprachübertragung einsetzen zu können, müssen die Anschlüsse M und E miteinander verbunden werden. Dann ist das Elektret-Mikrofon eingeschaltet. Es erhält über  $R_1$  seine Betriebsspannung. Im Mikrofon werden Schallwellen in entsprechende Stromschwankungen umgewandelt. Diese Sprechwechselströme stehen am Anschluß M zur Verfügung.

Die Transistoren 10 und 11 sind als Verstärker geschaltet.  $T_{10}$  erhält seine Basisspannung über  $R_5$  vom Emitter des  $T_{11}$ . Man erreicht so ein stabiles Verhalten des Verstärkers.

Dem Verstärker ist ein Emitterfolger mit einem PNP-Transistor nachgeschaltet. In seinem Kollektorkreis befindet sich die Sendediode  $D_{13}$ . Der Transistor  $T_{12}$  wird so betrieben, daß sich ohne Ansteuerung durch die Widerstände  $R_3$  und  $R_6$  ein Strom einstellt, der die Sendediode mit mittlerer Helligkeit leuchten



# Senden und Empfangen

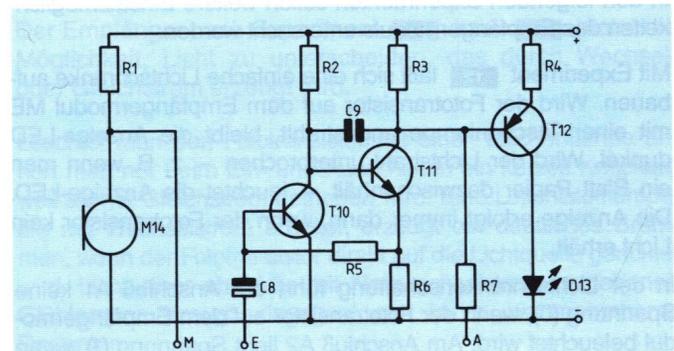


Modul-Sender

läßt. Bei Ansteuerung schwankt die Lichtstärke um diesen Mittelwert herum.

Am Anschluß E befindet sich der Eingang des Verstärkers. Sein Ausgang liegt am Anschluß A. Hier kann das verstärkte Signal abgenommen werden.

Wird der Ausgang A über eine Drahtbrücke oder einen Kondensator mit dem Eingang E verbunden, arbeiten die Transistoren T<sub>10</sub> und T<sub>11</sub> als Oszillator. Das Oszillatorsignal gelangt über T<sub>12</sub> auf die Sendediode D<sub>13</sub>. Der Transistor T<sub>12</sub> wird benötigt, um mit kleinen Spannungsschwankungen die Sendediode ansteuern zu können.



Sind die Anschlüsse A und E im Experiment 10 auf dem Sendermodul durch eine Drahtbrücke verbunden, bestimmt nur der Kondensator C<sub>2</sub> auf der Printplatte die Frequenz des Oszillators. Liegt zwischen A und E ein Kondensator, wird die Gesamtkapazität kleiner, und die Frequenz ist höher.

Arbeitet das Sendermodul als Oszillator, läßt sich dessen Frequenz auch mit einem Poti wie im Experiment **B11** verändern.

Ist der Schleifer an dem Anschlag, der mit dem Pluspol der Batterie verbunden ist, erfolgt das Aus- und Einschalten der LED im langsamen Rhythmus, weil der volle Widerstand des Potentiometers wirksam wird. Dreht man das Potentiometer zum anderen Anschlag, so ist sein Widerstand überbrückt und die LED blinkt schneller. Zwischen diesen beiden Potentiometerstellungen lassen sich stufenlos andere Blinkgeschwindigkeiten einstellen. Eine zusätzliche Änderung der Blinkfrequenz kann durch Verwendung eines Kondensators statt der Drahtbrücke zwischen den Anschlüssen A und E erreicht werden.

Die Blinkfrequenz beträgt je nach Potentiometerstellung 2 bis 20 Hz. Ein schnelleres Blinken ergibt sich, wenn zwischen die Anschlüsse A und E ein Kondensator eingefügt wird. Beträgt seine Kapazität 0,22 µF, so ist die Blinkfolge höher als 20 Hz, weil die Lade- und Entladevorgänge schneller erfolgen. Ein Kondensator von 1000 pF erhöht die Blinkgeschwindigkeit so weit, daß das menschliche Auge nicht mehr zu folgen vermag und dann ein Dauerlicht sieht.

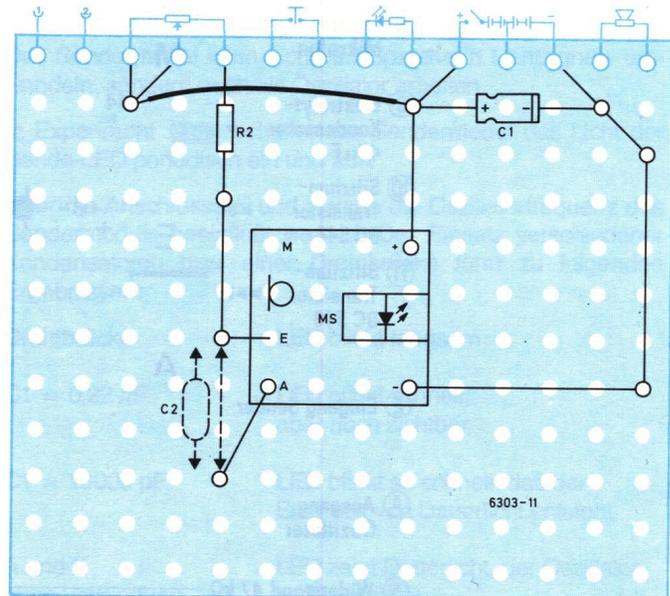
R<sub>2</sub> hat in der Schaltfunktion eine Schutzfunktion. Er verhindert, daß die volle Betriebsspannung an den Anschlüssen E und A liegt. Sie könnte Bauteile des Moduls gefährden.

In den folgenden Experimenten sollen weitere Einsatzmöglichkeiten des Empfängermoduls untersucht werden.

Mit Experiment **12** läßt sich eine einfache Lichtschranke aufbauen. Wird der Fototransistor auf dem Empfängermodul ME mit einer Taschenlampe angestrahlt, bleibt die Anzeige-LED dunkel. Wird der Lichtstrahl unterbrochen – z. B. wenn man ein Blatt Papier dazwischenhält – leuchtet die Anzeige-LED. Die Anzeige erfolgt immer dann, wenn der Fototransistor kein Licht erhält.

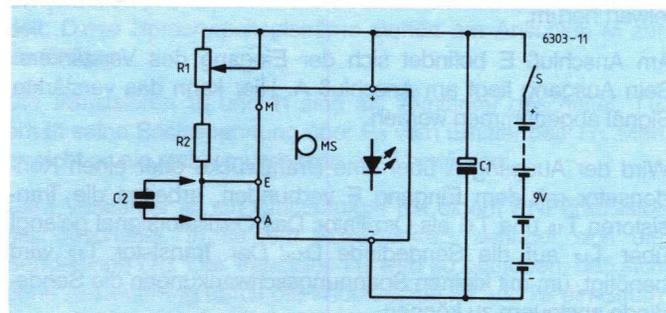
In der Lichtschrankenschaltung führt der Anschluß A1 keine Spannung (0), wenn der Fototransistor auf dem Empfängermodul beleuchtet wird. Am Anschluß A2 liegt Spannung (1), wenn

der Fototransistor kein Licht erhält. Die Signalspannung 0 oder 1 steuert über den Vorwiderstand R<sub>1</sub> die Basis des Transistors T<sub>1</sub>. Ein 0-Signal sperrt T<sub>1</sub>, und die Leuchtdiode bleibt dunkel. Hingegen schaltet ein 1-Signal den Transistor durch, und die LED leuchtet.

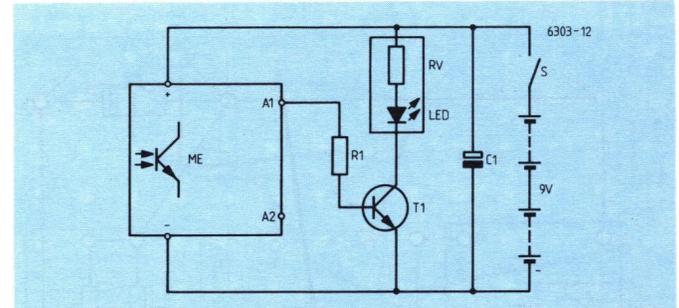
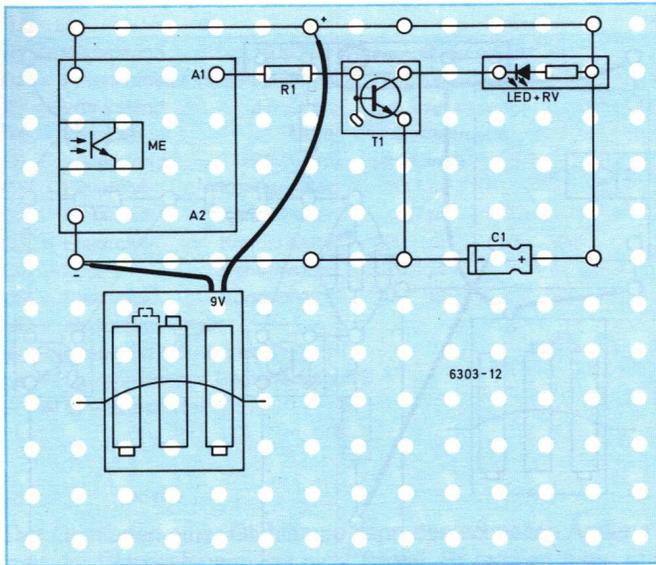


## 11 B

- R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm
- R2 = Widerstand 1 kOhm (braun, schwarz, rot)
- C1 = Elektrolyt-Kondensator 100 µF
- C2 = Kondensator siehe Text
- MS = Modul Sender
- S = Ein-Ausschalter



# Senden und Empfangen



**12**

R1 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)

C1 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F

ME = Modul Empfänger

T1 = Transistor, weiß

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

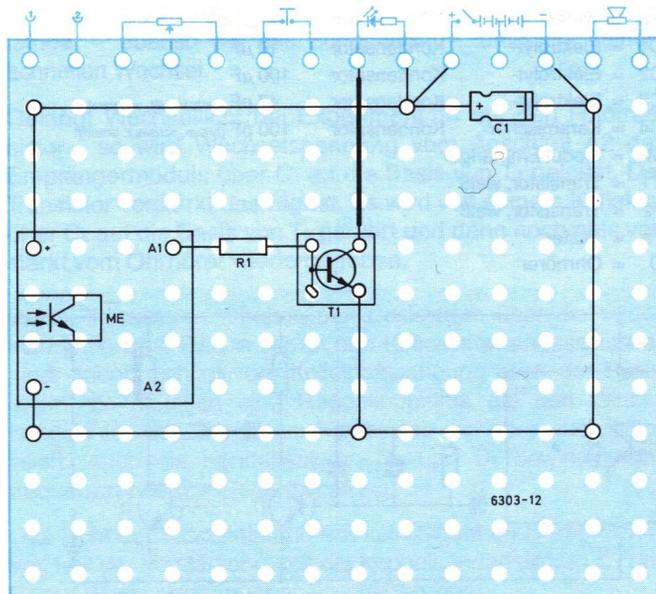
Ähnlich arbeitet das Empfängermodul in Experiment **B13**. Die Unterbrechung des Lichtstrahls wird durch Blinken der LED angezeigt.

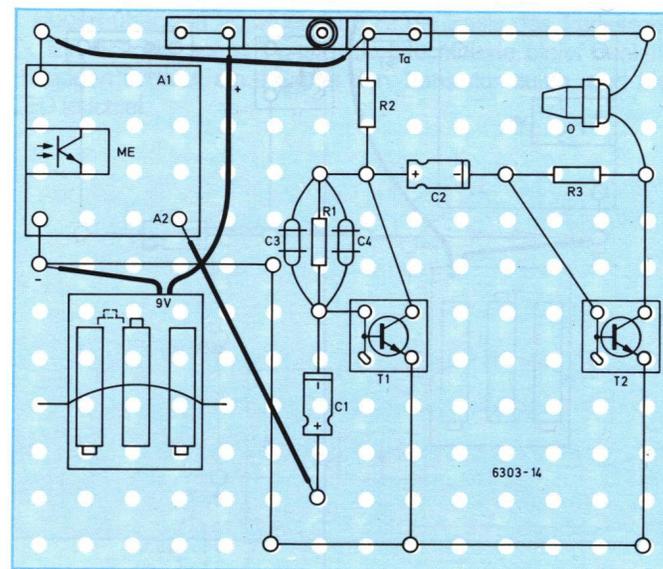
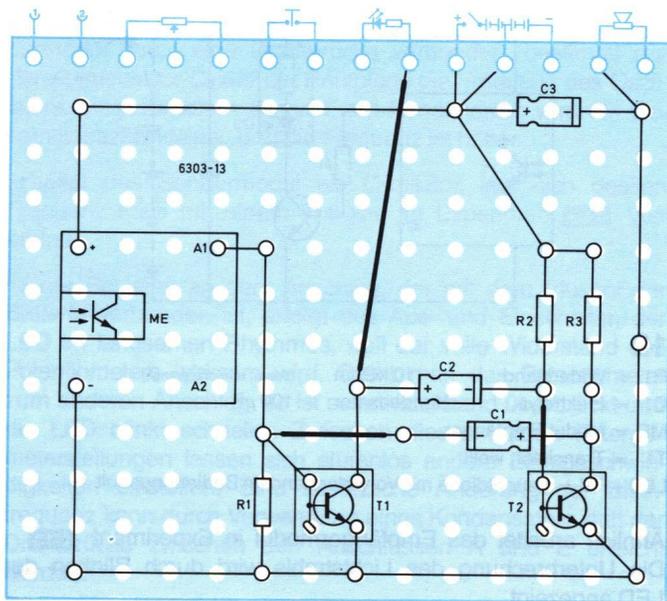
Das Empfängermodul steuert einen astabilen Multivibrator, der mit den Transistoren T<sub>1</sub>/T<sub>2</sub> und den zugehörigen Widerständen R<sub>1</sub> bis R<sub>3</sub>, der Leuchtdiode und den Kondensatoren C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> aufgebaut ist.

Der astabile Multivibrator schwingt nur dann, wenn an der Basis von T<sub>1</sub> Spannung liegt. Das ist der Fall, wenn auf den Fototransistor kein Licht fällt und der Anschluß A<sub>1</sub> als Folge davon Spannung führt. Bei beleuchtetem Fototransistor befindet sich keine Spannung an A<sub>1</sub>, T<sub>1</sub> ist gesperrt. Der astabile Multivibrator schwingt nicht, und die Anzeige-LED blinkt nicht.

Der Empfänger nach Experiment **14** bzw. **B15** bietet die Möglichkeit, Licht zu unterscheiden, das durch Wechsel- oder Gleichstrom erzeugt wird.

Leuchtet man den Fototransistor mit einer Taschenlampe an, hört man nur beim Ein- und Ausschalten ein kurzes Knacken, weil sie mit Gleichstrom betrieben wird. Eine Leuchtstofflampe, die mit Wechselstrom arbeitet, erzeugt ein deutliches Brummen, wenn der Fototransistor direkt auf die Lichtquelle gerichtet wird. Licht einer ebenfalls mit Netzwechselstrom betriebenen Glühlampe erzeugt dagegen ein kaum wahrnehmbares Brummen.





## 13 B

R1 = Widerstand	47 kOhm	(gelb, violett, orange)
R2 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R3 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 $\mu$ F
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	100 $\mu$ F

ME = Modul Empfänger

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

S = Ein-Ausschalter

## 14

R1 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R2 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R3 = Widerstand	220 kOhm	(rot, rot, gelb)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	100 $\mu$ F
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	47 $\mu$ F (gelb, violett, schwarz)
C4 = Keramischer-	Kondensator	100 pF (braun, schwarz, braun)

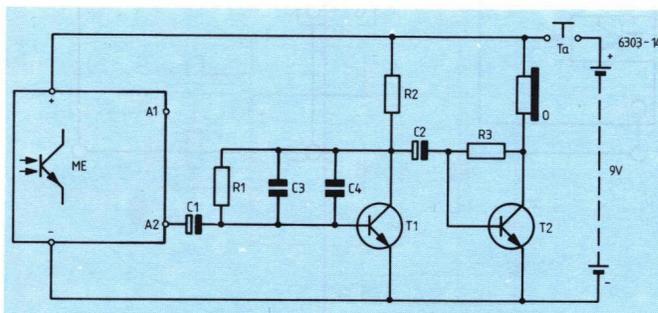
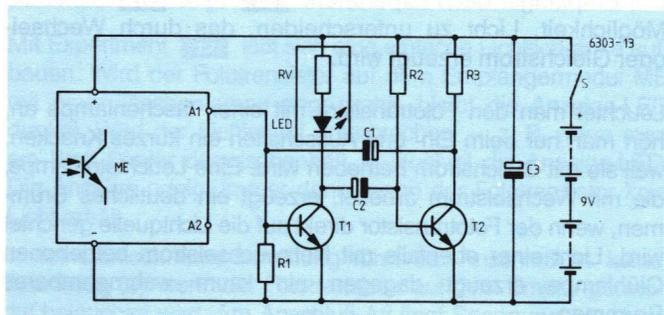
ME = Modul Empfänger

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

Ta = Taster

O = Ohrhörer



## 15

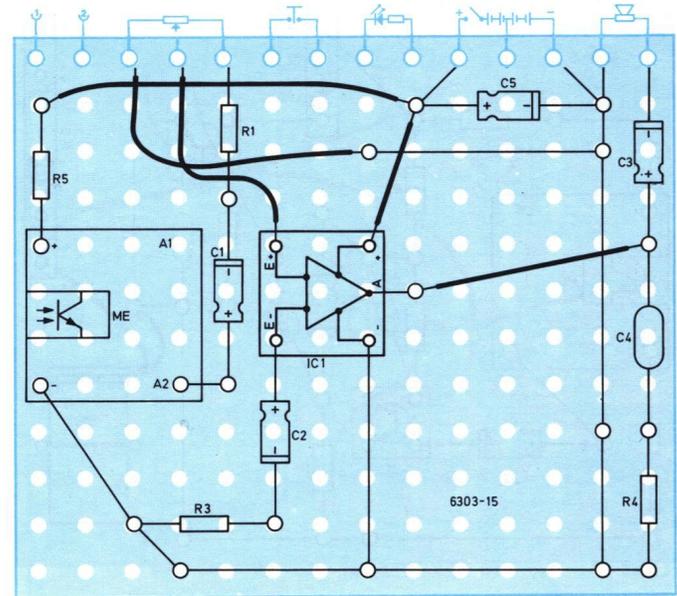
R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Potentiometer im Bedienungspult,	10 kOhm	
R3 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R4 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R5 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	10 $\mu$ F	
C2 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 $\mu$ F	
C3 = Elektrolyt-Kondensator	220 $\mu$ F	
C4 = Folien-Kondensator	0,1 $\mu$ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F	
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
S = Ein-Ausschalter		

Der Glühfaden einer Glühlampe kann den schnellen Änderungen der Wechselspannung nicht folgen. Er reagiert träge und sendet fast gleichmäßiges Licht. Die gasgefüllte Leuchtstofflampe folgt durch Lichtschwankungen den Spannungsänderungen. Das kann das menschliche Auge allerdings nicht wahrnehmen. Der Fototransistor reagiert auf diese Schwankungen und wandelt sie in elektrische Impulse um. Licht einer Taschenlampe – ebenso wie das Sonnenlicht – unterliegt keinem schnellen Wechsel.

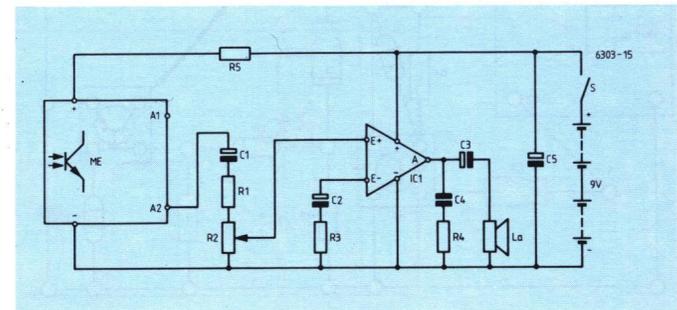
Gelangt Wechsellicht bei Experiment 14 auf den Fototransistor, so wird Wechselspannung vom Anschluß A2 des Empfängermoduls über C1 an die Basis von T1 geleitet. Der Transistor verstärkt das Signal. Es wird von seinem Kollektor über C2 auf die Basis von T2 geführt und dann nochmals verstärkt vom Ohrhörer wiedergegeben.

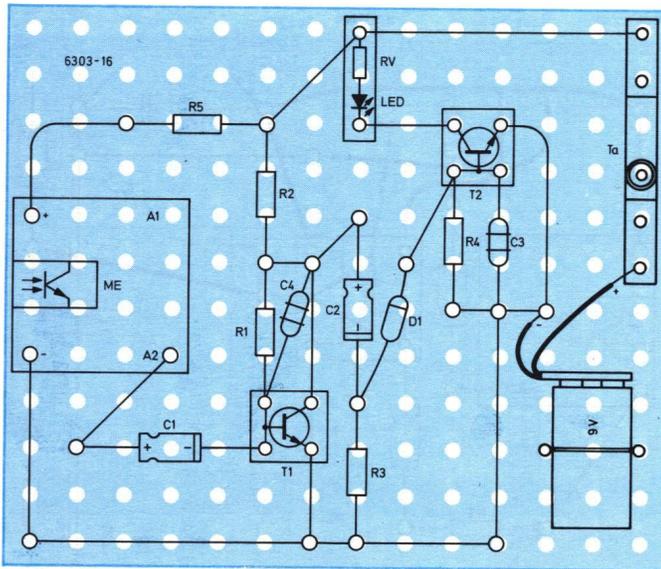
Beide Transistoren erhalten den Basisstrom über die Widerstände R1 bzw. R3. Da sie an den Kollektoren angeschlossen sind, ändert sich mit der Kollektorspannung auch der Basisstrom. Es resultiert eine Gegenkopplung, die den Verstärkungsfaktor des Transistors herabsetzt, ihn aber auch stabilisiert. Auch die Kondensatoren C3 und C4 bewirken eine frequenzabhängige Gegenkopplung.

Das Licht der Taschenlampe ruft kein Signal im Ohrhörer hervor, weil der Verstärker durch die Koppelkondensatoren C1 und C2 nur Wechselspannungen übertragen kann.



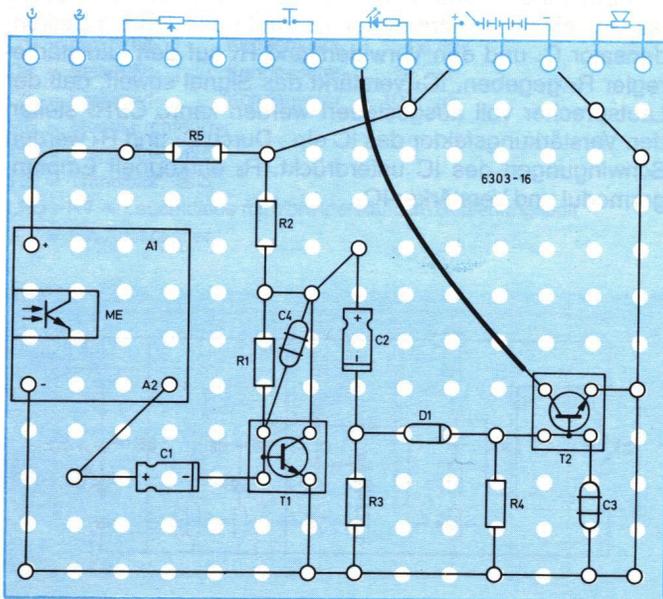
Beim Anstrahlen mit Wechsellicht in Experiment B15 liefert das Empfängermodul am Anschluß A2 ein bereits verstärktes Signal vom Fototransistor. Es wird über den Koppelkondensator C1 und den Vorwiderstand R1 auf den Lautstärkeregler R2 gegeben. IC1 verstärkt das Signal soweit, daß der Lautsprecher voll angesteuert werden kann. C2/R3 stellen den Verstärkungsfaktor des IC ein. Durch C4 und R4 werden Schwingungen des IC unterdrückt. R5 entkoppelt Empfängermodul und Verstärker-IC1.





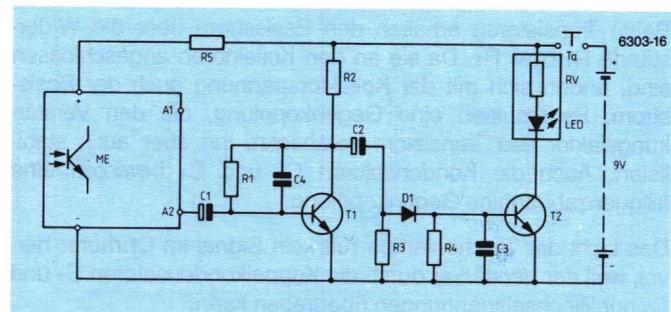
## 16

- |  |             |                          |
|--|-------------|--------------------------|
| R1 = Widerstand  | 100 kOhm    | (braun, schwarz, gelb)   |
| R2 = Widerstand  | 4,7 kOhm    | (gelb, violett, rot)     |
| R3 = Widerstand  | 10 kOhm     | (braun, schwarz, orange) |
| R4 = Widerstand  | 220 kOhm    | (rot, rot, gelb)         |
| R5 = Widerstand  | 1 kOhm      | (braun, schwarz, rot)    |
| C1 = Elektrolyt-Kondensator                                | 10 $\mu$ F  |                          |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator                                | 100 $\mu$ F |                          |
| C3 = Keramischer-Kondensator                               | 10.000 pF   | (braun, schwarz, orange) |
| C4 = Keramischer-Kondensator                               | 100 pF      | (braun, schwarz, braun)  |
| ME = Modul Empfänger                                       |             |                          |
| D1 = Diode   |             |                          |
| T1 = Transistor, weiß                                      |             |                          |
| T2 = Transistor, weiß                                      |             |                          |
| LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult |             |                          |
| Ta = Taster  |             |                          |



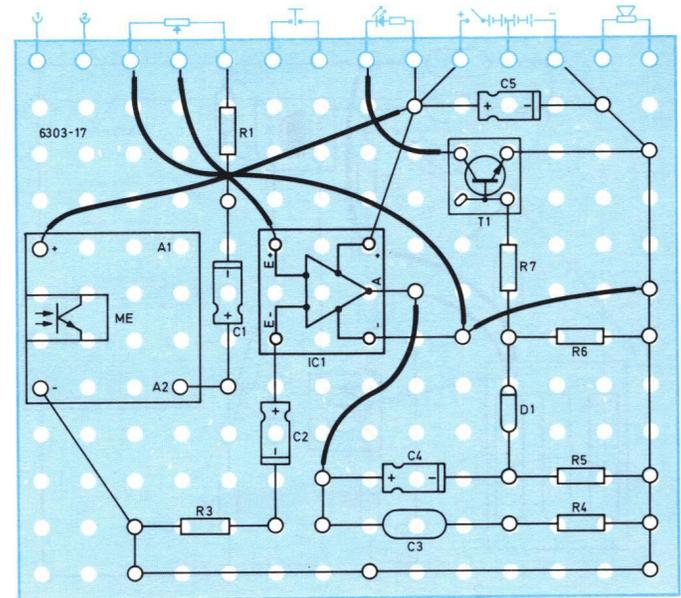
Mit den Experimenten **16** und **B17** können zwei weitere Wechsellichtempfänger aufgebaut werden. Der Nachweis erfolgt über die Anzeige-LED.

Bei Experiment B17 ist zu beachten, daß das Poti maximal bis auf Stellung 4 hochgeregelt werden darf, um eindeutige Versuchsergebnisse zu erhalten.



## 17 B

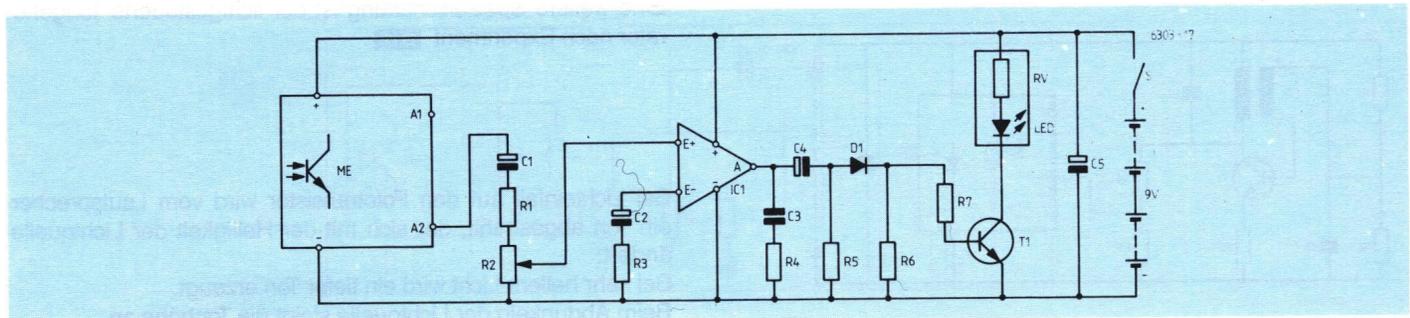
R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Potentiometer im Bedienungspult,	10 kOhm	
R3 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
R4 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R5 = Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
R6 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R7 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 $\mu$ F	
C2 = Elektrolyt-Kondensator	10 $\mu$ F	
C3 = Folien-Kondensator	0,1 $\mu$ F	
C4 = Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	220 $\mu$ F	
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
S = Ein-Ausschalter		

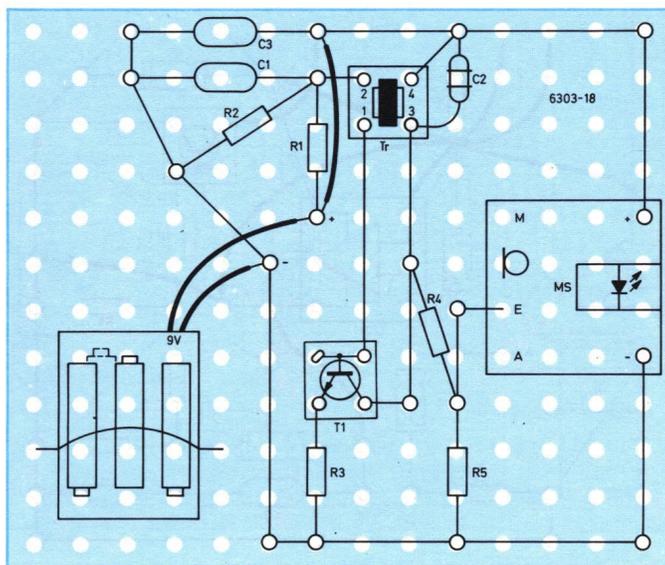


Im Experiment 16 wird das von T<sub>1</sub> verstärkte Wechselspannungssignal über den Kondensator C<sub>2</sub> zur Diode D<sub>1</sub> und gleichgerichtet. Die mit C<sub>3</sub> geglättete Gleichspannung schaltet den Transistor durch und die Anzeige-LED leuchtet.

Im Wechsellichtempfänger nach Experiment B17 erfolgt die Anzeige auch durch eine Leuchtdiode.

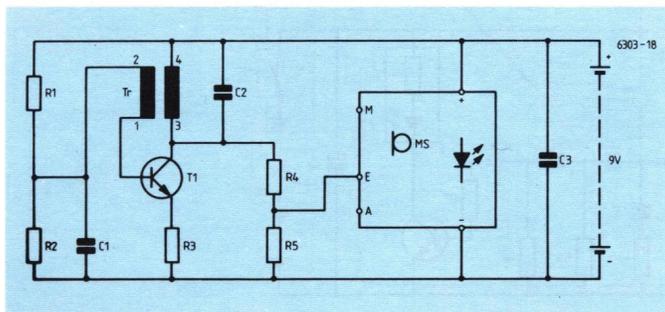
Bei Wechsellicht erhält das Potentiometer R<sub>2</sub> über C<sub>1</sub>/R<sub>1</sub> eine Wechselspannung, die vom IC<sub>1</sub> verstärkt wird. Die Ausgangsspannung gelangt über den Kondensator C<sub>4</sub> auf die Diode D<sub>1</sub> und wird gleichgerichtet. Die Gleichspannung steht am Widerstand R<sub>6</sub> und wird über den Vorwiderstand R<sub>7</sub> auf die Basis von Transistor T<sub>1</sub> geführt. T<sub>1</sub> schaltet durch und die LED leuchtet. C<sub>2</sub> und R<sub>4</sub> verhindern unerwünschte Schwingungen.





## 18 D

R1 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R2 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R3 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
R4 = Widerstand	470 kOhm	(gelb, violett, gelb)
R5 = Widerstand	470 Ohm	(gelb, violett, braun)
C1 = Folien-	Kondensator	0,047 $\mu$ F
C2 = Keramischer-	Kondensator	10.000 pF (braun, schwarz, orange)
C3 = Folien-	Kondensator	0,22 $\mu$ F
MS = Modul Sender		
T1 = Transistor, weiß		
Tr = Transformator, grün		



Mit dem Sender- bzw. Empfängermodul lassen sich auch einige spezielle Anlagen aufbauen.

In Experiment **D18** überträgt das Sendermodul einen Sinustorn, der am Anschluß E eingespeist wird.

Mit dem Empfänger nach Experiment B9 kann die Sinus-schwingung aufgenommen werden. Der Lautsprecher strahlt dann diesen weichen Ton ab.

Im Experiment D18 wird in der Schwingungsschaltung ein Transformator verwendet. Dabei bestimmt die Wicklung zwischen den Anschlüssen 3 und 4 zusammen mit dem Kondensator C2 die Frequenz. Die Rückkopplung, ohne die keine Schwingungen entstehen, wird in dieser Schaltung induktiv über die beiden Wicklungen im Transformator vorgenommen.

Die sinusförmigen Schwingungen nimmt man am Kollektor von T1 ab und führt sie über den Spannungsteiler R4/R5 an den Anschluß E des Sendermoduls.

R1 und R2 stellen in Verbindung mit dem Emitterwiderstand R3 den Arbeitspunkt vom Transistor T1 ein.

Eine weitere Spezialschaltung ist der lichtgesteuerte Tongenerator nach Experiment **B19**.

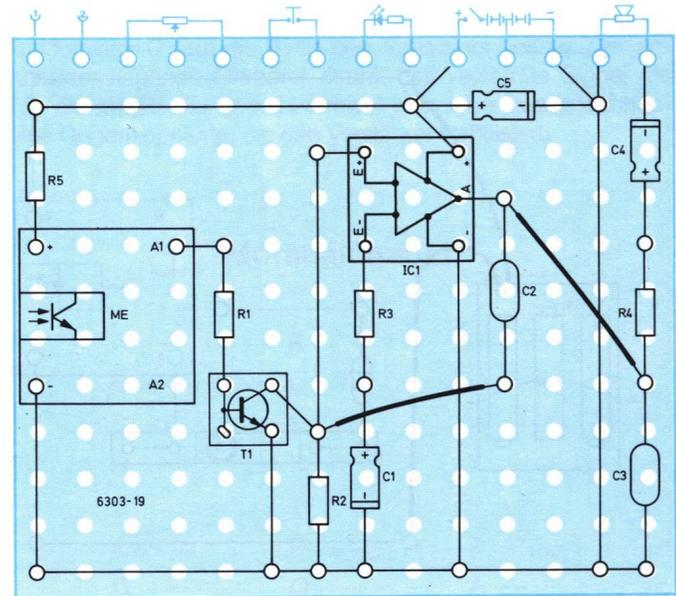
Bei Lichteinfall auf den Fototransistor wird vom Lautsprecher ein Ton abgestrahlt, der sich mit der Helligkeit der Lichtquelle ändert:

Bei sehr hellem Licht wird ein tiefer Ton erzeugt.

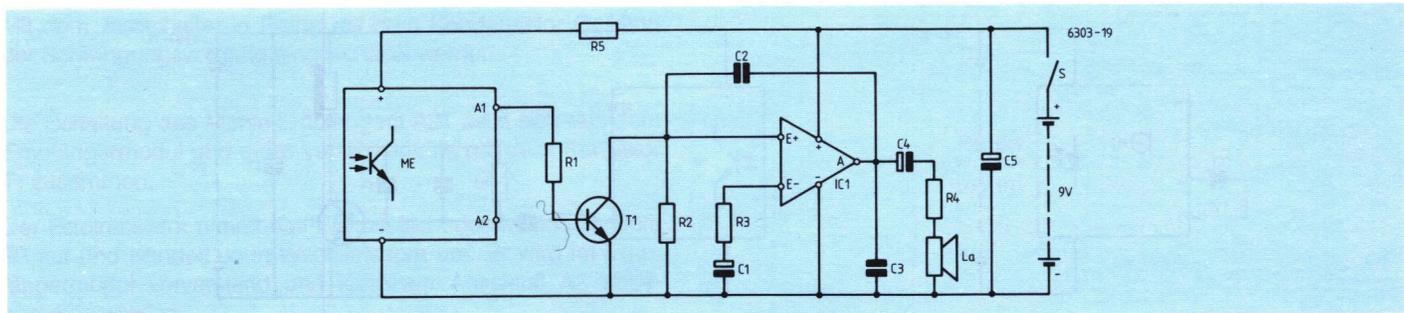
Beim Abdunkeln der Lichtquelle steigt die Tonhöhe an.

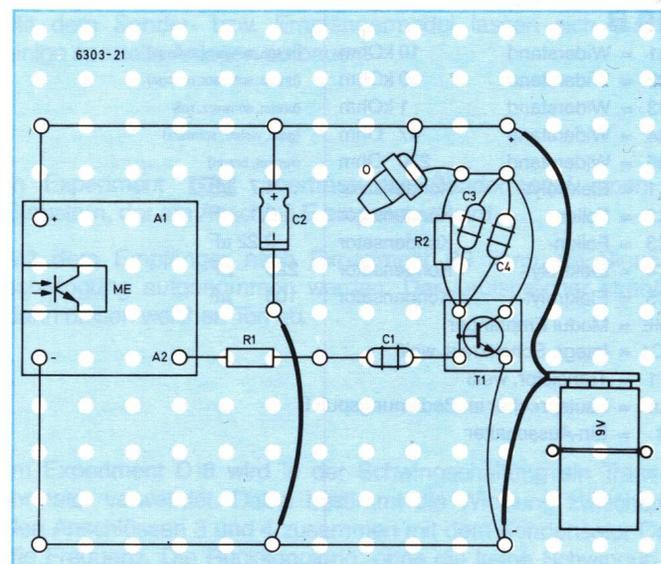
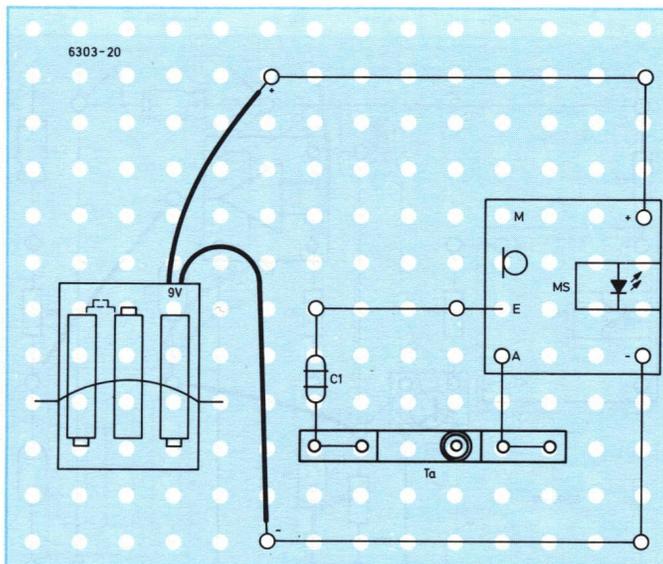
## 19 B

R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R3 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
R4 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R5 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 $\mu$ F
C2 = Folien-	Kondensator	0,1 $\mu$ F
C3 = Folien-	Kondensator	0,22 $\mu$ F
C4 = Elektrolyt-	Kondensator	220 $\mu$ F
C5 = Elektrolyt-	Kondensator	100 $\mu$ F
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
T1 = Transistor, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
S = Ein-Ausschalter		



Im lichtgesteuerten Tongenerator sind das Empfängermodul, eine Transistor-Steuerstufe und ein astabiler Multivibrator zusammengeschaltet. Fällt Licht auf den Fototransistor des Empfängermoduls, so steht an A1 keine Spannung an. T<sub>1</sub> ist gesperrt. IC<sub>1</sub> schwingt mit einer Frequenz, die im wesentlichen durch R<sub>2</sub> bestimmt ist. Beim langsamen Abdunkeln des Fototransistors steigt die Spannung am Anschluß A<sub>1</sub>. Sie steuert T<sub>1</sub>, so daß sich sein Innenwiderstand vermindert. Der Innenwiderstand von T<sub>1</sub> liegt parallel zum frequenzbestimmenden Widerstand R<sub>2</sub>. Die Frequenz ändert sich also in Abhängigkeit von Lichteinfall auf den Fototransistor.





## 20

C1 = Keramischer-Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)

MS = Modul Sender

Ta = Taster

## 21

R1 = Widerstand 100 kOhm (braun, schwarz, gelb)

R2 = Widerstand 47 kOhm (gelb, violett, orange)

C1 = Keramischer-Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)

C2 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F

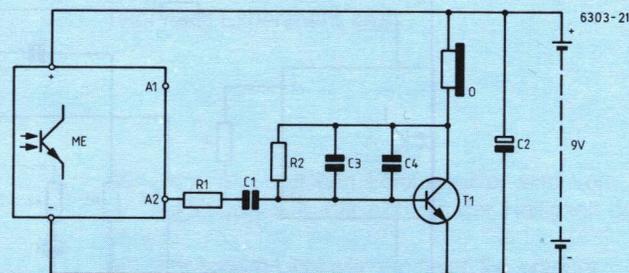
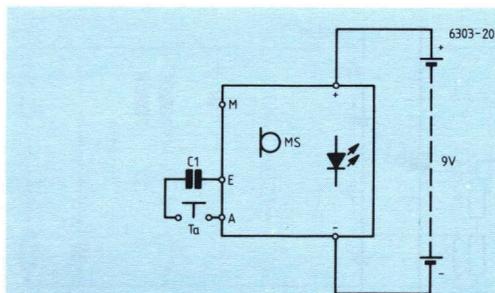
C3 = Keramischer-Kondensator 47 pF (gelb, violett, schwarz)

C4 = Keramischer-Kondensator 100 pF (braun, schwarz, braun)

ME = Modul Empfänger

T1 = Transistor, weiß

O = Ohrhörer



# Optische Nachrichtenübermittlung

Die Übertragung von Sprache durch ein Telefonkabel gelingt nicht immer störungsfrei. Bekannt sind Knack- und Prasselgeräusche, schlechte Tonqualität und Übersprechen von anderen Gesprächen. Solche Störungen sind nicht nur lästig, sie können auch erhebliche Fehler hervorrufen, wenn nicht Sprache, sondern andere Informationen übertragen werden sollen, wie z. B. Computersignale. Die Qualität einer Nachrichtenübermittlung kann verbessert werden, wenn man z. B. Morsesignale überträgt.

Im Experiment **20** wird ein optischer Morsesender vorgestellt. Die LED des Sendemoduls strahlt nach dem Aufbau rotes Licht mittlerer Helligkeit ab. Drückt man den Taster, so ändert sich scheinbar nichts. Welche Wirkung der Druck auf die Taste erzielt, läßt sich erst erkennen, wenn der Empfänger nach Experiment **21** fertiggestellt und durch den Lichtwellenleiter mit dem Sender verbunden wurde. Anschluß des Lichtleiterkabels siehe Seite 16. Drückt man nun den Taster, ertönt aus dem Ohrhörer ein Ton.

Wie sicher der Lichtwellenleiter diesen Ton in andere Räume überträgt, läßt sich ermesen, wenn man das Lichtleiterkabel entfernt und versucht, die Verbindung durch direktes Ausrichten von Sende- und Empfangsmodul herzustellen.

Das Sendermodul kann durch Einfügen eines Kondensators zwischen die Anschlüsse E und A als Schwingungserzeuger verwendet werden. Die Größe des Kondensators  $C_1$  bestimmt die Tonhöhe. Sie beträgt bei einem Kondensator von 10000 pF etwa 400 Hz. Die Leuchtdiode strahlt dann ein Wechsellicht ab, das 400 mal in der Sekunde unterbrochen und eingeschaltet wird. Diese schnelle Folge erkennt das Auge als Dauerlicht, weil es eine gewisse Trägheit bei der Wahrnehmung schneller Vorgänge besitzt.

Mit dem Tastschalter in Reihe mit dem Kondensator  $C_1$  kann der Schwingungsvorgang eingeschaltet werden.

Die Schaltung des Morse-Empfängers A21 setzt sich aus dem Empfängermodul und einer Verstärkerstufe mit dem Transistor  $T_1$  zusammen.

Der Fototransistor nimmt das Wechsellicht des Morse-Senders 20 auf und wandelt es in Wechselstrom um. Er wird im Empfängermodul vorverstärkt und kann am Anschluß A2 abgenommen werden.

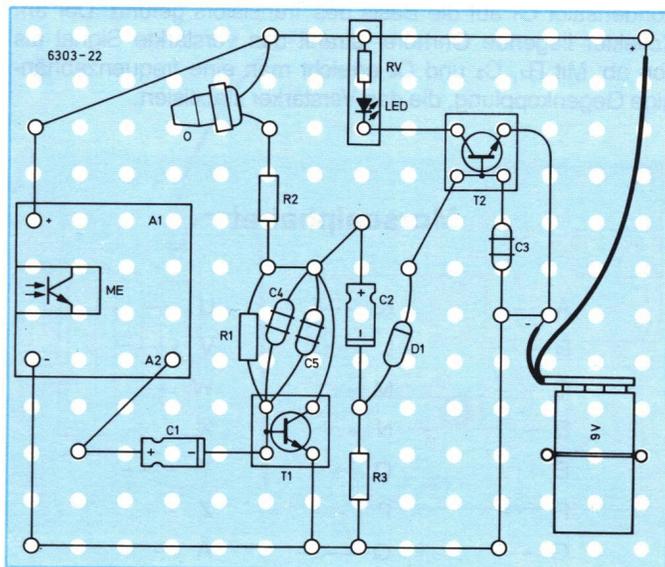
Das Signal wird über den Vorwiderstand  $R_1$  und den Koppelkondensator  $C_1$  auf die Basis des Transistors geführt. Der am Kollektor liegende Ohrhörer strahlt das verstärkte Signal als Ton ab. Mit  $R_2$ ,  $C_3$  und  $C_4$  erreicht man eine frequenzabhängige Gegenkopplung, die den Verstärker stabilisiert.

## Morsealphabet

A ..	K ---	U ...
B ....	L ....	V ....
C ..... D ...	M --	W ---
E .	N ..	X ----
F ..... G ---	O ---	Y ----
H ....	P ..... Q ----	Z ----
I ..	R ...	Ä ....
J ----	S ...	CH ----
	T -	Ö ----
		Ü ----

1 ----	6 ----
2 ----	7 ----
3 ----	8 ----
4 ----	9 ----
5 ----	0 ----

Punkt	----
Irrtum	.....
SOS	.....



## 22

- R1 = Widerstand 100 kOhm (braun, schwarz, gelb)  
 R2 = Widerstand 4,7 kOhm (gelb, violett, rot)  
 R3 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)  
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10  $\mu$ F  
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 100  $\mu$ F  
 C3 = Keramischer-Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)  
 C4 = Keramischer-Kondensator 47 pF (gelb, violett, schwarz)  
 C5 = Keramischer-Kondensator 100 pF (braun, schwarz, braun)  
 ME = Modul Empfänger  
 D1 = Diode  
 T1 = Transistor, weiß  
 T2 = Transistor, weiß  
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult  
 O = Ohrhörer

Auch der Empfänger nach Experiment **B23** eignet sich zum Empfang der Morsesignale, die vom Sender 20 ausgestrahlt werden. Ohne den Lichtleiter ist die Übergangsstrecke nur kurz. Mit dem Lichtleiterkabel wird das Signal problemlos über die volle Länge des Kabels übertragen.

Der Morse-Empfänger mit Lautsprecherwiedergabe nach Schaltung B23 besteht aus dem Empfangsmodul ME und dem nachgeschalteten Endverstärker mit IC1.

Dabei wird das vom Fototransistor in elektrische Schwingungen umgewandelte Signal am Ausgang A2 des Moduls ME abgenommen und über C1/R1 und R2 dem Eingang des Endverstärkers zugeführt. Die Funktion eines solchen Endverstärkers ist im Anleitungsbuch B im Experiment 142 ausführlich beschrieben.

Erweitert man den Empfänger wie im Experiment **B24** angegeben, leuchtet zusätzlich zum Ton die LED im Bedienungspult auf, solange der Taster am Sender gedrückt ist.

In diesem Experiment wird die Schaltung des Morse-Empfängers B23 um eine Schaltstufe mit optischer Anzeige erweitert. Am Lautsprecher wird das Wechselspannungssignal abgenommen, durch die Diode D1 gleichgerichtet und über den Vorwiderstand R5 der Basis des Transistors T1 zugeführt. C5 glättet dabei die Gleichspannung. Sie schaltet den Transistor durch, und die LED leuchtet.

Durch eine Erweiterung des Empfängers ist es im Experiment **22** möglich, die Morsesignale auch optisch anzuzeigen. Wenn nun die Taste gedrückt wird, leuchtet immer mit dem Ton zusammen die LED auf.

Der Morse-Empfänger A21 wird mit einer optischen Anzeige erweitert. Dazu wird am Kollektor des Transistors T1 über C2 das Wechselspannungssignal abgenommen und durch die Diode D1 gleichgerichtet. C3 glättet die Gleichspannung. Sie ist hoch genug, um den Transistor T2 durchzuschalten, so daß die Leuchtdiode leuchtet.

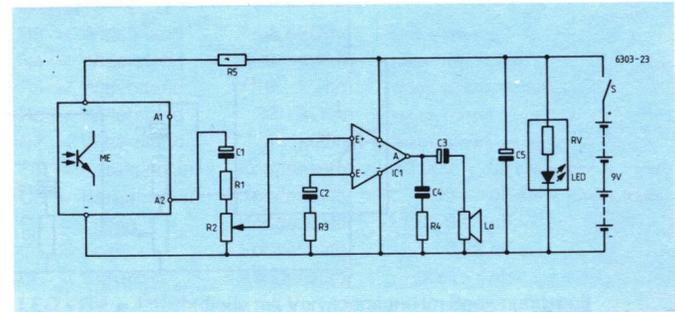
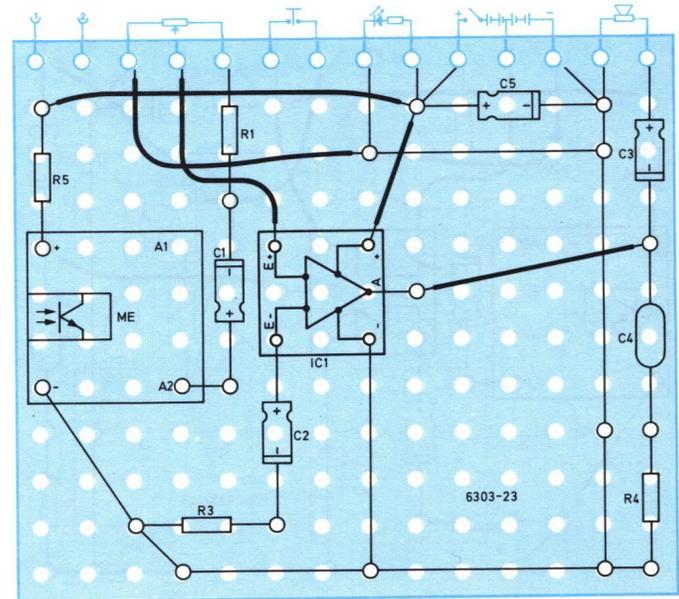
## 23 B

R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Potentiometer im Bedienungspult,	10 kOhm	
R3 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R4 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R5 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	10 $\mu$ F	
C2 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 $\mu$ F	
C3 = Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F	
C4 = Folien-Kondensator	0,1 $\mu$ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	220 $\mu$ F	
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
S = Ein-Ausschalter		

Die ersten Experimente in diesem Anleitungsbuch zeigen, wie Sprache übertragen werden kann. Sprache besteht aus einer Vielzahl verschiedener Töne, die in einem Mikrofon in elektrische Schwingungen umgewandelt werden, und im Empfänger müssen diese Schwingungen wieder in Töne zurückgewandelt werden. Bei einer solchen **analogen Übertragung** von Sprache sind die elektrischen Schwingungen ein genaues Abbild der ursprünglichen Schallwellen. Das bedeutet, daß ein Ton von 1000 Hz einen Wechselstrom von ebenfalls 1000 Hz erzeugt, der dann durch die Leitung übertragen wird. Da Sprache aber ein Tongemisch unterschiedlicher Frequenzen darstellt, wird also ein Gemisch elektrischer Schwingungen mit verschiedenen Frequenzen erzeugt und durch Fernsprechkabel geleitet.

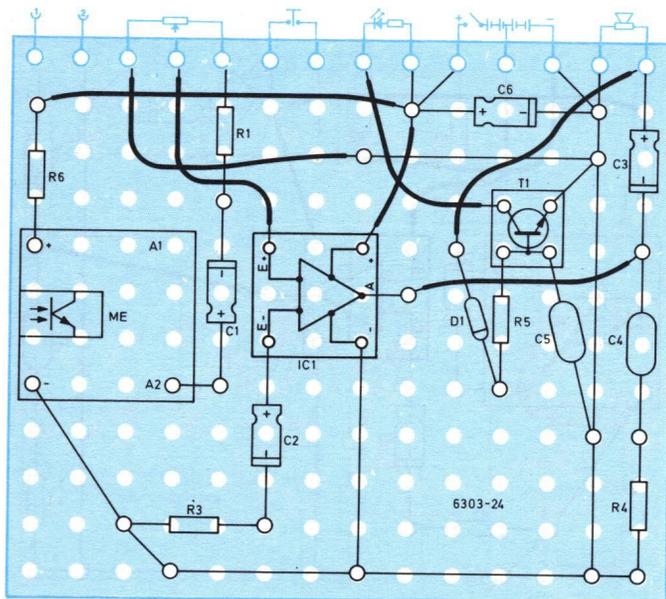
Bei der Übertragung dieser analogen Signale können verhältnismäßig leicht Fehler auftreten, die die Qualität der Übertragung verschlechtern. Deshalb bemüht man sich, in Zukunft keine analogen Signale mehr zu übertragen, sondern **digitale Signale**.

Digitale Nachrichten bestehen nur noch aus zwei Zeichen, z. B. der „0“ oder der „1“, „Strom“ oder „kein Strom“, „Licht“ oder „kein Licht“. Durch die Beschränkung auf nur zwei Zeichen muß man einen Code verwenden, mit dem man die Informationen aus dem einen System in das andere umwandeln kann.



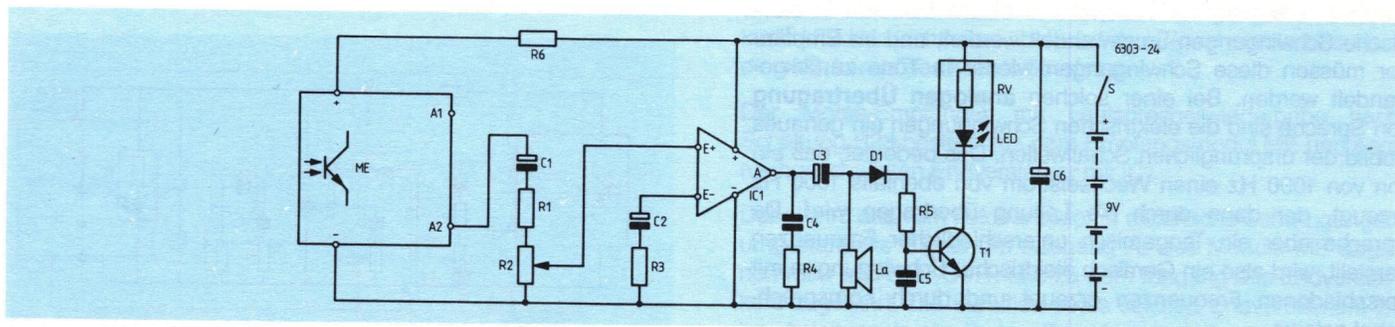
Will man die 26 Buchstaben des Alphabets durch zwei Zustände codieren, so benötigt man für jeden Buchstaben eine Kette von nur fünf Zeichen. Jedes dieser Zeichen nennt man **Bit**, und eine Folge von z. B. fünf Bit bezeichnet man als **Byte**. Ein solcher Code mit 5 Bit wird beim Fernschreiben verwendet.

In der Computertechnik wird heute meistens ein Code aus 8 Bit verwendet, der **ASCII-Code** (American standard code of information interchange). Mit diesem Code lassen sich maximal 256 Zeichen darstellen, wie z. B. Groß- und Kleinbuchstaben, Ziffern, Satz- und Sonderzeichen.



## 24 B

- |  |              |                          |
|--|--------------|--------------------------|
| R1 = Widerstand  | 10 kOhm      | (braun, schwarz, orange) |
| R2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm              |              |                          |
| R3 = Widerstand  | 47 Ohm       | (gelb, violett, schwarz) |
| R4 = Widerstand  | 1 Ohm        | (braun, schwarz, gold)   |
| R5 = Widerstand  | 1 kOhm       | (braun, schwarz, rot)    |
| R6 = Widerstand  | 220 Ohm      | (rot, rot, braun)        |
| C1 = Elektrolyt-Kondensator                                | 10 $\mu$ F   |                          |
| C2 = Elektrolyt-Kondensator                                | 4,7 $\mu$ F  |                          |
| C3 = Elektrolyt-Kondensator                                | 100 $\mu$ F  |                          |
| C4 = Folien-Kondensator                                    | 0,1 $\mu$ F  |                          |
| C5 = Folien-Kondensator                                    | 0,22 $\mu$ F |                          |
| C6 = Elektrolyt-Kondensator                                | 220 $\mu$ F  |                          |
| ME = Modul Empfänger                                       |              |                          |
| IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß                            |              |                          |
| D1 = Diode   |              |                          |
| T1 = Transistor, weiß                                      |              |                          |
| La = Lautsprecher im Bedienungspult B                      |              |                          |
| LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult |              |                          |
| S = Ein-Ausschalter  |              |                          |



Durch die Digitalisierung von Nachrichten wird aus jedem Buchstaben eine längere Kette von Zeichen, im allgemeinen 8 Bit. Da aber die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Elektronik sehr hoch ist, entsteht dadurch kein Nachteil.

Welche Menge von Informationen übertragen werden muß, läßt sich erahnen, wenn man bedenkt, daß eine Seite DIN A4 etwa 2000 Zeichen umfaßt, also ca. 2000 Byte oder 2 kB (Kilo-Byte).

Zur Digitalisierung von Sprache bei Fernsprechübertragungen wird die momentane Spannung des vom Mikrophon kommenden Signals 8000 mal in einer Sekunde gemessen, und dieser **Spannungswert** wird in den 8-Bit-Code umgewandelt.

Auch Fernsehbilder lassen sich digitalisieren, indem man es in Punkte zerlegt, abtastet und die Helligkeits- und Farbwerte durch Zahlenwerte codiert. Mit der Digitalisierung ist es möglich, jedes Signal, sei es Sprache, Text, Daten oder Bilder in eine Folge von „Licht“ oder „kein Licht“ zu übertragen und am Ende des Übertragungsweges wieder zu decodieren.

Die erwünschte Digitalisierung ist aber nur dann sinnvoll, wenn man große Bit-Mengen pro Sekunde übertragen kann. Das ist mit den bisher verwendeten Koaxkabeln oder UKW-Sendern nicht möglich, sondern das kann man nur mit einem breitbandigen Lichtwellenleiter verwirklichen.

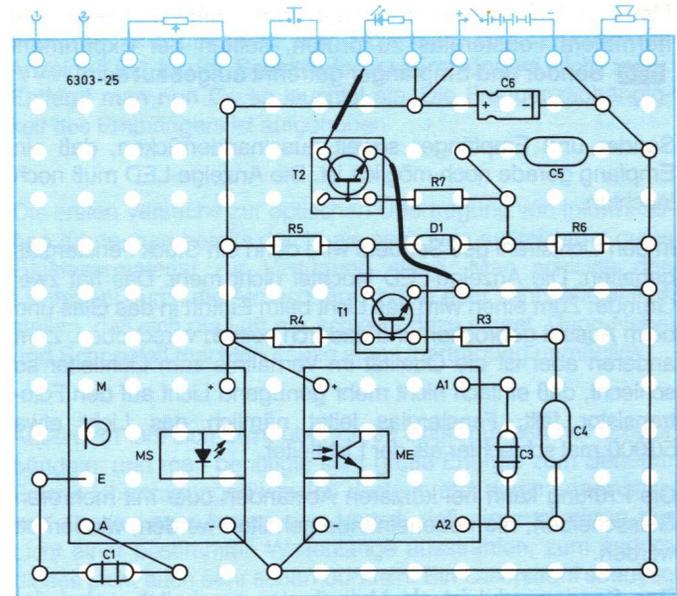
Die Übertragung von Lichtsignalen durch die Luft erwies sich als nicht sicher genug, so daß die Glasfaser als Medium eingesetzt wurde. Trotzdem ist auch heute noch die Lichtübertragung durch die Luft wichtig, vor allem bei Lichtschranken, bei Infrarot-Fernbedienungen für Fernseher bei optischen Garagentoröffnern. Solche Geräte senden ein moduliertes Lichtsignal aus, das vom Empfänger nur angenommen wird, wenn die Frequenz des Senders mit der eingestellten Frequenz des Empfängers übereinstimmt.

In Experiment **B25** wird eine Wechsellichtschranke vorgestellt. Sender und Empfänger können auf einer gemeinsamen Grundplatte aufgebaut sein, zum Experimentieren kann der Sender aber auch auf einer anderen Grundplatte installiert werden. Es ist dann nur die Spannungsversorgung über den Batteriehälter für die Mignonzellen herzustellen.

Die LED des Senders scheint nach dem Einschalten der Betriebsspannung ständig zu leuchten. Die Anzeige LED des Empfängers im Bedienungspult leuchtet auf, wenn das Licht der Sendediode auf den Fototransistor des Empfängers fällt. Wird jedoch der Kondensator C<sub>1</sub> am Sendemodul abgenommen, erlischt die LED. Durch diesen Kondensator erzeugt der Sender ein moduliertes Licht, und nur auf dieses modulierte Licht spricht der Empfänger an.

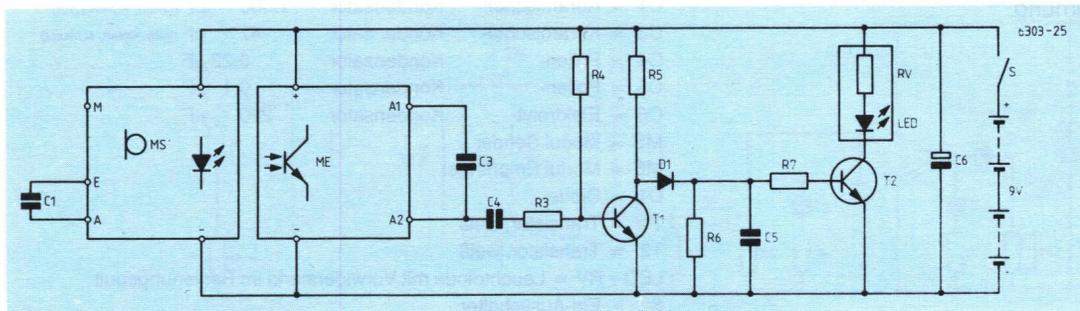
Unterbricht man die Strecke zwischen dem Sender und Empfänger, wenn moduliertes Licht ausgestrahlt wird, bleibt die LED im Bedienungspult ebenfalls dunkel.

Installiert man den Sender und den Empfänger auf getrennten Grundplatten, kann man ausprobieren, über welche Entfernung der Empfänger noch auf das modulierte Licht des Senders anspricht.



## 25 B

R3 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R4 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R5 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R6 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R7 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C3 = Keramischer-Kondensator	100 pF	(braun, schwarz, braun)
C4 = Folien-Kondensator	0,1 µF	
C5 = Folien-Kondensator	0,22 µF	
C6 = Elektrolyt-Kondensator	220 µF	
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		



MS = Modul Sender  
 ME = Modul Empfänger  
 D1 = Diode  
 T1 = Transistor, weiß  
 T2 = Transistor, weiß  
 S = Ein-Ausschalter

Um den Unterschied zwischen dem Lichtwellenleiter und normalem Fensterglas zu prüfen, sollten bei Experiment **B26** Sender und Empfänger getrennt aufgebaut sein.

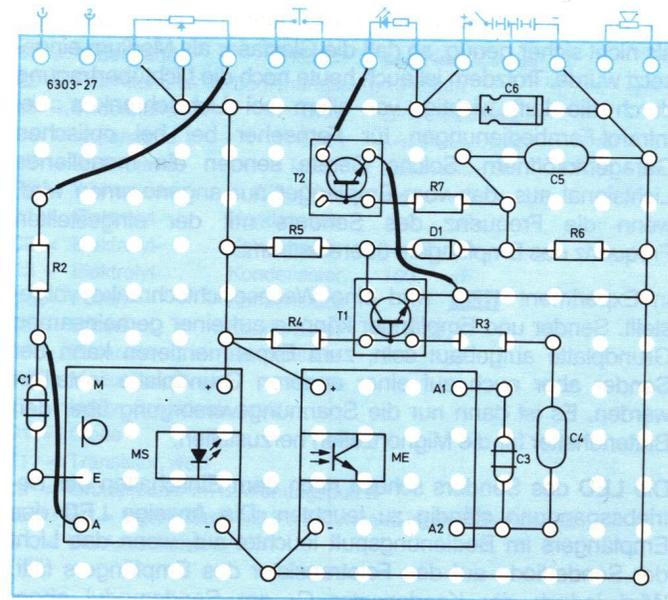
Sender und Empfänger soweit auseinanderrücken, daß ein Empfang gerade noch möglich ist. Die Anzeige-LED muß noch leuchten.

In den Lichtstrahl des Senders wird dann ein Stück Fensterglas gehalten. Die Anzeige-LED leuchtet nicht mehr. Das hat zwei Gründe: Zum einen wird das Licht beim Eintritt in das Glas und beim Austritt gebrochen und dadurch seitlich verschoben. Zum anderen aber ist die Qualität im Verhältnis zum Lichtleiter so schlecht, daß einfach nicht mehr genügend Licht auf den Foto-transistor fällt. Fensterglas leitet nämlich das Licht etwa 50.000 mal schlechter als der Lichtleiter.

Die Prüfung kann bei kürzeren Abständen oder mit mehreren Glasscheiben, die nebeneinandergehalten werden, wiederholt werden.

Das Sendermodul ist als Multivibrator geschaltet, wobei der Kondensator C<sub>1</sub> die Frequenz bestimmt. Mit der angegebenen Größe von 1000 pF folgen die Schwingungen so schnell aufeinander, daß der Eindruck des Dauerlichts entsteht. Die Anwendung von Wechsellicht bei der Lichtschranke hat den Vorteil, daß gleichmäßig strahlendes Licht fremder Lichtquellen nicht stören kann. Das läßt sich zeigen, wenn man den Kondensator C<sub>1</sub> entfernt. Die Leuchtdiode auf dem Sendermodul leuchtet dann mit konstantem Licht weiter, aber es erfolgt keine Anzeige durch die Leuchtdiode im Empfängerteil.

Weil zur Gleichrichtung der Wechselfspannung durch die Diode D<sub>1</sub> und zum Durchschalten des Transistors T<sub>1</sub> eine bestimmte Höhe der Spannung erforderlich ist, arbeitet die Lichtschranke nur bis zu einer gewissen Entfernung.



## 27 B

R1 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm	
R2 = Widerstand 1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
R3 = Widerstand 10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R4 = Widerstand 100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R5 = Widerstand 4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R6 = Widerstand 22 kOhm	(rot, rot, orange)
R7 = Widerstand 2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
C1 = Keramischer-Kondensator 1.000 pF	(braun, schwarz, rot)
C3 = Keramischer-Kondensator 47 pF	(gelb, violett, schwarz)
C4 = Folien-Kondensator 0,22 µF	
C5 = Folien-Kondensator 0,1 µF	
C6 = Elektrolyt-Kondensator 220 µF	
MS = Modul Sender	
ME = Modul Empfänger	
D1 = Diode	
T1 = Transistor, weiß	
T2 = Transistor, weiß	
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult	
S = Ein-Ausschalter	

Experiment **B27** stellt einen selektiven Lichtempfänger dar. Das bedeutet, daß der Empfänger nur auf Licht reagiert, dessen Modulationsfrequenz unter einem bestimmten Wert liegt. Die Frequenz des Senders läßt sich mit dem Poti im Bedienungspult einstellen. Ist die Modulationsfrequenz des ausgestrahlten Lichts zu hoch, leuchtet die Anzeige-LED im Bedienungspult nicht, liegt sie im Bereich des Empfängers, leuchtet die Anzeige LED.

Solche selektiven Sender und Empfänger verwendet man für Fernbedienungen bei Fernsehern und bei Garagentoröffnern. Gerade bei den letzteren ist es wichtig, ein Licht zu verwenden, dessen Modulationsfrequenz sehr schmalbandig ist. Der Empfänger muß entsprechend eng selektieren, damit das Tor nicht zu leicht von Unbefugten geöffnet werden kann.

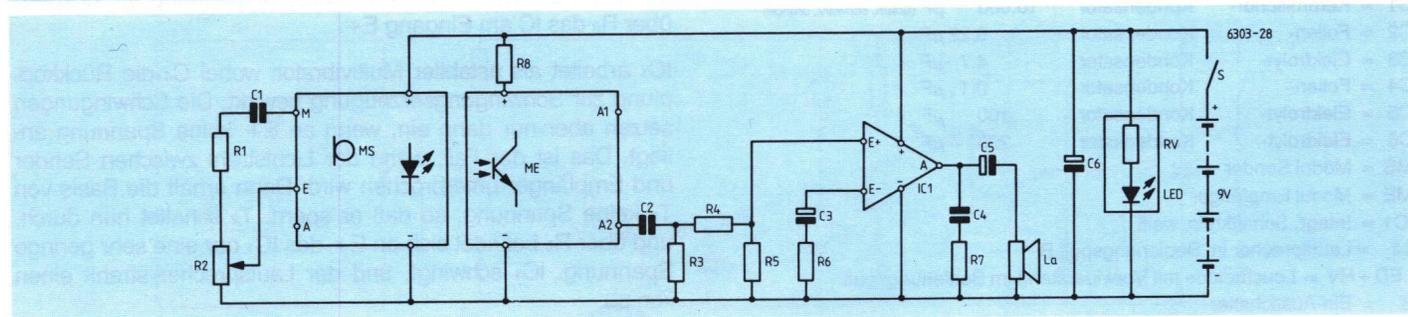
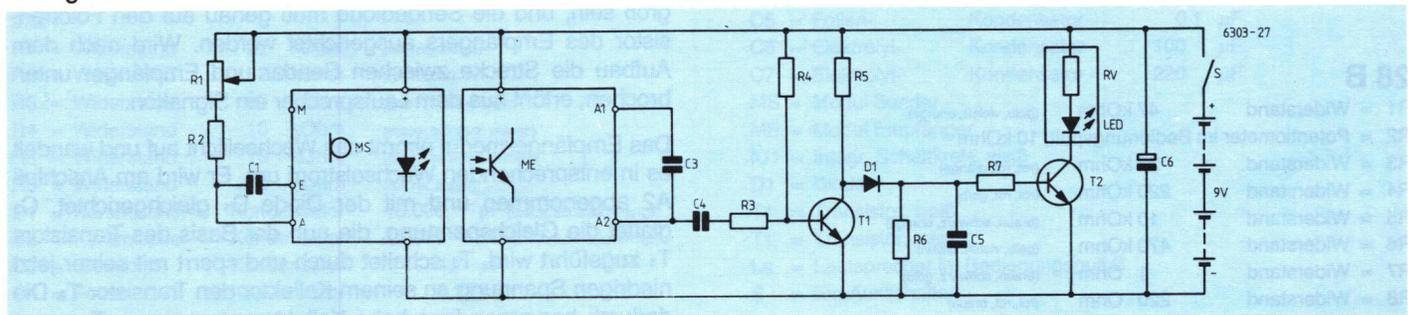
Das Potentiometer R<sub>1</sub> steuert den Oszillator des Sendermoduls. Dadurch wird die Frequenz des abgestrahlten Wechsellichts veränderbar.

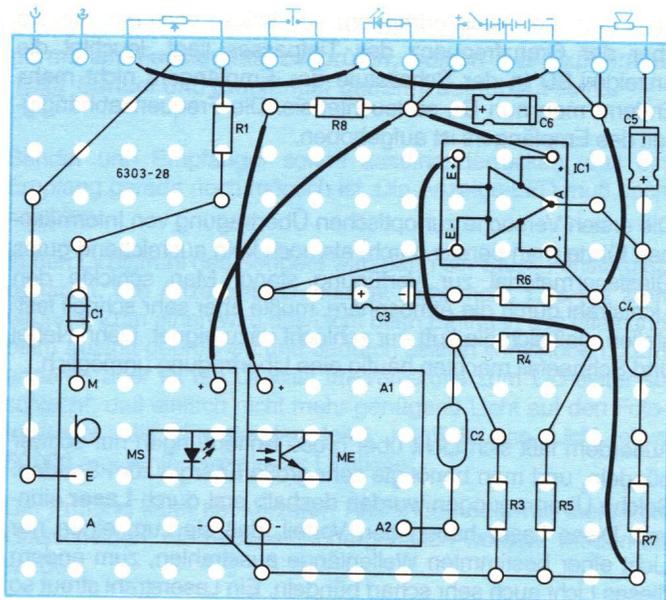
Der Empfangsbereich des Empfängermoduls ME wird durch den Kondensator C<sub>3</sub> so beeinflusst, daß nur tiefe Frequenzen auf den Ausgang A2 übertragen werden. Nur sie können die Anzeige-LED einschalten.

Stellt man die Oszillatorfrequenz von MS so hoch ein, daß sie über der Grenzfrequenz des Tiefpasses liegt, leuchtet die Anzeige-LED in der Schaltstufe des Empfängers nicht mehr. Entfernt man nun C<sub>3</sub>, so leuchtet sie. Die Frequenzabhängigkeit des Empfängers ist aufgehoben.

Die ersten Versuche zur optischen Übertragung von Informationen führte man bereits durch, als noch kein ausreichend gutes Glasfasermaterial zur Verfügung stand. Man schickte den Lichtstrahl durch die Atmosphäre, mußte aber sehr schnell feststellen, daß sich die Luft nur schlecht dazu eignet. Denn Nebel und Schneefall machten häufig eine Übertragung unmöglich.

Außerdem läßt sich Licht über große Entfernungen nur schwer bündeln, und man benötigte sehr große Energie zum Senden. Solche Übertragungen wurden deshalb erst durch **Laser** sinnvoll. Diese Laser haben den Vorteil, daß sie zum einen nur Licht einer bestimmten Wellenlänge ausstrahlen, zum andern dieses Licht auch sehr scharf bündeln. Ein Laserstrahl streut so wenig, daß das Strahlenbündel nach einer Strecke von 1.500 km nur einen Durchmesser von 60 m hat.





## 28 B

R1 = Widerstand	47 kOhm	(gelb, violett, orange)
R2 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm		
R3 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R4 = Widerstand	220 kOhm	(rot, rot, gelb)
R5 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R6 = Widerstand	470 kOhm	(gelb, violett, braun)
R7 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R8 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Folien-Kondensator	0,22 µF	
C3 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 µF	
C4 = Folien-Kondensator	0,1 µF	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	100 µF	
C6 = Elektrolyt-Kondensator	220 µF	
MS = Modul Sender		
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
S = Ein-Ausschalter		

Im Experiment **B28** wird eine Sende-Empfangsanlage zur Sprachübertragung vorgestellt. Die Schallwellen werden vom Mikrofon aufgenommen, umgewandelt und als moduliertes Licht von der LED des Sendermoduls abgestrahlt.

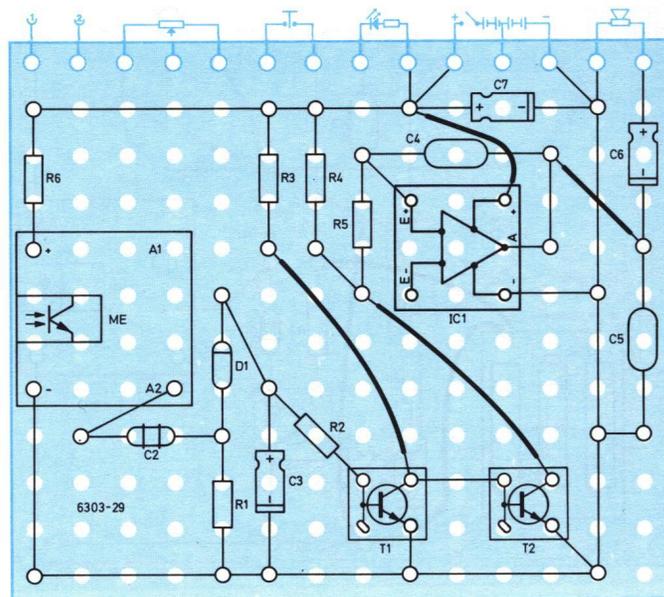
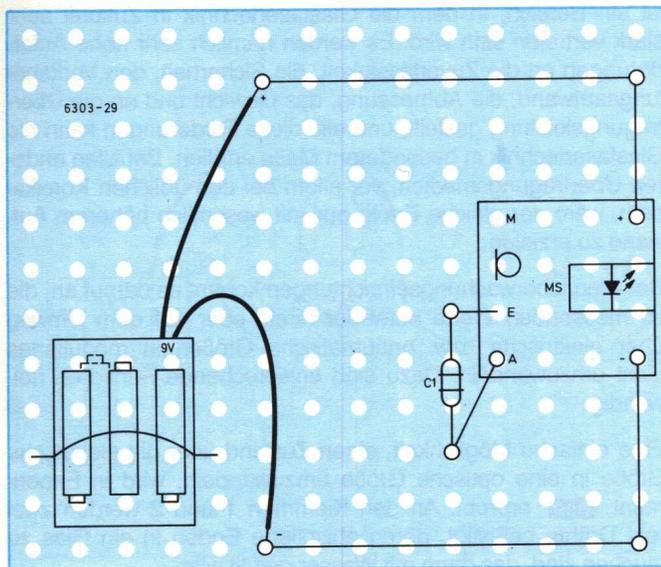
Das Sendermodul ist so geschaltet, daß sich mit R<sub>2</sub> die Empfindlichkeit des Mikrofons regeln läßt. Je empfindlicher das Mikrofon, desto heftiger flackert das Licht der Sendediode beim Besprechen. Man sagt, daß der Modulationsgrad umso höher ist, je stärker das niederfrequente Signal das Licht verändert.

Wenn Lichtleiter die herkömmlichen Kupfer- und Koaxkabel ersetzen, müssen Kontrolleinrichtungen geschaffen werden, mit denen die Funktion der Glasfaserkabel überprüft werden können. Die Übertragungsqualität ist schlecht, wenn die Verbindungen zwischen zwei Kabeln nicht sorgfältig ausgeführt wurde. Wichtig ist natürlich auch eine Einrichtung, mit der eine Unterbrechung des Glasfaserkabels sofort festgestellt werden kann.

Die Schaltung nach Experiment **B29** bietet eine Möglichkeit, eine Unterbrechung mit einem akustischen Alarm anzuzeigen. Der Abstand zwischen den beiden Grundplatten sollte nicht zu groß sein, und die Sendediode muß genau auf den Fototransistor des Empfängers ausgerichtet werden. Wird nach dem Aufbau die Strecke zwischen Sender und Empfänger unterbrochen, ertönt aus dem Lautsprecher ein Signalton.

Das Empfängermodul nimmt das Wechsellicht auf und wandelt es in entsprechenden Wechselstrom um. Er wird am Anschluß A2 abgenommen und mit der Diode D<sub>1</sub> gleichgerichtet. C<sub>3</sub> glättet die Gleichspannung, die nun der Basis des Transistors T<sub>1</sub> zugeführt wird. T<sub>1</sub> schaltet durch und sperrt mit seiner jetzt niedrigen Spannung an seinem Kollektor den Transistor T<sub>2</sub>. Die dadurch hervorgerufene hohe Kollektorspannung an T<sub>2</sub> sperrt über R<sub>5</sub> das IC am Eingang E+.

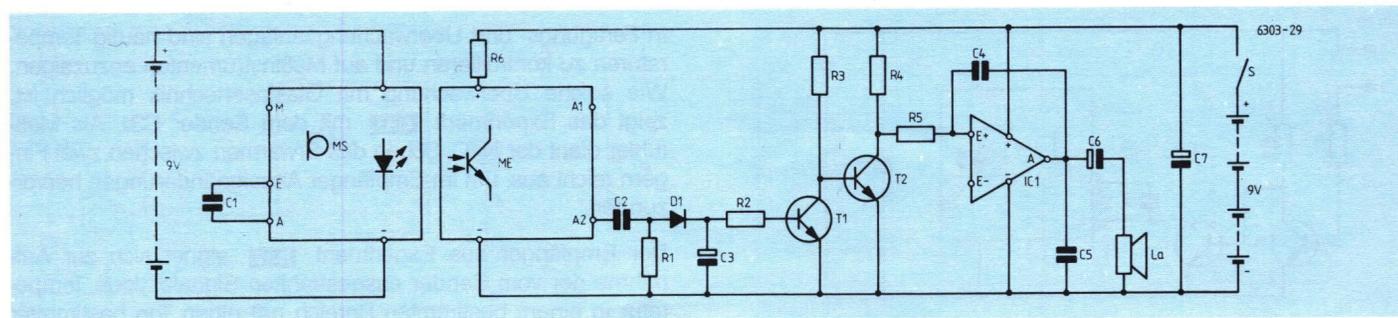
IC<sub>1</sub> arbeitet als astabiler Multivibrator, wobei C<sub>4</sub> die Rückkopplung zur Schwingungserzeugung bewirkt. Die Schwingungen setzen aber nur dann ein, wenn an E+ keine Spannung anliegt. Das ist der Fall, wenn der Lichtstrahl zwischen Sender und Empfänger unterbrochen wird. Dann erhält die Basis von T<sub>1</sub> keine Spannung, so daß er sperrt. T<sub>2</sub> schaltet nun durch, und über R<sub>5</sub> befindet sich an E+ des IC<sub>1</sub> nur eine sehr geringe Spannung. IC<sub>1</sub> schwingt, und der Lautsprecher strahlt einen Ton ab.

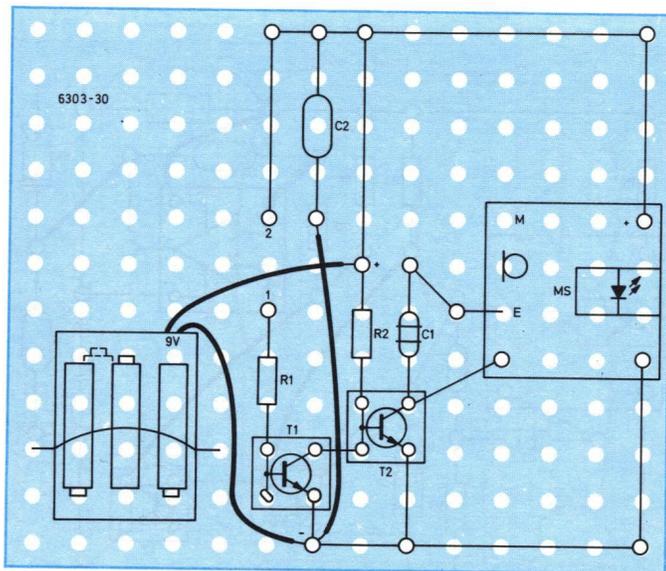


## 29

R1 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R2 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
R3 = Widerstand	47 kOhm	(gelb, violett, orange)
R4 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R5 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R6 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C3 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 $\mu$ F	
C4 = Folien-Kondensator	0,22 $\mu$ F	

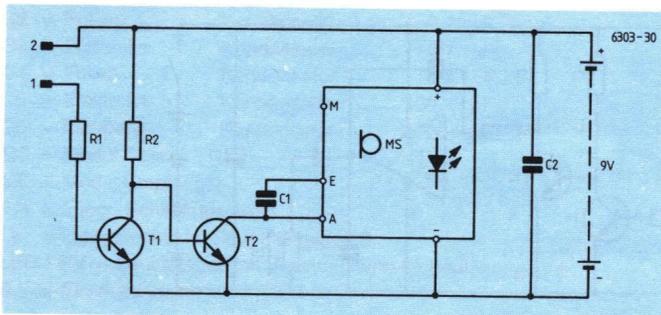
C5 = Folien-Kondensator	0,1 $\mu$ F
C6 = Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F
C7 = Elektrolyt-Kondensator	220 $\mu$ F
MS = Modul Sender	
ME = Modul Empfänger	
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß	
D1 = Diode	
T1 = Transistor, weiß	
T2 = Transistor, weiß	
La = Lautsprecher im Bedienungspult B	
S = Ein-Ausschalter	





## 30

- |                              |              |                          |
|------------------------------|--------------|--------------------------|
| R1 = Widerstand              | 100 kOhm     | (braun, schwarz, gelb)   |
| R2 = Widerstand              | 22 kOhm      | (rot, rot, orange)       |
| C1 = Keramischer-Kondensator | 10.000 pF    | (braun, schwarz, orange) |
| C2 = Folien-Kondensator      | 0,22 $\mu$ F |                          |
| MS = Modul Sender            |              |                          |
| T1 = Transistor, weiß        |              |                          |
| T2 = Transistor, weiß        |              |                          |



Das Gebiet der Automatisierungs- und Überwachungstechnik ist ein Bereich, in dem die Glasfasertechnik in Zukunft sehr stark vertreten sein wird. Es werden nämlich sehr hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit, die Sicherheit, den Verkabelungsaufwand, die Abmessung, das Gewicht und an die Übertragungsleistung gestellt, und alle diese Forderungen kann die Glasfasertechnik in besonderem Maße erfüllen. Bei allen anderen Übertragungsmedien, vor allem bei den üblichen Koaxkabeln, wäre der gleiche Erfolg nur mit wesentlich höherem Aufwand zu erzielen.

Bei allen Überwachungseinrichtungen kommt es darauf an, die zu messenden Werte entweder direkt oder auf dem Umweg über elektrische bzw. pneumatische Größen in moduliertes Licht umzuwandeln. Dazu sind entsprechende Sensoren notwendig.

Eine einfache Möglichkeit, einen Zustand über die elektrische Größe in eine optische Größe umzuwandeln, wird in Experiment **B30** erprobt. An den Klemmen 1 und 2 werden zwei rote Drähte befestigt, deren abisolierte Enden in ein Glas zu tauchen sind, das dann mit Wasser gefüllt wird.

Mit dem Empfänger B23 kann das von dem Sender ausgestrahlte Signal aufgenommen werden. Sowie das Wasser die Drähte berührt, ertönt aus dem Lautsprecher ein Alarmton.

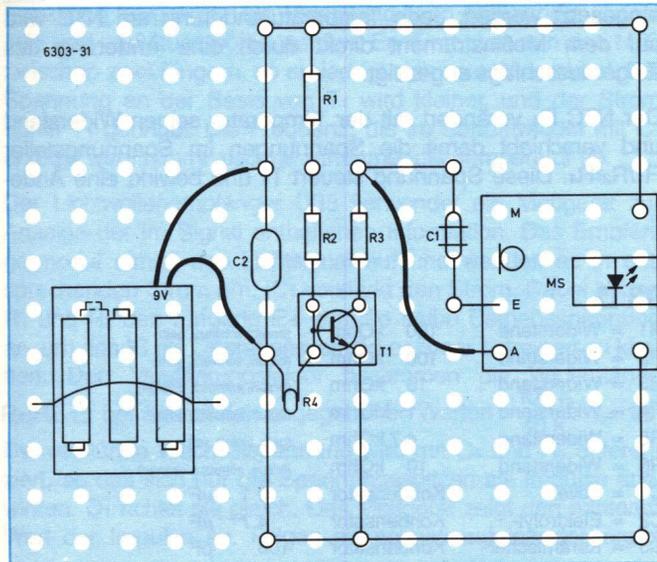
In diesem Experiment wird der Alarm ausgelöst, wenn die Fühler an den Anschlüssen 1 und 2 durch einen Stromleiter überbrückt werden. Feuchtigkeit reicht bereits aus, um genügend Strom zur Auslösung des Alarms fließen zu lassen.

Bei leitender Verbindung zwischen den Anschlüssen 1 und 2 fließt über R<sub>1</sub> Basisstrom durch T<sub>1</sub>. Er schaltet durch und sperrt T<sub>2</sub>. Der Anschluß A des Sendermoduls liegt nicht mehr an Minus und der Oszillator MS schwingt.

In Fertigungs- und Überwachungsanlagen sind häufig Temperaturen zu kontrollieren und auf Meßinstrumenten anzuzeigen. Wie solche Überwachung mit Glasfasertechnik möglich ist, zeigt das Experiment **C31** mit dem Sender C31. Als Meßfühler dient der NTC. Schon das Erwärmen zwischen zwei Fingern reicht aus, um im Empfänger Anzeigeänderungen hervorzurufen.

Der Empfänger aus Experiment **B32** eignet sich zur Aufnahme der vom Sender ausgestrahlten Signale. Jede Temperatur in einem bestimmten Bereich ruft einen Ton bestimmter

# Glasfaserüberwachung

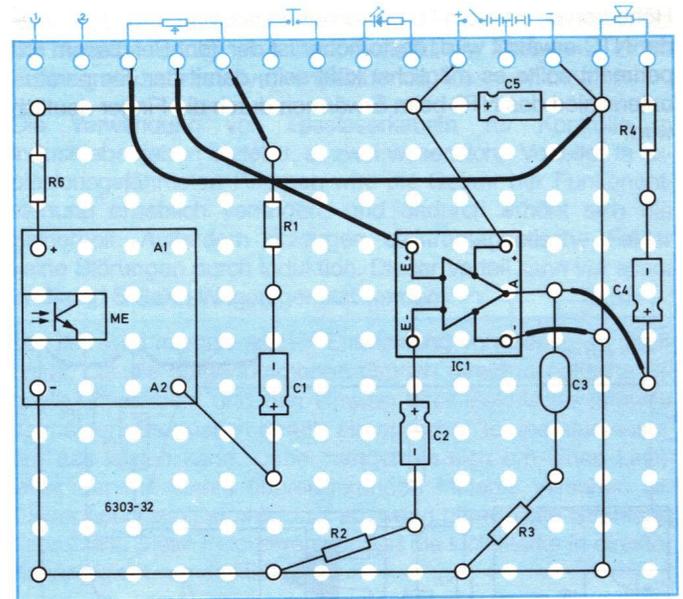


## 31 C

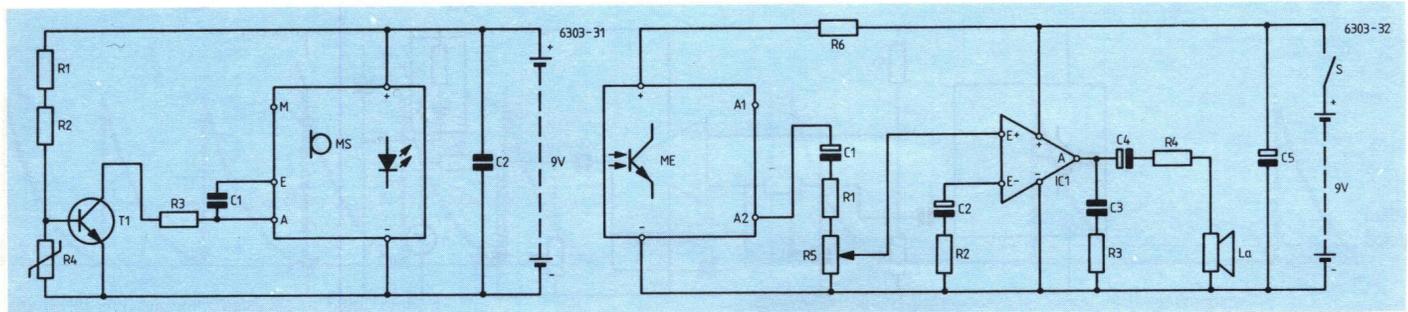
R1 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R2 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R3 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
R4 = NTC		
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Folien-Kondensator	0,22 $\mu$ F	
MS = Modul Sender		
T1 = Transistor, weiß		

## 32 B

R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	470 Ohm	(gelb, violett, braun)



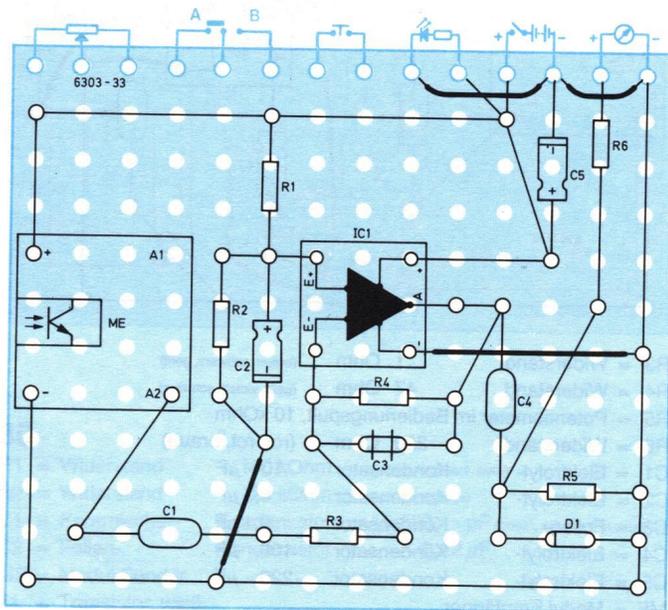
R3 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R4 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R5 = Potentiometer im Bedienungspult	10 kOhm	
R6 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Elektrolyt-Kondensator	10 $\mu$ F	
C2 = Elektrolyt-Kondensator	4,7 $\mu$ F	
C3 = Folien-Kondensator	0,1 $\mu$ F	
C4 = Elektrolyt-Kondensator	100 $\mu$ F	
C5 = Elektrolyt-Kondensator	220 $\mu$ F	
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
S = Ein-Ausschalter		



Höhe hervor, der vom Lautsprecher abgestrahlt wird. Je stärker der NTC erwärmt wird, desto höher ist der Ton. Bei diesem Experiment sollte es möglichst kühl sein, damit der Temperaturunterschied des NTC beim Erwärmen durch die Finger deutlich wird.

Als Empfänger kann auch die Schaltung nach Experiment **D33** eingesetzt werden. Jede Temperaturänderung am NTC wird auf dem Meßinstrument direkt durch eine Änderung des Zeigerausschlags angezeigt.

Der NTC  $R_4$  verändert mit der Temperatur seinen Widerstand und verschiebt damit die Spannungen im Spannungsteiler  $R_1/R_2/R_4$ . Diese Spannung steuert  $T_1$  und bewirkt eine Ände-



## 33 D

R1 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R2 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R3 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R4 = Widerstand	1 MOhm	(braun, schwarz, grün)
R5 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R6 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
C1 = Folien-	Kondensator	0,1 µF
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 µF
C3 = Keramischer-	Kondensator	100 pF
C4 = Folien-	Kondensator	0,047 µF
C5 = Elektrolyt-	Kondensator	220 µF

ME = Modul Empfänger

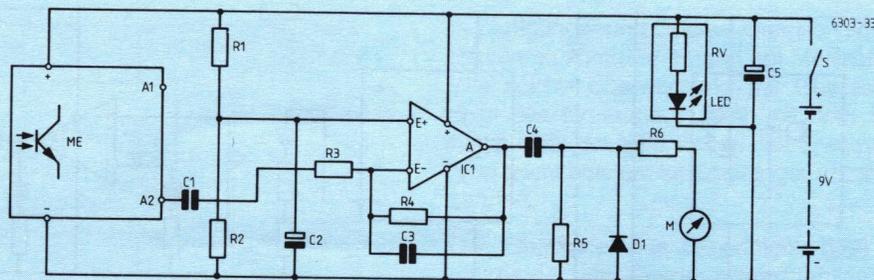
IC1 = FET - OP - Verstärker, gelb

D1 = Diode

M = Meßwerk im Bedienungspult D

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

S = Ein-Ausschalter



# Glasfaserüberwachung

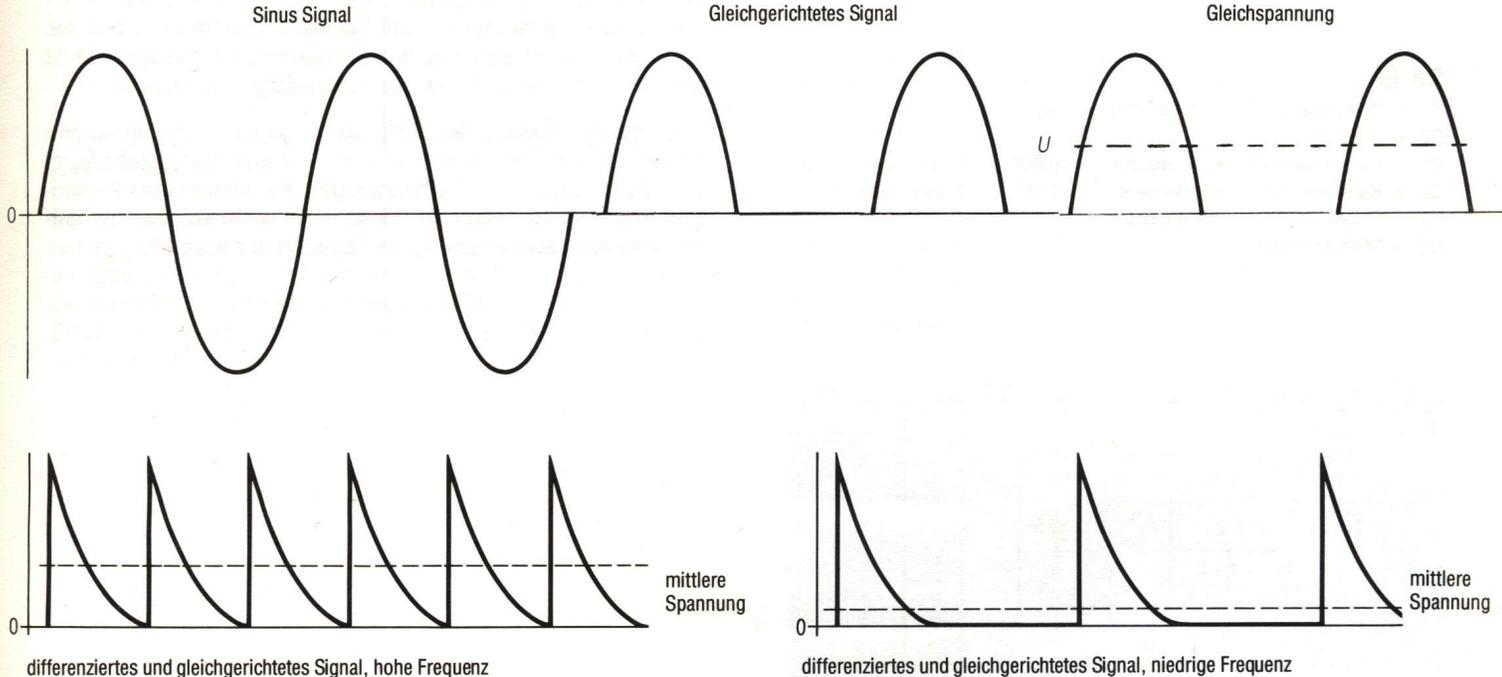
zung des Innenwiderstandes. Mit  $R_1$  wird der Arbeitspunkt der Schaltung festgelegt. Der Widerstand kann größer oder kleiner sein und muß ausprobiert werden. Erwärmt man nun den NTC zwischen zwei Fingern, so erniedrigt sich sein Widerstand. Die Spannung an der Basis von  $T_1$  wird kleiner, und der Strom durch  $T_1$  geringer. Die Frequenz, die im Sendermodul mit  $C_1$  erzeugt wird, nimmt also mit zunehmender Temperatur ab.

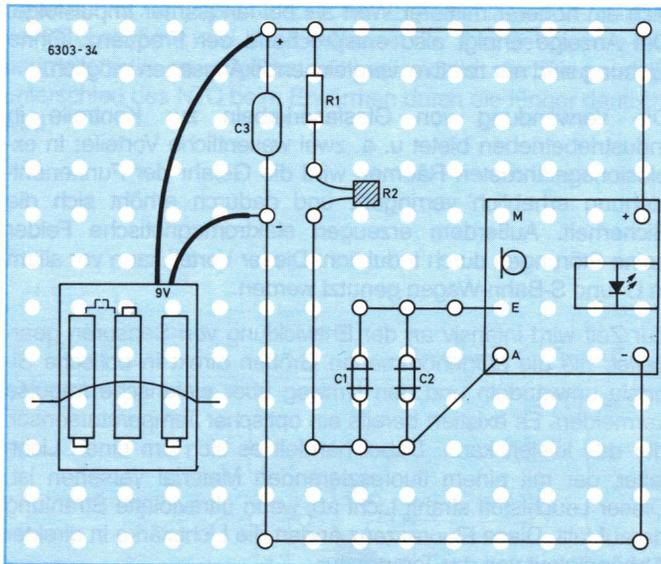
Der Lichtwellenempfänger D33 verwendet ein Meßgerät zur Anzeige der im Signal enthaltenen Information. Das Empfängermodul nimmt das Lichtsignal auf und wandelt es in entsprechenden Strom um.  $IC_1$  verstärkt den Strom. Dabei heben  $R_1$  und  $R_2$  den Eingang  $E+$  auf die halbe Betriebsspannung an, um das IC als Operationsverstärker linear betreiben zu können. Den Verstärkungsfaktor bestimmen die Widerstände  $R_3/R_4$ . Er beträgt mit den angegebenen Werten  $\frac{100\text{ K}}{10\text{ K}} = 10$ . Die verstärkte Wechselspannung wird mit  $C_4$  und  $R_5$  differenziert, so daß sich nur die Spannungsspitzen als Impulse auswirken.  $D_1$  richtet sie gleich. Das Meßgerät zeigt den mittleren Wert der Impulse an. Folgen sie schnell aufeinander, ergibt

sich ein höherer mittlerer Wert als bei langsamer Impulsfolge. Die Anzeige erfolgt also entsprechend der Frequenz. Ohne Eichung sind nur relative, vergleichende Aussagen möglich.

Die Verwendung von Glasfaserkabeln zur Kontrolle in Industriebetrieben bietet u. a. zwei wesentliche Vorteile: In explosionsgefährdeten Räumen wird die Gefahr der Funkenentstehung erheblich verringert, und dadurch erhöht sich die Sicherheit. Außerdem erzeugen elektromagnetische Felder keine Störungen durch Induktion. Dieser Vorteil kann vor allem in U- und S-Bahn-Wagen genutzt werden.

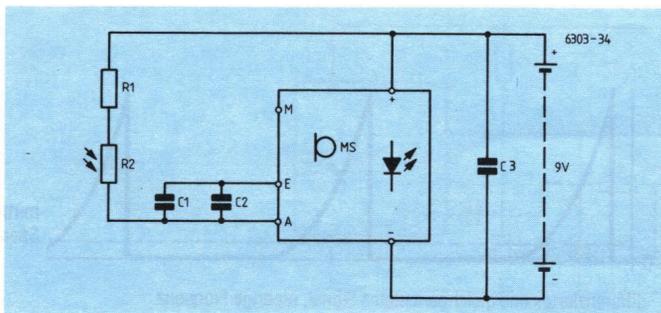
Zur Zeit wird intensiv an der Entwicklung von Sensoren gearbeitet, die die aufgenommenen Größen direkt in optische Signale umwandeln und den Umweg über elektrische Impulse vermeiden. Es existiert bereits ein optischer Temperatursensor, der das leisten kann. Dabei handelt es sich um einen Lichtleiter, der mit einem fluoreszierenden Material versehen ist. Dieser Leuchtstoff strahlt Licht ab, wenn ultraviolette Strahlung darauf fällt. Diese Fluoreszenz ändert die Lichtstärke in direkter Abhängigkeit von der Temperatur.





## 34 B

C1 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
C2 = LDR		
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Keramischer-Kondensator	1.000 pF	(braun, schwarz, rot)
C3 = Folien-Kondensator	0,22 $\mu$ F	
MS = Modul Sender		



Helligkeitsänderungen werden vom Sender nach Experiment **B34** aufgenommen und in optische Signale umgewandelt. Diese Signale können durch den Lichtleiter entweder mit dem Empfänger B32 in Töne unterschiedlicher Höhe umgewandelt werden, oder mit dem Empfänger D33 direkt als Zeigerausschlag auf dem Meßinstrument sichtbar gemacht.

Der von der Helligkeit abhängige Widerstandswert des LDR beeinflusst die Schwingungen, die vom Sendermodul mit C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub> erzeugt werden. Ist bei Dunkelheit der Widerstand des LDR hoch, ergibt sich eine hohe Frequenz. Bei Helligkeit leitet der LDR gut, und die Schwingungen erfolgen langsamer.

Das geringe Gewicht der Glasfaser gegenüber den herkömmlichen Kupferkabeln erschließt weitere Anwendungsgebiete, z. B. in Flugzeugen und Kraftfahrzeugen. Ein Meter eines 20 adrigen Kupferkabels wiegt ca. 1,5 kg, ein Glasfaserkabel mit entsprechender Leistungsfähigkeit dagegen nur etwa 100 g.

# Glasfaserüberwachung

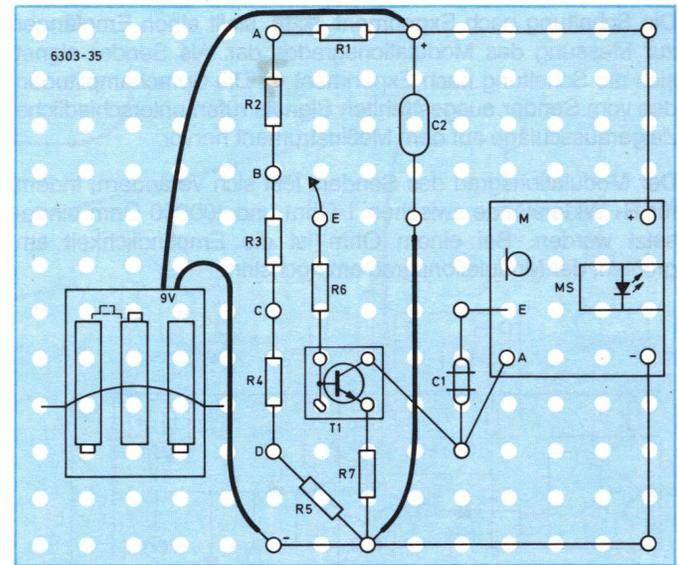
Auch Spannungen lassen sich in optische Signale umwandeln und durch den Lichtwellenleiter übertragen. Das ist mit der Schaltung nach Experiment **B35** möglich. Mit dem freien Draht, der zum Widerstand  $R_6$  führt, berührt man die Klemmen A bis D.

Mit dem Empfänger B32 erzielt man Töne, deren Höhe in umgekehrtem Verhältnis zur gemessenen Spannung steht: Je größer die Spannung, desto tiefer der Ton.

Wird der Empfänger D33 verwendet, so rufen die unterschiedlichen Spannungen auf dem Meßinstrument auch einen verschiedenen Ausschlag hervor.

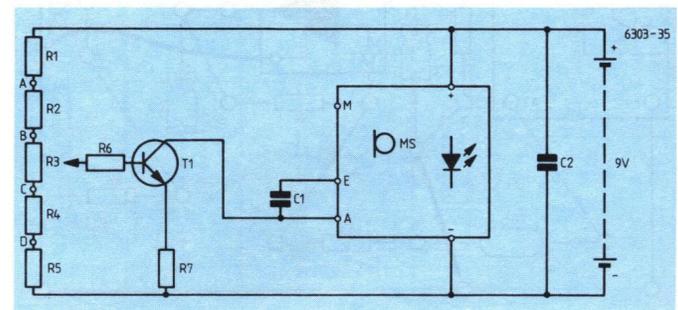
Der Spannungsteiler aus den Widerständen  $R_1$  bis  $R_5$  gestattet den Abgriff verschiedener Spannungen. Sie werden über den Vorwiderstand  $R_6$  an die Basis von  $T_1$  geführt und machen den Transistor mehr oder weniger leitend. Je nach der Höhe seines Innenwiderstandes schwingt das Sendermodul mit niedriger oder höherer Frequenz.

Bei der Übertragung von analogen Sprachsignalen kommt es natürlich auch auf die Qualität der wiedergegebenen Sprache an. Das bedeutet, das mit geeigneten Meßeinrichtungen u. a. die Modulation überprüft werden muß. Denn ein übersteuerter Empfänger erzeugt im Lautsprecher bekanntlich z. T. beträchtliche Verzerrungen.



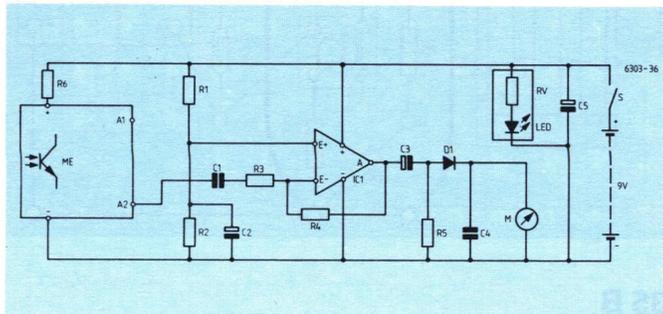
## 35 B

R1 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R2 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R3 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R4 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
R5 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R6 = Widerstand	220 kOhm	(rot, rot, gelb)
R7 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Folien-Kondensator	0,22 $\mu$ F	
MS = Modul Sender		
T1 = Transistor, weiß		



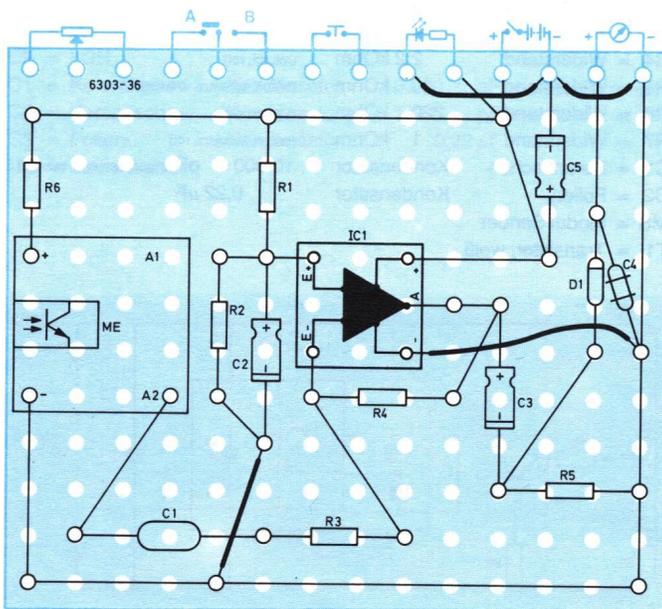
Die Schaltung nach Experiment **D36** stellt einen Empfänger zur Messung des Modulationsgrades dar. Als Sender eignet sich die Schaltung nach Experiment **D35**. Die Sprachamplituden des vom Sender ausgestrahlten Signals rufen unterschiedliche Zeigerausschläge auf dem Meßinstrument hervor.

Der Modulationsgrad des Senders läßt sich verändern, indem für R<sub>1</sub> Widerstände zwischen 1 Ohm und 100000 Ohm eingesetzt werden. Bei einem Ohm ist die Empfindlichkeit am größten, der Modulationsgrad am höchsten.



Eine Schaltung zur Kontrolle des Lichtleiters stellt das Experiment **D37** dar. Zu diesem Empfänger wird der Sender 3 benötigt, der zwischen E und A einen Kondensator mit 10 pF erhält. Sind der Sender und der Empfänger durch den Lichtleiter miteinander verbunden, bleibt der Lautsprecher stumm, wenn eine einwandfreie Verbindung besteht. Wird das Kabel am Sender oder am Empfänger herausgezogen, ist die Verbindung unterbrochen, und aus dem Lautsprecher ertönt ein Alarmsignal. Die Höhe dieses Tones kann mit dem Poti verändert werden.

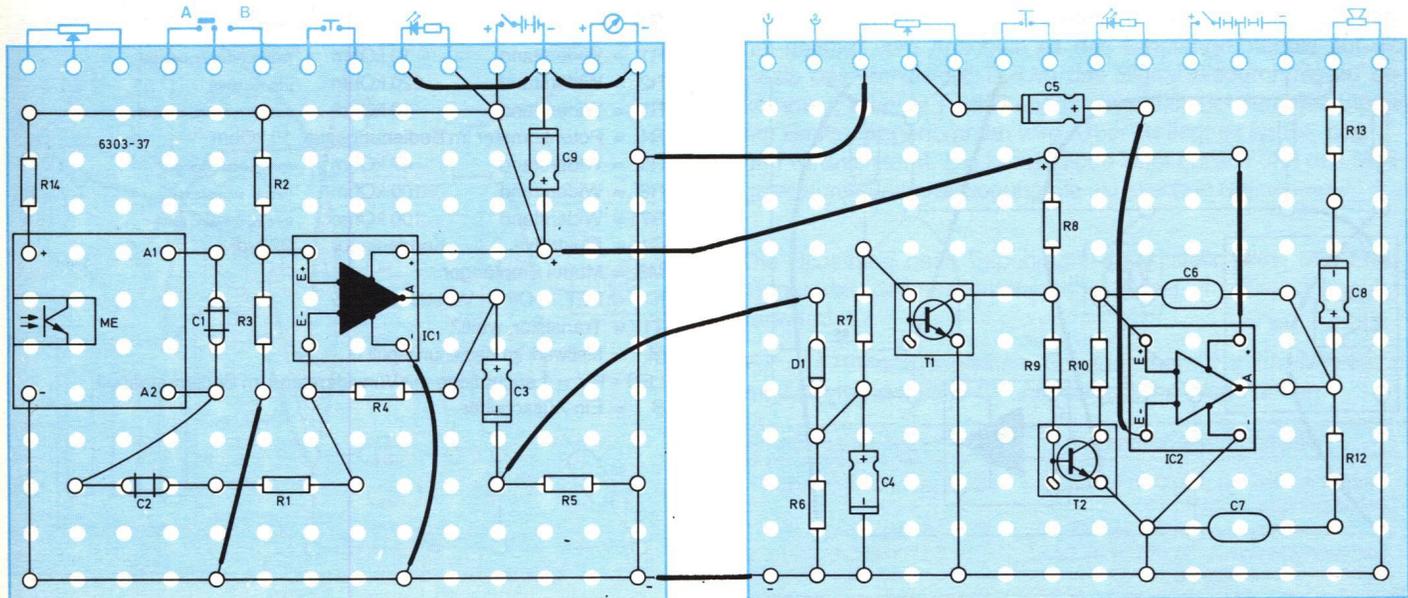
Die Alarmschaltung enthält mehrere Stufen: Das Empfängermodul wandelt das Lichtsignal in entsprechenden Wechselstrom um. Er wird vom Anschluß A2 in den Verstärker IC<sub>1</sub> geleitet. Das verstärkte Signal richtet D<sub>1</sub> gleich. Nach der Glättung durch C<sub>4</sub> steht eine Gleichspannung zur Verfügung, die T<sub>1</sub> durchsteuert. T<sub>2</sub> wird nun gesperrt, und der astabile Multivibrator IC<sub>2</sub> kann nicht schwingen. Fällt kein Licht auf das Empfängermodul, wird auch keine Spannung an C<sub>4</sub> erzeugt. T<sub>2</sub> wird dann von T<sub>1</sub> durchgeschaltet, und IC<sub>2</sub> beginnt zu schwingen. Der Lautsprecher strahlt einen Ton ab.



## 36 D

R1 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R2 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R3 = Widerstand	220 kOhm	(rot, rot, gelb)
R4 = Widerstand	1 MOhm	(braun, schwarz, grün)
R5 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R6 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Folien-	Kondensator	0,22 µF
C2 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 µF
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	10 µF
C4 = Keramischer-	Kondensator	10.000 pF (braun, schwarz, orange)
C5 = Elektrolyt-	Kondensator	220 µF
ME = Modul Empfänger		
IC1 = FET - OP - Verstärker, gelb		
D1 = Diode		
M = Meßwerk im Bedienungspult D		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
S = Ein-Ausschalter		

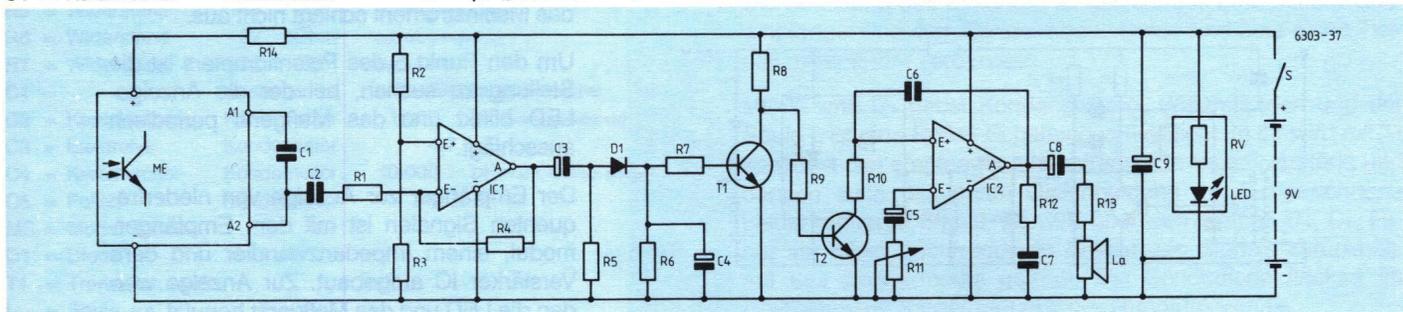
# Glasfaserüberwachung

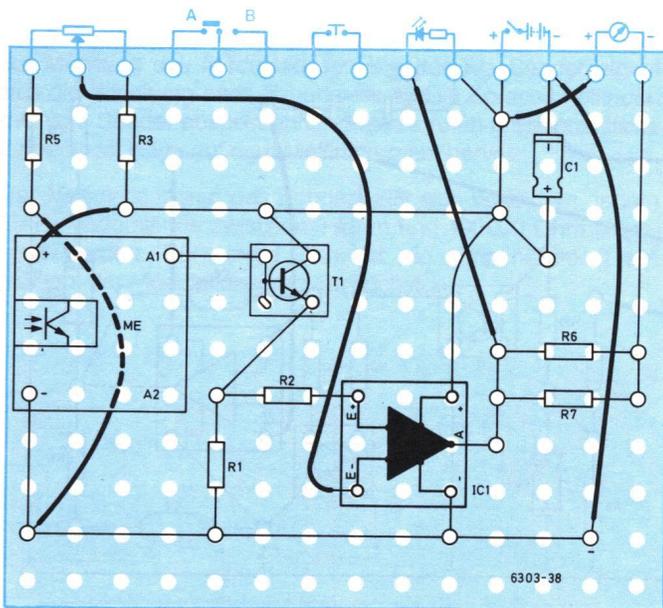


## 37 D

R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R2 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R3 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R4 = Widerstand	1 MOhm	(braun, schwarz, grün)
R5 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R6 = Widerstand	47 kOhm	(gelb, violett, orange)
R7 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R8 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R9 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
R10 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R11 = Potentiometer im Bedienungspult,	10 kOhm	
R12 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R13 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R14 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 = Keramischer-	Kondensator	47 pF (gelb, violett, schwarz)

C2 = Keramischer-	Kondensator	10.000 pF (braun, schwarz, orange)
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C4 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C5 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 $\mu$ F
C6 = Folien-	Kondensator	0,22 $\mu$ F
C7 = Folien-	Kondensator	0,1 $\mu$ F
C8 = Elektrolyt-	Kondensator	100 $\mu$ F
C9 = Elektrolyt-	Kondensator	220 $\mu$ F
ME = Modul Empfänger		
IC2 = Integr. Schaltkreis, weiß		
IC1 = FET - OP - Verstärker, gelb		
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
T2 = Transistor, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
S = Ein-Ausschalter		





## 38 D

R1 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)

R2 = Widerstand 220 kOhm (rot, rot, gelb)

R3 = Widerstand 10 kOhm (braun, schwarz, orange)

R4 = Potentiometer im Bedienungspult, 10 kOhm

R5 = Widerstand 47 kOhm (gelb, violett, orange)

R6 = Widerstand 100 kOhm (braun, schwarz, gelb)

R7 = Widerstand 100 kOhm (braun, schwarz, gelb)

C1 = Elektrolyt-Kondensator 220  $\mu$ F

ME = Modul Empfänger

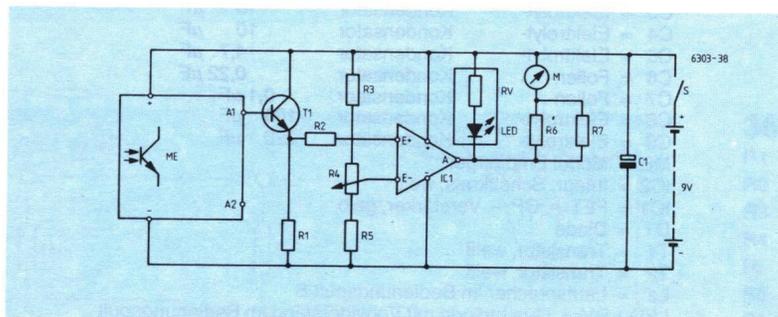
IC1 = FET - OP - Verstärker, gelb

T1 = Transistor, weiß

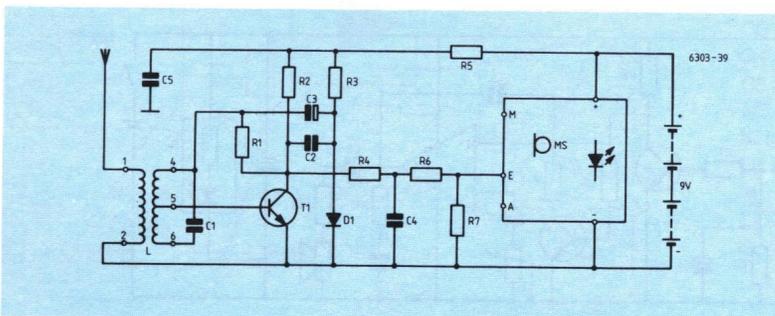
M = Meßwerk im Bedienungspult D

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult

S = Ein-Ausschalter

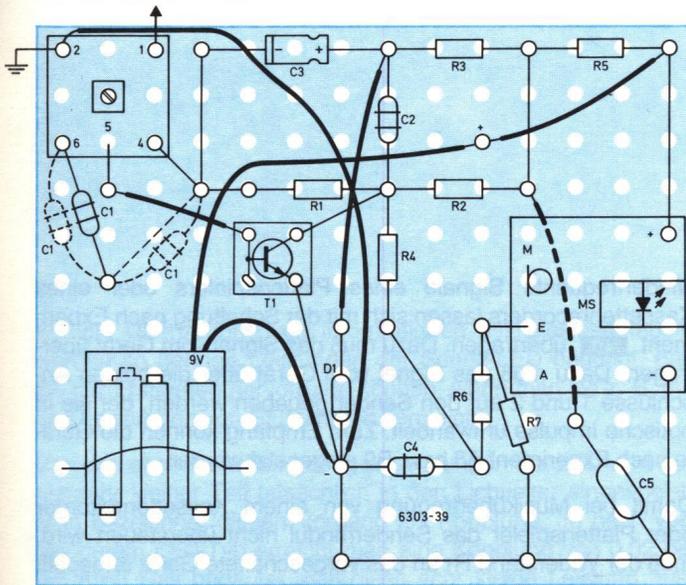


Mit dem Empfänger nach Experiment **D38** in Verbindung mit dem Sender B11 läßt sich ein veränderbares niederfrequentes Signal übertragen. Sind Sender und Empfänger durch den Lichtwellenleiter miteinander verbunden, kann mit dem Poti im Bedienungspult die Frequenz des Sendersignals verändert werden. Bei Stellung 0 bis 4 des Potis zeigt die Anzeige-LED im Bedienungspult Dauerlicht an, das Meßinstrument schlägt voll aus. Zwischen 6 und 10 am Potentiometerknopf bleibt die Anzeige-LED dunkel und das Meßinstrument schlägt nicht aus.



Um den Punkt 5 des Potentiometers ist die Stellung zu suchen, bei der die Anzeige-LED blinkt und das Meßgerät periodisch ausschlägt.

Der Empfänger zur Anzeige von niederfrequenten Signalen ist mit dem Empfängermodul, einem Impedanzwandler und dem Verstärker IC aufgebaut. Zur Anzeige werden die LED und das Meßgerät benutzt.



## 39 B

R1 = Widerstand	220 kOhm	(rot, rot, gelb)
R2 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R3 = Widerstand	470 kOhm	(gelb, violett, gelb)
R4 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R5 = Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
R6 = Widerstand	22 kOhm	(rot, rot, orange)
R7 = Widerstand	220 Ohm	(rot, rot, braun)
C1 =	Kondensator	siehe Empfangsbereiche
C2 = Keramischer-	Kondensator	1.000 pF (braun, schwarz, rot)
C3 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 µF
C4 = Keramischer-	Kondensator	10.000 pF (braun, schwarz, orange)
C5 = Folien-	Kondensator	0,22 µF
MS = Modul Sender		
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
L = Spule, rot		

Das in entsprechenden Wechselstrom umgewandelte Lichtsignal gelangt vom Anschluß A1 des Empfängermoduls auf die Basis des Transistors T<sub>1</sub>. Um das Signal niederfrequent zu bekommen, arbeitet T<sub>1</sub> als Impedanzwandler, bei dem das Signal am Emitter abgenommen wird. Über R<sub>2</sub> liegt es an E+ des IC<sub>1</sub> und wird verstärkt. Die Leuchtdiode zeigt optisch und das Meßgerät durch Zeigerbewegung die akustischen Signale an.

Die Schaltung nach Experiment **B39** stellt einen MW-Empfänger dar, der das empfangene Signal in optische Impulse umwandelt.

Für die unterschiedlichen Empfangsbereiche im MW-Band muß der Kondensator C<sub>1</sub> unterschiedliche Werte haben.

Empfangsbereich	Keramischer Kondensator
600 – 950 kHz	C1 = 100 pF (braun-schw.-braun und 47 pF (gelb-viol.-schw.) parallel
950 – 1.250 kHz	C1 = 47 pF (gelb-violett-schwarz)
1.200 – 1.550 kHz	C1 = 100 pF (braun-schw.-braun) und 47 pF (gelb-viol.-schw.) in Reihe

Wichtig für den Empfang sind eine gute Antenne und eine gute Erdung. Als Antenne sollte ein mehrere Meter langes Stück isoliertes Kabel verwendet werden. Zur Erdung genügt eine Verbindung zur Heizung oder zur Wasserleitung.

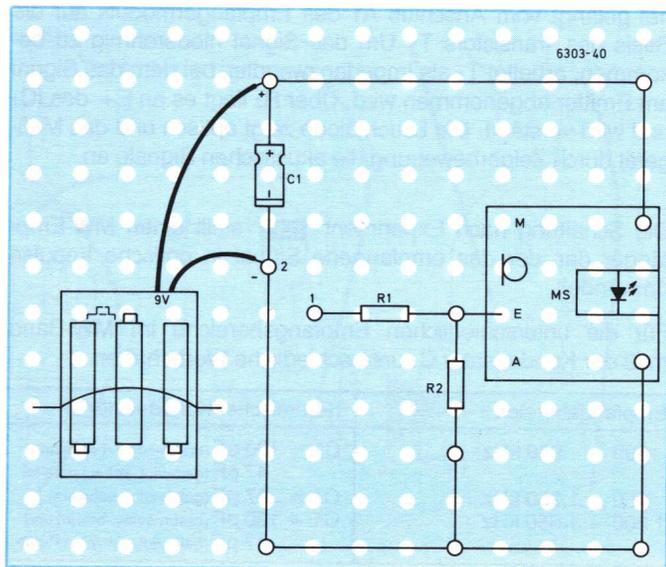
Durch Drehen des Abstimmkerns in der Spule stellt man dann den Sender genau ein.

Sollte der Empfang zu schwach sein, ist die Antenne mit dem Anschluß 6 der Spule zu verbinden.

Als Empfänger für die ausgestrahlten Lichtsignale eignet sich das Gerät nach Experiment B9.

Die Schaltung des Experiments besteht aus dem Mittelwellenempfänger und dem Sendermodul. Beide sind über einen Tiefpaß miteinander verbunden.

Mit T<sub>1</sub> und D<sub>1</sub> nebst Kondensatoren, Widerständen und der Spule L ist eine Reflex-Schaltung verwirklicht. In ihr wird mit T<sub>1</sub> zunächst das empfangene hochfrequente Signal verstärkt und danach auch das durch Gleichrichtung mit D<sub>1</sub> gewonnene niederfrequente Signal. Es wird über den Tiefpaß R<sub>4</sub>, C<sub>4</sub>, R<sub>6</sub>, der vor allem hochfrequente Anteile des Signals zurückhält, auf das Sendermodul geführt. Die Sendediode flackert im Rhythmus der Niederfrequenz des Rundfunksignals.



Niederfrequente Signale eines Plattenspielers oder eines Kassettenrecorders lassen sich mit der Schaltung nach Experiment **40** übertragen. Dazu muß das Signal vom Gerät übertragen werden. Dazu muß das Signal vom Gerät über die beiden Anschlüsse 1 und 2 auf den Sender gegeben werden, der sie in optische Impulse umwandelt. Zum Empfang können die Geräte nach Experiment A8 bzw. B9 eingesetzt werden.

Damit bei Musikübertragung von einem Kassettenrekorder oder Plattenspieler das Sendermodul nicht übersteuert wird, muß der Widerstand  $R_1$  an das vorgeschaltete Gerät angepaßt werden. Sein mittlerer Wert beträgt 100000 Ohm. Ist die Übertragung zu laut oder verzerrt, muß dieser Wert erhöht werden.

Die Übertragung ist möglich bei Plattenspielern mit einem Kristall-Tonabnehmer. Bei anderen Systemen muß eventuell ein Vorverstärker benutzt werden.

Die Übertragung von niederfrequenten Signalen durch Lichtleiter war das erste Anwendungsgebiet der neuen Glasfasertechnik. Ging es zunächst darum, ein Gespräch über möglichst große Entfernungen zu übertragen, so wurde dann probiert, viele Gespräche gleichzeitig durch einen einzigen Leiter zu übertragen. Inzwischen ist die Entwicklung so weit gegangen, daß über ein Glasfaserkabel bis zu 23.000 Gespräche zur gleichen Zeit „transportiert“ werden können. Das geht allerdings nur, wenn die Gespräche digitalisiert werden.

## 40

R1 = Widerstand

siehe Text

R2 = Widerstand

100 Ohm

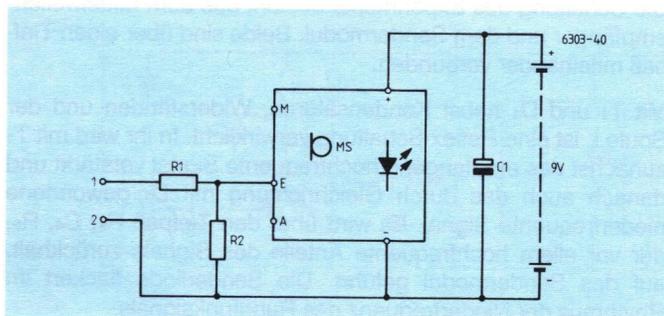
(braun, schwarz, braun)

C1 = Elektrolyt-

Kondensator

220  $\mu$ F

MS = Modul Sender



Für die Übertragung von Informationen mit Glasfaserkabeln werden so geringe Leistungen der Sende-LED benötigt, daß sie nur Erstaunen hervorrufen können, wenn man sie z. B. mit den Leistungen von Glühlampen vergleicht.

Von den ohnehin schon geringen Leistungen der LED wird nur ein sehr kleiner Teil tatsächlich in den Lichtleiter eingespeist. Man bezeichnet diesen Vorgang als Kopplung. Je nach verwendetem LED-Typ erreicht man eine Kopplung von 0,02 bis 0,5 mW! Das bedeutet, daß diese sehr kleine Leistung ausreicht, Nachrichten über mehrere km zu übertragen. Die Kopplungsleistung von 500000 Sende-LED entspricht der Leistung von nur einer 60 Watt Glühlampe! Diese geringe Leistung durchläuft den Lichtwellenleiter natürlich nicht ohne Verluste. Die Dämpfung, wie man den Verlust nennt, hängt von verschiedenen Faktoren ab, u. a. von der Wellenlänge des ausgestrahlten Lichts und der Qualität des eingesetzten Lichtleiters.

Die Dämpfung wird in dB angegeben. Eine Dämpfung von 1 dB bedeutet, daß am Ende des Lichtleiters noch etwa 80% der eingegebenen Lichtleistung ankommen, bei 3 dB sind es 50%, und bei 10 dB nur noch etwa 10%.

Erhebliche Aufmerksamkeit muß man der Kopplung der LED an den Lichtleiter widmen. Dabei ist es von sehr großer Bedeutung, daß die Stirnfläche des Leiters, in die das Licht eingegeben wird, völlig eben ist. Außerdem muß die Austrittsfläche der LED den gleichen Durchmesser besitzen wie der Kern des Lichtleiters. Da der Kern nur einen Durchmesser von  $50 \mu$  besitzt, eignen sich LED, die für Anzeigezwecke gedacht sind und einen großen Abstrahlwinkel besitzen, nicht so gut für diesen Anwendungsbereich. Für Lichtleiteranwendungen sind solche mit einem kleinen Abstrahlwinkel besser geeignet. Verluste treten natürlich auch bei der Verbindung von Glasfaserkabeln auf. Man hat verschiedene Möglichkeiten: Die Kabel lassen sich mit Steckverbindungen oder durch Kleben bzw. Schweißen miteinander verbinden. Bei jedem dieser Verfahren muß äußerst sorgfältig gearbeitet werden, um die Dämpfung so gering wie möglich zu halten.

Zwei unterschiedliche Signale können gleichzeitig übertragen werden mit dem Sender nach Experiment **D41** und dem Empfänger nach Experiment **D42**. Spricht man nach dem Aufbau der Geräte in das Mikrofon des Senders, dann gibt der Lautsprecher des Empfängers die Sprache wieder. Die Empfänger-LED leuchtet nicht. Wird dann noch zusätzlich der Taster gedrückt, leuchtet die LED. Beide Signale können gleichzeitig übertragen werden, ohne daß sie sich gegenseitig beeinflussen.

In diesem Experiment D41 flackert die Sende-LED im Rhythmus der Sprache, also etwa in einem Bereich von 100 bis 3000 Hz. Der Oszillator mit dem Transistor  $T_1$  und dem Transformator  $Tr$  schwingt mit einer Frequenz von ca. 20 kHz. Mit dem Tastschalter wird der Tongenerator eingeschaltet. Die Sende-LED strahlt beide Signale zusammen ab.

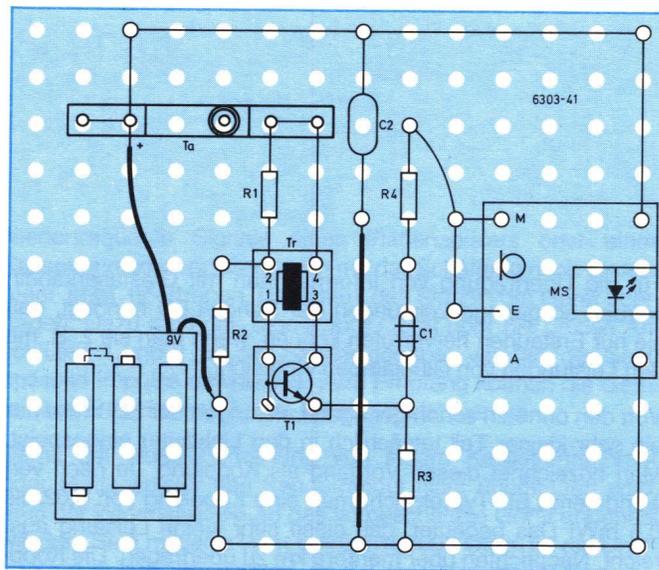
Die Schaltung des Zwei-Kanal-Empfängers D42 enthält mehrere Stufen:

Das Empfängermodul ME wandelt das Licht in entsprechende Wechselstromsignale um, die am Anschluß A2 anliegen.

Die Trennung der beiden Kanäle erfolgt durch  $C_1$  und  $C_2$ . Aus diesem Grund kann die niederfrequente Sprachfrequenz nur über den relativ großen Kondensator  $C_1$  auf den Spannungsteiler  $R_1/R_2$  gelangen. Da aber hier außerdem noch die hohe Frequenz anliegt, muß sie über  $C_3$  gegen Masse abgeleitet werden.  $R_1/R_3$  stellen also einen Tiefpaß dar. Die Verstärkung des niederfrequenten Sprachsignals erfolgt über  $IC_1$  und wird über  $C_6$  dem Lautsprecher zugeführt.

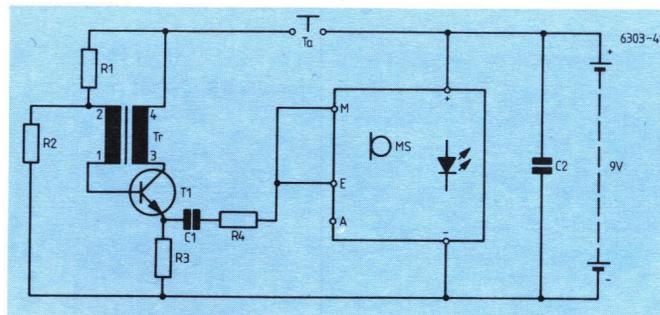
Über  $C_2$  können nur die hochfrequenten Schwingungen auf den Eingang E- des  $IC_2$  gelangen. Sein Arbeitspunkt wird durch den Spannungsteiler  $R_6/R_7$  bestimmt. Der Verstärkungsfaktor wird durch  $R_5$  und  $R_8$  bestimmt. Das verstärkte Signal am Ausgang A gelangt über  $C_8$  zur Diode  $D_1$  und wird gleichgerichtet. Der Transistor  $T_1$  leitet und die Anzeige-LED leuchtet.

So wie diese beiden Signale problemlos übertragen werden, läßt sich das natürlich auf noch mehr und sehr unterschiedliche Signale ausdehnen. Das bekannteste Beispiel dafür ist das Kabelfernsehen. Durch ein einziges Kabel gelangen zu den Teilnehmern gleichzeitig mehrere Fernseh- und außerdem auch noch verschiedene Rundfunkprogramme. Doch auch damit ist die Leistungsfähigkeit eines Glasfaserkabels noch nicht ausgeschöpft: Videotext und Bildschirmtext (Btx), Bildfernsprechen und Videokonferenzen, Fernschreiben und Computerdaten, das alles kann gleichzeitig durch ein einziges Glasfaserkabel übertragen werden ohne gegenseitige Beeinflussung.

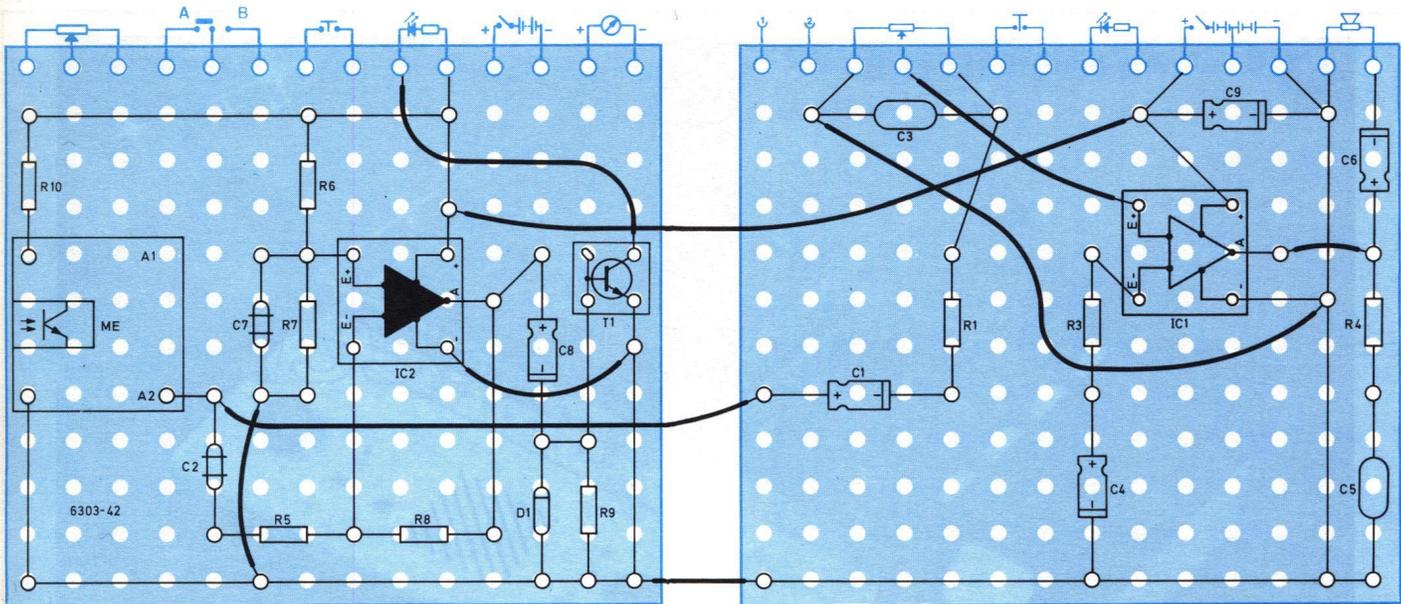


## 41 D

R1 = Widerstand	4,7 kOhm	(gelb, violett, rot)
R2 = Widerstand	1 kOhm	(braun, schwarz, rot)
R3 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, orange)
R4 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
C1 = Keramischer-Kondensator	10.000 pF	(braun, schwarz, orange)
C2 = Folien-Kondensator	0,22 $\mu$ F	
MS = Modul Sender		
T1 = Transistor, weiß		
Ta = Taster		
Tr = Trafo, grün		



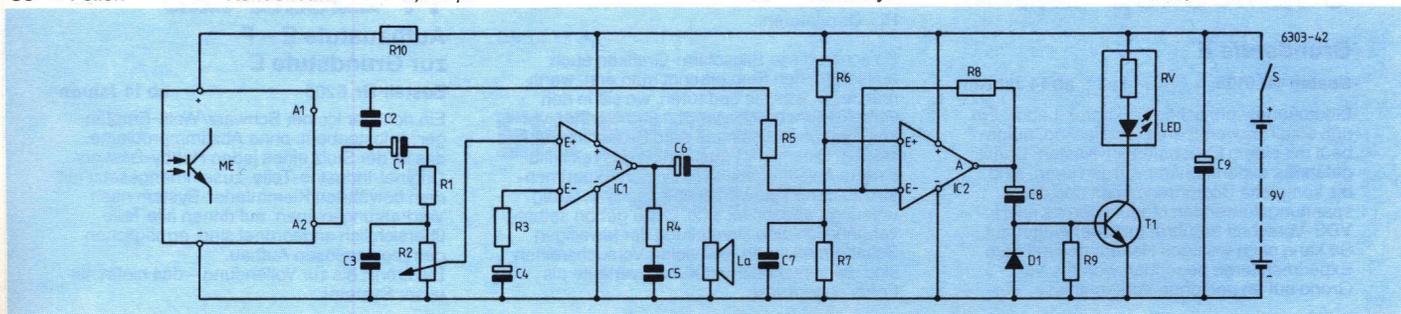
# Zwei-Kanal-Übertragung

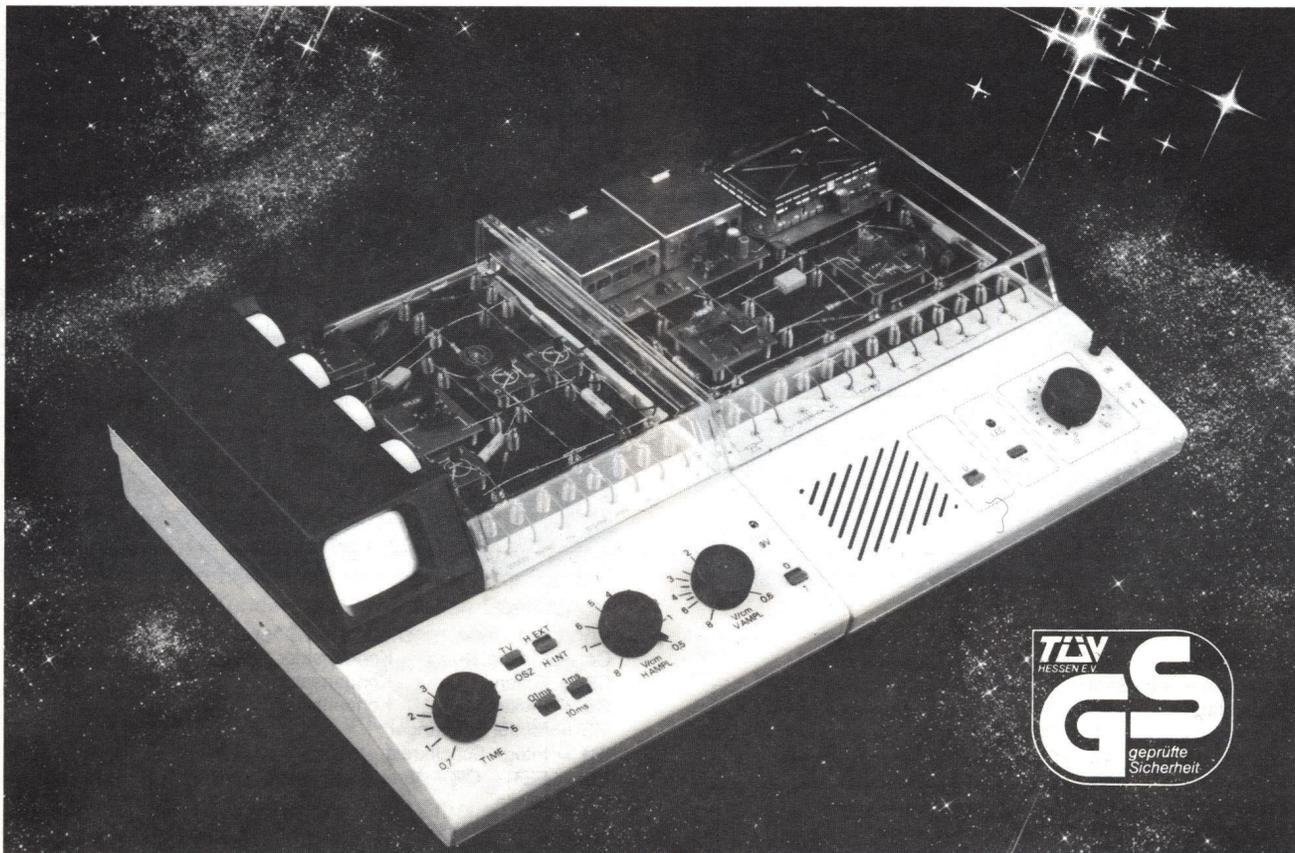


## 42 D

R1 = Widerstand	10 kOhm	(braun, schwarz, rot)
R2 = Potentiometer im Bedienungspult,	10 kOhm	
R3 = Widerstand	47 Ohm	(gelb, violett, schwarz)
R4 = Widerstand	1 Ohm	(braun, schwarz, gold)
R5 = Widerstand	47 kOhm	(gelb, violett, orange)
R6 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R7 = Widerstand	100 kOhm	(braun, schwarz, gelb)
R8 = Widerstand	10 MOhm	(braun, schwarz, blau)
R9 = Widerstand	2,2 kOhm	(rot, rot, rot)
R10 = Widerstand	100 Ohm	(braun, schwarz, braun)
C1 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C2 = Keramischer-	Kondensator	47 pF (gelb, violett, schwarz)
C3 = Folien-	Kondensator	0,047 $\mu$ F

C4 = Elektrolyt-	Kondensator	4,7 $\mu$ F
C5 = Folien-	Kondensator	0,1 $\mu$ F
C6 = Elektrolyt-	Kondensator	100 $\mu$ F
ME = Modul Empfänger		
IC1 = Integr. Schaltkreis, weiß		
IC2 = FET - OP - Verstärker, gelb		
D1 = Diode		
T1 = Transistor, weiß		
La = Lautsprecher im Bedienungspult B		
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult		
C7 = Keramischer-	Kondensator	10.000 pF (braun, schwarz, orange)
C8 = Elektrolyt-	Kondensator	10 $\mu$ F
C9 = Elektrolyt-	Kondensator	220 $\mu$ F





## Electronic Oszilloskop-Lab

### Grundstufe E

Bestell-Nr. 6105

ab 14 Jahren

Ein außergewöhnliches Elektronik-Labor: Ein universell verwendbares Oszilloskop, aufgebaut mit einem Experimentier-Kasten. Damit gefahrlos experimentiert werden kann, sind die komplette Bildröhreneinheit und die spannungsführenden Module bereits nach VDE-Vorschrift berührungssicher eingebaut. So kann nach wenigen Handgriffen mit dem Experimentieren begonnen werden. Von Grund auf an und ohne Vorkenntnisse, wer-

den elektrische Vorgänge auf dem weißleuchtenden Bildschirm sichtbar gemacht. Es erscheinen Sinus-Rechteck- und Sägezahnkurven erzeugt durch Generatoren, LC- und RC-Oszillatoren.

So schön diese Bildschirm-Grafiken auch aussehen, den Sinn erkennt man erst, wenn man weiß, was sie bedeuten, wo sie in den verschiedenen Schaltungen und Geräten vorkommen und wie sie auf dem Bildschirm entstehen. Dies erklärt ausführlich das reich illustrierte Anleitungsbuch mit vielen Experimenten, zu denen die Verdrahtungspläne, farbig unterlegt, abgebildet sind. Dazu gehört selbstverständlich eine Darstellung der jeweiligen Schalterstellungen. Bei vielen Versuchsreihen sind die verschiedenen Kurvenverläufe als Fotos abgedruckt.

## Electronic TV-Zusatz-Lab

### Aufbaustufe E – F zur Grundstufe E

Bestell-Nr. 6205

ab 14 Jahren

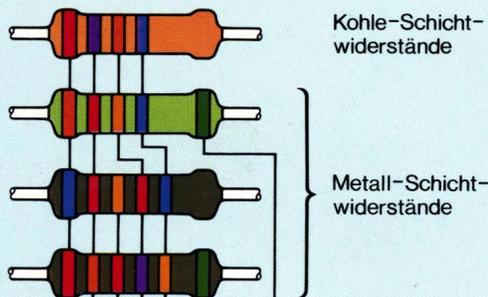
Ein richtiger kleiner Schwarz/Weiß-Empfänger, selbstgebaut, ohne Abstimmprobleme, das ist der Stolz eines jeden Hobby-Bastlers. Original-Industrie-Teile, zusammengesetzt mit dem bewährten Klemmfeder-System nach Verdrahtungsplänen, auf denen alle Teile übersichtlich angeordnet sind, ermöglichen den problemlosen Aufbau. Electronic bis zur Vollendung – das bietet nur unser System!

– *Wissen fürs Leben* –



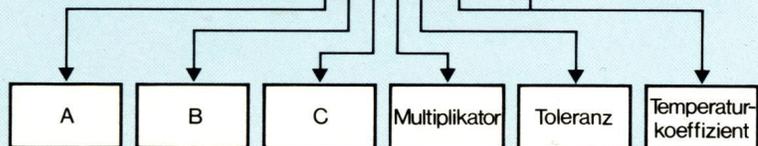
EXPERIMENTIER  
TECHNIK

## Widerstände



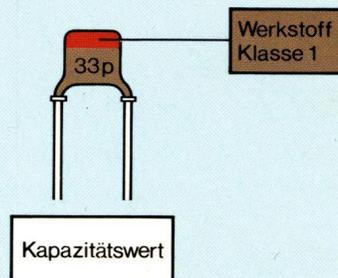
Kohle-Schicht-widerstände

Metall-Schicht-widerstände



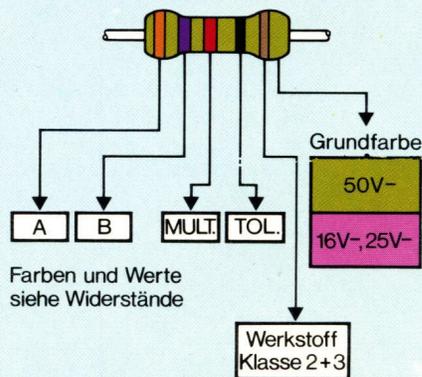
A	B	C	Multiplikator	Toleranz	Temperaturkoeffizient
			× 0,01 Ω × 0,01 pF	± 10%	
			× 0,1 Ω × 0,1 pF	± 5%	
	0	0	× 1 Ω × 1 pF	± 20%	± 250 · 10 <sup>-6</sup> /K
1	1	1	× 10 Ω × 10 pF	± 1%	± 100 · 10 <sup>-6</sup> /K
2	2	2	× 100 Ω × 100 pF	± 2%	± 50 · 10 <sup>-6</sup> /K
3	3	3	× 1 kΩ × 1 nF	± 20% für Widerstände ohne Toleranz- farbstreifen	± 15 · 10 <sup>-6</sup> /K
4	4	4	× 10 kΩ × 10 nF		± 25 · 10 <sup>-6</sup> /K
5	5	5	× 100 kΩ		± 20 · 10 <sup>-6</sup> /K
6	6	6	× 1 MΩ		± 10 · 10 <sup>-6</sup> /K
7	7	7	× 10 MΩ		± 5 · 10 <sup>-6</sup> /K
8	8	8	× 100 MΩ	± 30%	± 1 · 10 <sup>-6</sup> /K
9	9	9			

## Keramik- Scheibenkondensatoren



p33	0,33 pF
3p3	3,3 pF
33p	33 pF
n33	330 pF
3n3	3,3 nF
33n	33 nF
μ33	0,33 μF

## Axiale Keramik- kondensatoren



Farben und Werte  
siehe Widerstände