

# ELV *journal*

Nr. 20

Mit  
Platinenfolien

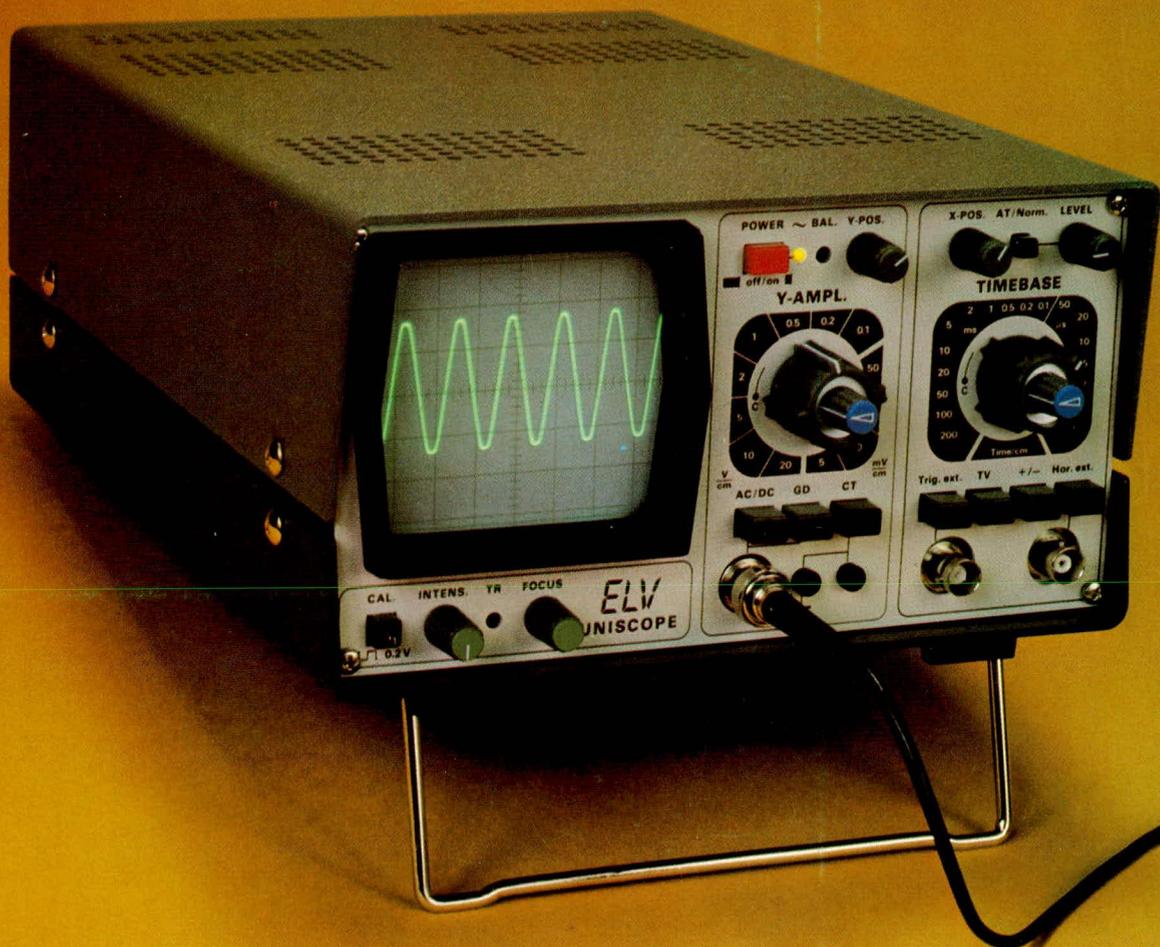
Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

## ELV-UNISCOPE

# ! 10 MHz ! ! 2 mV/cm !

### Oszilloskop von ELV-HAMEG



Mit  
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

**ELV-Wetterstation 2000**

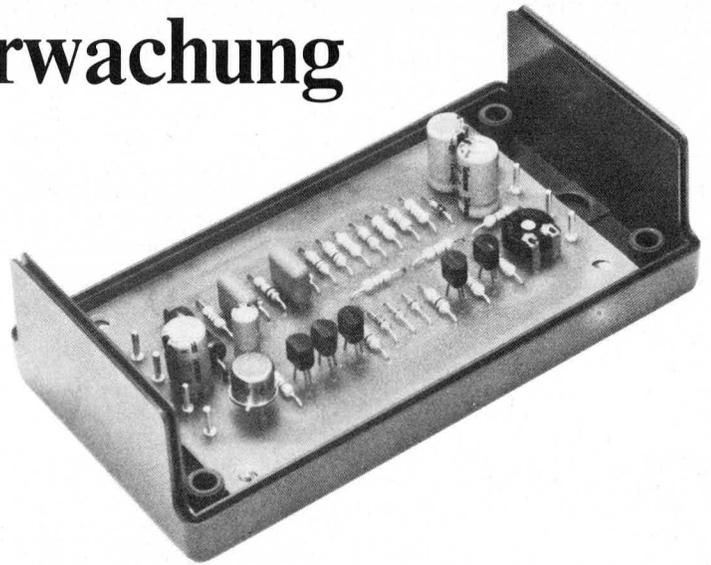
Elektronischer Betriebsstundenzähler

**ELV-UNISCOPE: (10-MHz-Oszilloskop ELV-HAMEG)**

Lötcolben-Abschaltautomatik

**ELV-Serie Modelleisenbahn-Elektronik: Elektronik-Fahrpult Kfz-Fahrlicht-Überwachung**

# Kfz-Fahrlicht-Überwachung einmal anders



Die allgemein bekannten Kfz-Lichtüberwachungen sind so konstruiert, daß bei ausgeschalteter Zündung und versehentlich eingeschaltetem Fahrlicht ein Warnsignal abgegeben wird, damit der Autofahrer vor Verlassen seines Fahrzeuges erinnert wird, das Licht auszuschalten.

Der Zusatz „einmal anders“ bedeutet in diesem Fall, daß ein Warnsignal abgegeben wird, wenn bei eingeschalteter Zündung und Dunkelheit vergessen wurde, das Fahrlicht einzuschalten.

## Allgemeines

Über einen Lichtsensor (LDR 07) wird die Helligkeit gemessen. Sobald ein gewisser einstellbarer Wert unterschritten wird, und außerdem weder Abblendlicht noch Fernlicht eingeschaltet wurden, gibt die Schaltung ein Warnsignal ab, sofern sich die Zündung in Betriebsstellung befindet.

## Zur Schaltung

Die Abfrage der Helligkeit geschieht über den LDR 07 (R 22), der sich an dem einen Eingang des mit T 1 und T 2 aufgebauten Differenzverstärkers befindet. In Reihe zu R 22 liegen der Widerstand R 4, sowie der Trimmer R 5, mit dessen Hilfe die Ansprechempfindlichkeit variiert werden kann.

Der zweite Eingang des Differenzverstärkers (Basis von T 2), liegt über R 10 und R 12 auf einer festen Spannung, die als Referenz-

spannung dient. R 6 und R 7 dienen dem Differenzverstärker als Mittelkopplung, wodurch eine hinreichend große Hysterese erreicht wird, um exaktes Schaltverhalten zu gewährleisten.

T 4 stellt im Zusammenhang mit den drei Dioden D 2–D 4 ein NOR-Gatter dar, dessen Ausgang (Kollektor von T 4) den Multivibrator (T 3 und T 5 mit Zusatzbeschaltung) startet und wieder stoppt.

Sobald in die Basis von T 4 ein Strom fließt, der entweder über R 11/D 2, R 13/D 3 oder R 14/D 4 in die Basis gelangt, schaltet T 4 durch und sperrt den nachfolgenden Multivibrator.

Der Multivibrator besteht aus den Transistoren T 3 und T 5, den Kondensatoren C 3 und C 4, sowie den Widerständen

R 16–R 19. Er schwingt auf einer Frequenz von ca. 1 kHz.

Am Kollektor des Transistors T 5 wird über R 20 das Signal ausgekoppelt, und auf die Basis des nachfolgenden Kleinleistungstransistors T 6 gegeben, in dessen Kollektorleitung sich der Arbeitswiderstand R 21 befindet. C 5 dient der hilfsweisen Annäherung des Ausgangssignals an eine Sinuskurve, während über C 6 das Ausgangssignal gleichspannungsfrei auf den Lautsprecher gegeben wird.

Nachfolgend wollen wir einen kompletten Funktionsablauf durchspielen:

Solange die Zündung ausgeschaltet ist, erhält die gesamte Schaltung keine Versorgungsspannung, und der Lautsprecher bleibt stumm.

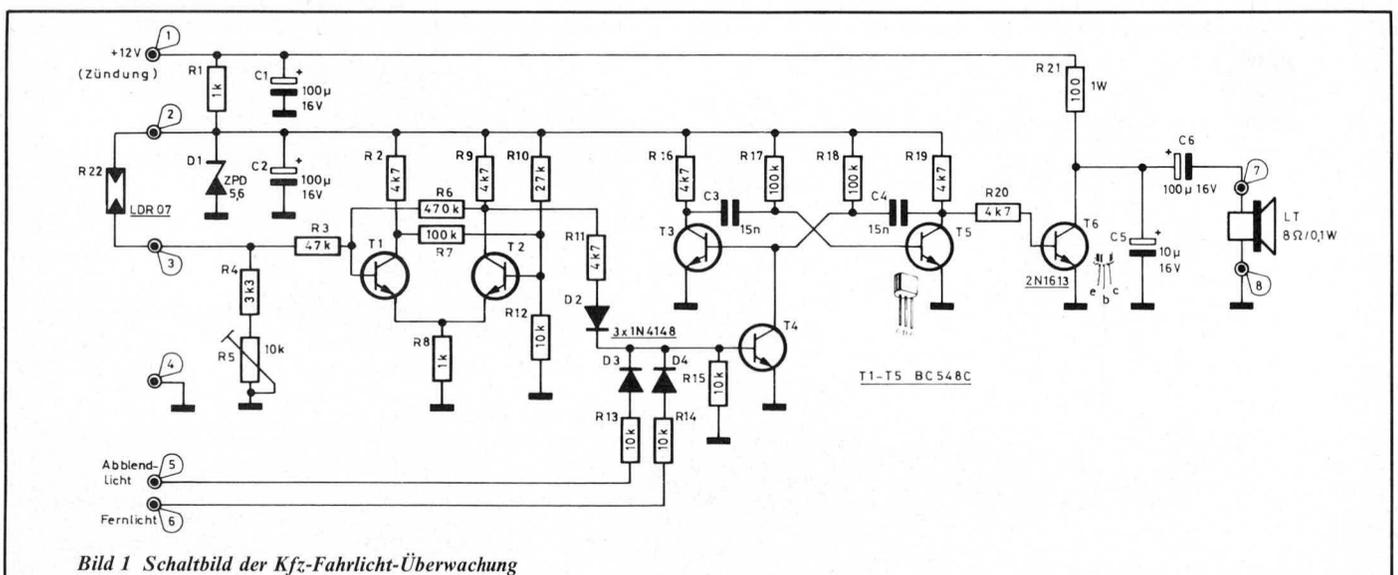


Bild 1 Schaltbild der Kfz-Fahrlicht-Überwachung

Bei eingeschalteter Zündung wird die Schaltung aktiviert und erhält über den Widerstand R 1 ihren Versorgungsstrom, mit dessen Hilfe sich an D 1 eine Spannung von ca. 5,6 V einstellt.

Fällt Licht auf den LDR 07 (R 22), ist dieser vergleichsweise niederohmig und die Basis von T 1 erhält ihren Ansteuerstrom über R 22 und R 3, wodurch T 1 durchsteuert und den Emitter von T 2 potentialmäßig etwas anhebt, so daß dieser Transistor sperrt. Am Kollektor von T 2 liegt somit hohes Potential an und es fließt ein Strom über R 9, R 11, D 2 in die Basis von T 4, wodurch dieser durchsteuert, und den Multivibrator sperrt. Der Lautsprecher bleibt stumm.

Sinkt die Beleuchtungsstärke, und der Innenwiderstand des LDR 07 steigt an, so

wird auch der Basisstrom in T 1 geringer. An der Schaltschwelle wird T 1 sperren, wodurch das Potential am Emitter von T 2 sinkt, und T 2 durchsteuert. Dadurch fällt auch die Spannung am Kollektor von T 2 ab, so daß kein Strom über R 11 und D 2 in die Basis von T 4 fließen und T 4 jetzt öffnen kann. Der Multivibrator beginnt sofort zu schwingen und gibt das verstärkte Signal auf den Lautsprecher. Das Warnsignal ertönt.

Eine weitere Voraussetzung für das Sperren von T 4 und das damit verbundene Anschwingen des Multivibrators ist, daß außerdem sowohl das Abblendlicht als auch das Fernlicht ausgeschaltet ist, damit kein Strom über R 13 bzw. R 14 in die Basis von T 4 fließen kann. Sobald entweder Abblend-

licht oder Fernlicht eingeschaltet werden, liegen die Punkte 5 oder 6 (oder auch beide) auf der positiven Versorgungsspannung, so daß ein Strom über R 13 bzw. R 14 in die Basis von T 4 fließen kann und diesen Transistor durchsteuern läßt. Das Warnsignal verstummt.

### Zum Nachbau

Damit der Nachbau besonders einfach durchgeführt werden kann, haben wir bewußt auf den Einsatz von empfindlichen Bauelementen verzichtet und uns bei der Konstruktion auf bewährte Standardbauelemente verlassen.

Zuerst werden die passiven Bauelemente, wie Lötstifte, Widerstände und Kondensatoren eingelötet, und danach erst die Dioden und Transistoren.

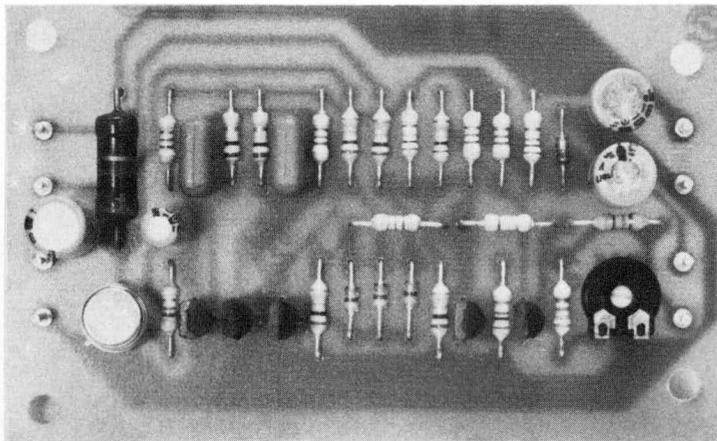
Nachdem der LDR und der Lautsprecher angeschlossen wurden, kann die Schaltung probeweise mit Spannung versorgt werden (Anschlußpunkt 1 und 4), wobei Anschlußpunkt 5 und 6 zunächst auf Masse (Punkt 4) gelegt werden.

Wird der LDR 07 starker Beleuchtung ausgesetzt, bleibt der Lautsprecher stumm. Verdunkelt man den LDR 07, so ertönt das Warnsignal. Mit R 5 kann die Ansprechschwelle des Helligkeitssensors eingestellt werden.

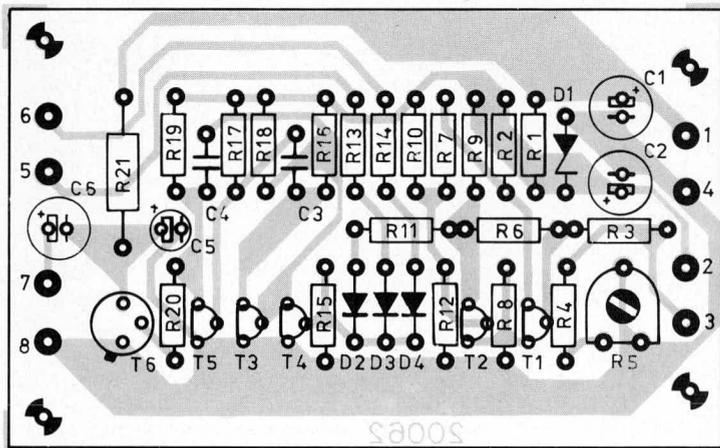
Jetzt löten wir den LDR 07 probeweise aus, was elektrisch einer absoluten Verdunkelung gleichkommt. Das Warnsignal müßte sofort ertönen.

Durch Anlegen des Anschlußpunktes 5 bzw. 6 an die positive Versorgungsspannung, muß das Warnsignal sofort verstummen, wodurch wir diesen Schaltungsteil ebenfalls überprüfen haben.

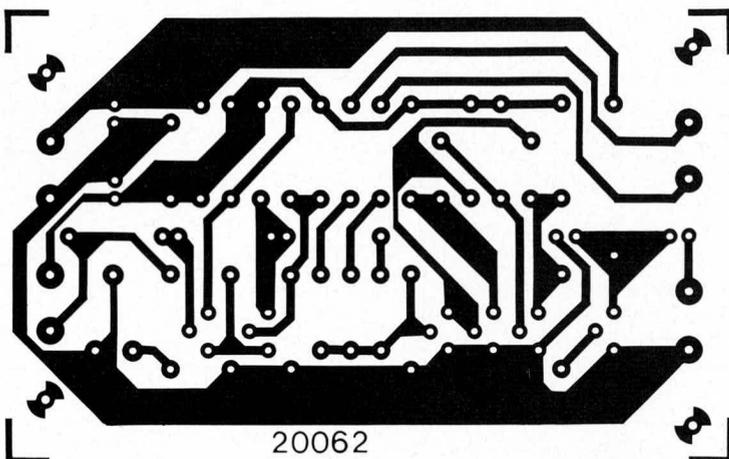
Dem Einbau ins Kfz steht nun nichts mehr im Wege.



Ansicht der bestückten Platine von oben



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

### Stückliste

#### Kfz-Fahrlicht-Überwachung Halbleiter

T1—T5	.....	BC 548 C
T6	.....	2N 1613
D1	.....	ZPD 5,6
D2—D4	.....	1N 4148

#### Kondensatoren

C1, C2, C6	.....	100 $\mu$ F/16 V
C3, C4	.....	15 nF
C5	.....	10 $\mu$ F/16 V

#### Widerstände

R1, R8	.....	1 k $\Omega$
R2, R9, R11, R16, R19, R20	.....	4,7 k $\Omega$
R3	.....	47 k $\Omega$
R4	.....	3,3 k $\Omega$
R5	.....	10 k $\Omega$ , Trimmer
R6	.....	470 k $\Omega$
R7, R17, R18	.....	100 k $\Omega$
R10	.....	27 k $\Omega$
R12—R15	.....	10 k $\Omega$
R21	.....	100 $\Omega$ , 1 Watt

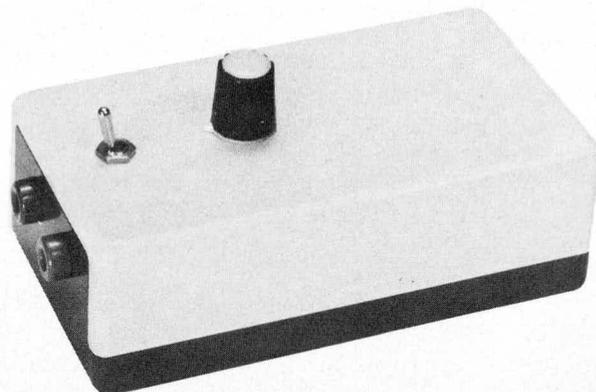
#### Sonstiges

1 Lautsprecher	.....	8 $\Omega$ , 0,2 Watt
8 Lötstifte		
1 Fotowiderstand	.....	LDR 07

# ELV-Serie

## Modell-Eisenbahn-Elektronik

### Einfaches Elektronik-Fahrpult



**Der Wunsch nach naturgetreuem langsamen Anfahren der Züge auf einer Modellbahnanlage kann nur sehr schwer mit einer kontinuierlichen Änderung der Gleichspannung erreicht werden.**

**Mit der hier vorgestellten Schaltung zeigen wir, daß es mit geringem Aufwand möglich ist, dieses Problem leicht in den Griff zu bekommen, wodurch die Züge jetzt „sauber“ und naturgetreu anfahren können.**

#### Allgemeines

Die Schaltung unseres Elektronik-Fahrpultes arbeitet nach dem Prinzip der Puls-Pausen-Steuerung, das sich für ein weitgehend naturgetreues Fahren der Modelleisenbahnen als gut geeignet erwiesen hat.

Der Grundgedanke beruht darauf, daß dem E-Motor des Modellbahnzuges keine sehr kleinen Spannungen angeboten werden, sondern immer die volle Spannungshöhe, dies jedoch mit Unterbrechung.

Für langsames Fahren heißt dies in der Praxis, daß dem Motor des Modellbahn-Zuges ein kurzer Spannungsimpuls mit einer nachfolgenden längeren Pause zur Verfügung gestellt wird. Auf die Pause folgt wieder ein kurzer Impuls, dann wieder eine Pause usw. Damit der Motor nicht anfängt zu rucken, wird das Ganze mit einer Frequenz von ca. 100 Hz betrieben, d. h. der Motor erhält in jeder Sekunde ca. 100 kurze Impulse mit entsprechend, im Verhältnis dazu stehenden, längeren Pausen.

Je schneller die Lok fahren soll, desto breiter werden die Spannungsimpulse und desto geringer werden die darauf folgenden Pausen. In Bild 1 sind die Impulsformen für langsame, mittlere und schnelle Fahrt aufgezeigt, wobei die gestrichelt eingezeichnete Linie den Effektivspannungswert darstellt, der einer sonst angelegten kontinuierlichen Gleichspannung entspricht.

Aufgrund der einfachen Schaltungskonzeption ist diese nur für Modellbahnen mit Gleichspannungsbetrieb einsetzbar.

#### Zur Schaltung

Das IC 1 ist als Multivibrator geschaltet. Es werden sehr schmale, für die Triggerung des IC 2 benötigte Impulse, mit einer Frequenz von ca. 100 Hz erzeugt.

Das über Pin 2 vom IC 1 getriggerte IC 2 stellt ein Monoflopp dar, dessen Ausgangssignal (Pin 3) über R 5/R 6 den Treibertransistor T 2 ansteuert, der wiederum den Leistungsdarlington Transistor T 1 schalten läßt.

Mit dem Poti P 1 kann nun die Impulslänge stufenlos variiert werden, wodurch sich ein naturgetreues Anfahren der Züge auf der Modellbahn-Anlage ergibt.

Für einfache Anwendungen können die Potis P 2 und P 3 ersatzlos entfallen, wobei P 1 direkt an die Platinenanschlußpunkte 4 und 5 angelötet wird. Parallel zu P 1 ist dann allerdings ein 100 k $\Omega$  Widerstand zu schalten (von Punkt 4 zu Punkt 5).

Der zusätzliche Einsatz von P 2 und P 3 bringt den Vorteil, daß die Schaltung jeder Lok individuell angepaßt werden kann, d. h., der minimale Anfahrimpuls (P 3), sowie die Höchstgeschwindigkeit (P 2), sind getrennt einstellbar, wodurch sich eine optimale Ausnutzung des gesamten Drehbereiches des Fahrpotis P 1 ergibt.

Die Dioden D 1 und D 2 üben reine Schutzfunktionen aus. Mit dem Schalter S 1 kann die Fahrspannung umgepolt werden, so wie außerdem das Fahrpult vom Schienennetz getrennt werden.

#### Zum Nachbau

Die gesamte Schaltung findet in einem kleinen formschönen Kunststoffgehäuse Platz, an dessen Stirnseiten jeweils die beiden Eingangs- und Ausgangsbuchsen angeordnet werden. Schalter und Fahrpoti können im Deckel montiert werden, während die beiden zusätzlichen Einstellpotis P 2 und P 3 entweder an der Seite oder auch im Deckel angeordnet werden können.

Beim Bestücken der Leiterplatte hält man sich genau an den Bestückungsplan. Zuerst werden die Lötstifte, dann die Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Transistoren und zum Schluß die beiden IC's eingelötet. Auf sorgfältige, saubere Lötungen ist besonders

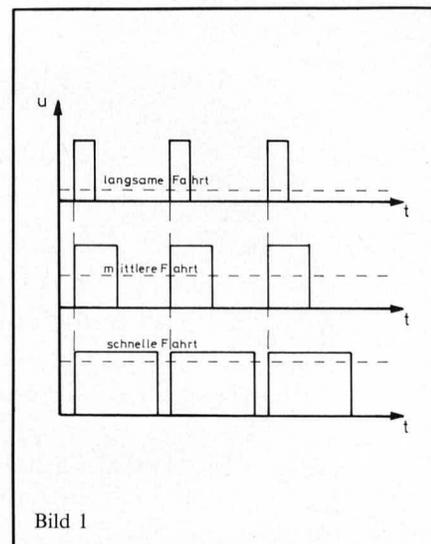
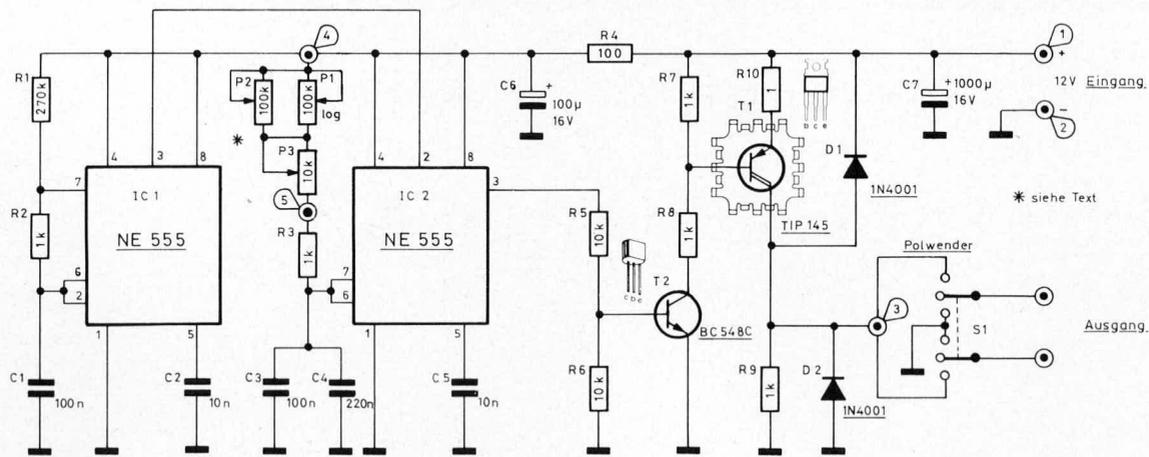
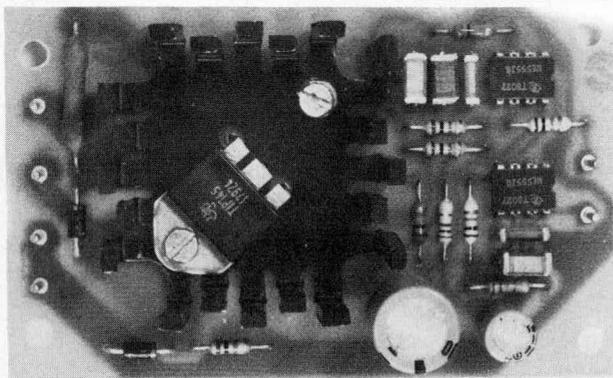


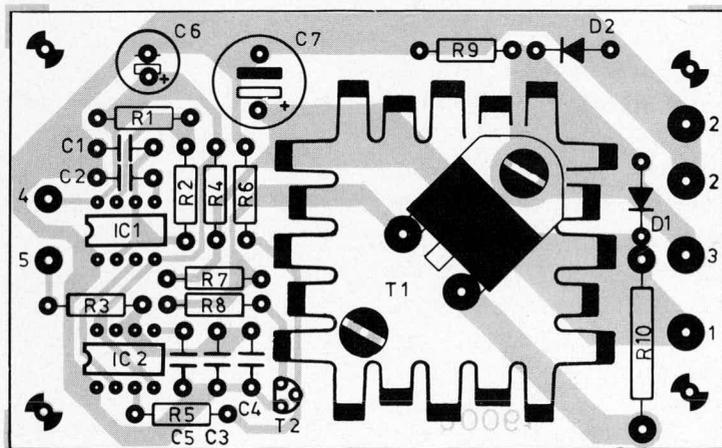
Bild 1



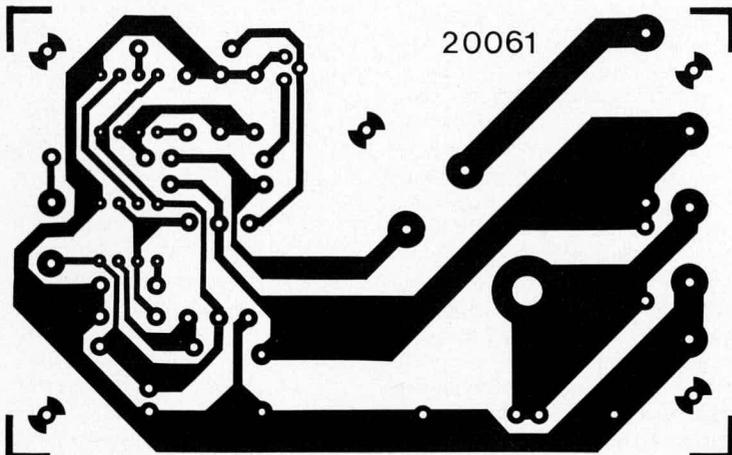
Schaltbild des Elektronik-Fahrpultes



Ansicht der fertig bestückten Platine



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

zu achten, so daß keine Zinnbrücken entstehen. Jetzt kann die Verdrahtung der Potis, des Schalters (Polwender), sowie der Eingangs- und Ausgangsbuchsen vorgenommen werden, um anschließend die Platine im Gehäuse zu fixieren.

Die Schaltung ist gegen kurzzeitige Überlastungen und Kurzschlüsse weitgehend geschützt, und liefert einen Dauerstrom von mindestens 2 A, bei ausreichender Kühlung des Endstufentransistors (Lüftungslöcher im Gehäuse) auch 3—4 A.

### Stückliste Modelleisenbahn Fahrpult

#### Halbleiter

- IC1, IC2 ..... NE 555
- T1 ..... TIP 145
- T2 ..... BC 548 C
- D1, D2 ..... 1N 4001

#### Kondensatoren

- C1, C3 ..... 100 nF
- C2, C5 ..... 10 nF
- C4 ..... 220 nF
- C6 ..... 100 µF/16 V
- C7 ..... 1000 µF/16 V

#### Widerstände

- R1 ..... 270 kΩ
- R2, R3, R7—R9 ..... 1 kΩ
- R4 ..... 100 Ω
- R5, R6 ..... 10 kΩ
- R10 ..... 1 Ω, 1 Watt
- P1, P2 ... Poti, 100kΩ, log, 6mm Achse
- P3 ... Poti, 10 kΩ, log, 6 mm Achse

#### Sonstiges

- S1 ..... Kippschalter, 2polig, mit Mittelstellung
- 1 Fingerkühlkörper
- 2 Schrauben M3 x 6 mm
- 2 Muttern M3
- 6 Lötstifte

# LötKolben-Abschaltautomatik



*Die in unserer Ausgabe ELV-Nr. 18 vorgestellte Elektronik-Lötstation mit digitaler Temperaturanzeige hat ein so großes dauerhaftes Interesse hervorgerufen, daß wir zu dem Thema „Löten“ an dieser Stelle einen weiteren Beitrag veröffentlichen möchten.*

*Bei der hier vorgestellten Schaltung handelt es sich um ein kleines Zusatzgerät, das zwischen Netz und LötKolben geschaltet, die Energiezufuhr des LötKolbens nach Ablauf einer bestimmten Zeit drosselt und automatisch ganz abschaltet, wenn der Arbeitsplatz verlassen, und das Licht gelöscht wird. Die Schaltung wendet sich damit an diejenigen unserer Leser, für die der Bau einer Elektronik-Lötstation zu aufwendig ist, die jedoch auf einen gewissen Komfort beim Löten nicht verzichten möchten.*

Mit der vorliegenden Schaltung schlägt man zwei Fliegen mit einer Klappe:

Zum einen wird eine langfristige Überhitzung des LötKolbens und der Lötspitze dadurch vermieden, daß nach Ablauf einer 1/2 Stunde die Energiezufuhr des LötKolbens auf die Hälfte reduziert wird. Durch Betätigen des Reset-Tasters wird die Energiezufuhr erneut für eine 1/2 Stunde mit voller Leistung vorgenommen.

Zum anderen sorgt eine Lichtüberwachungsschaltung dafür, daß bei Unterschreiten eines bestimmten Helligkeitspegels der LötKolben ganz abgeschaltet wird. Wir gehen dabei davon aus, daß das Licht beim Verlassen des Arbeitsplatzes gelöscht wird.

Die gesamte Schaltung findet in einem Steckergehäuse Platz, das auf der einen Seite einen angegossenen Schukostecker, und auf der anderen Seite die passende Steckdose besitzt.

## Zur Schaltung

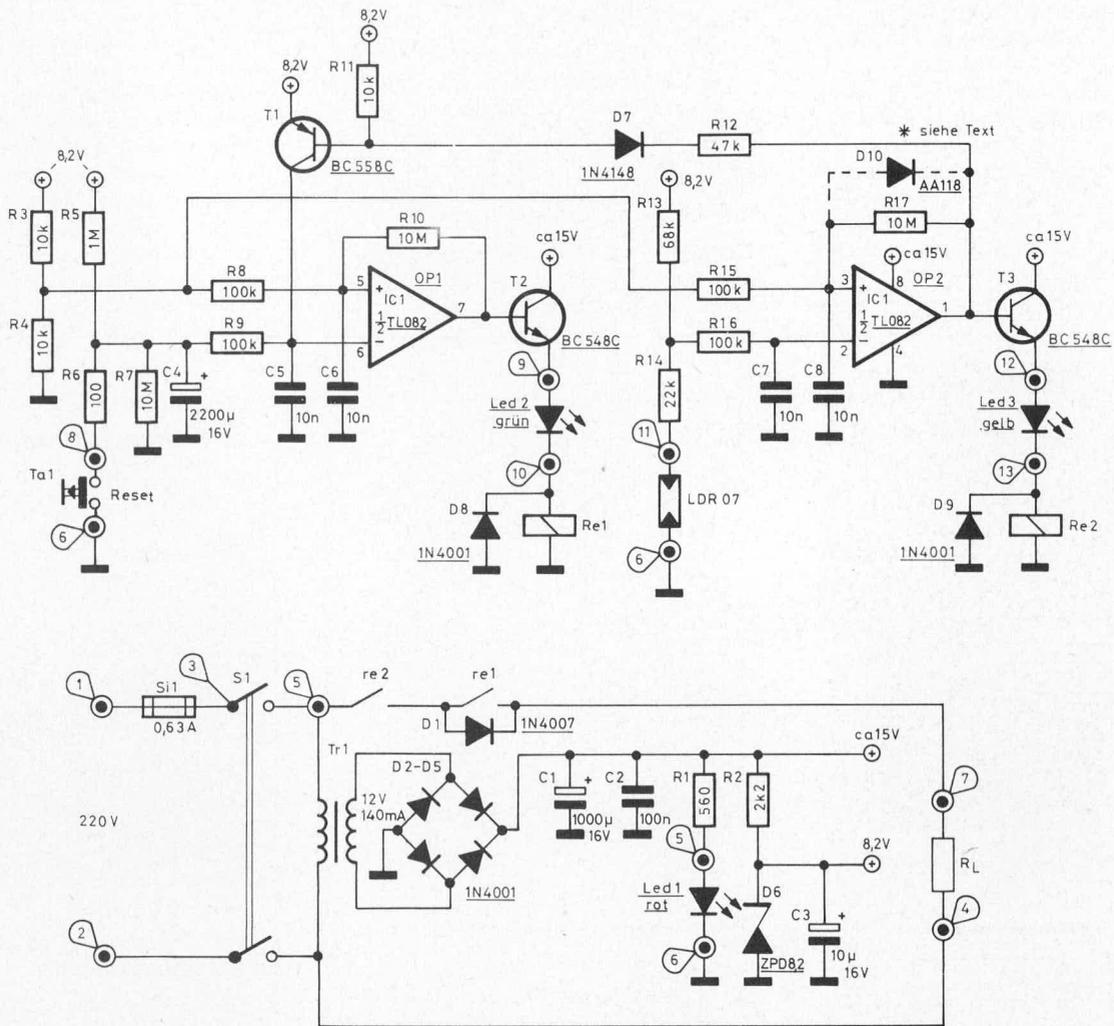
Eingeschaltet wird das Gerät über den Netzschalter S 1, wodurch der Trafo Tr 1 Spannung erhält, und die Schaltung über die Gleichrichterdiolen D 2-D 5 in Verbindung mit den Kondensatoren C 1 und C 2 mit Gleichspannung versorgt.

Für die weitere Schaltungsbeschreibung gehen wir einmal davon aus, daß am Arbeitsplatz eine ausreichende Beleuchtung vorhanden ist, und der LDR 07 einen Innenwiderstand aufweist, der weit unter 40 k $\Omega$  liegt. Außerdem nehmen wir an, daß der Kondensator C 4 entladen sei.

Sobald die Versorgungsspannung anliegt, werden also die Relais Re 1 und Re 2 anziehen, da sowohl beim OP 1 als auch beim OP 2 jeweils der nichtinvertierende (+)Eingang eine höhere Spannung aufweist, als der invertierende (-)Eingang. Die Relaiskontakte re 1 und re 2 werden geschlossen und der LötKolben mit voller Leistung versorgt.

Über den Widerstand R 5 wird sich der Kondensator C 4 langsam aufladen. Der nichtinvertierende (+)Eingang des OP 1 liegt über R 8 auf einer Spannung von ca. 4,1 V. Das ist die halbe Z-Dioden Spannung von 8,2 V, die sich aufgrund des Teilverhältnisses von 1 : 1 der Widerstände R 3 und R 4 ergibt. Sobald die Spannung an C 4, die über R 9 am invertierenden (-)Eingang des OP 1 anliegt, diesen Wert von 4,1 V überschreitet, geht der Ausgang des OP 1 (Pin 7) auf ca. 0 V und das Relais Re 1 fällt ab. Mit R 10 wird eine geringe Hysterese dieses Schaltungsteiles erreicht, um ein flattern des Relais zu vermeiden.

Da der Relaiskontakt re 1 mit der Diode D 1 überbrückt ist, gelangt nach Öffnen dieses Kontaktes jetzt lediglich noch die halbe Leistung zum LötKolben, wodurch eine Überhitzung der Lötspitze vermieden wird. Durch Betätigen des Reset-Tasters Ta 1 kann dem LötKolben erneut für eine weitere 1/2 Stunde die volle Leistung zugeführt werden.



Schaltbild der LötKolben-Abschaltautomatik



Ansicht des geöffneten Gehäuses der LötKolben-Abschaltautomatik

Der Abschaltautomatikteil des Gerätes besteht im wesentlichen aus dem OP 2, dessen nichtinvertierender (+)Eingang über dem Widerstand R 15 ebenfalls auf ca. +4,1 V liegt. Der invertierende (-)Eingang fragt über den Widerstand R 16 die Spannung am LDR in Verbindung mit den Widerständen R 13 und R 14 ab. Je geringer die Lichtintensität, also die Helligkeit in der Nähe des LDR 07 ist, desto größer wird sein Widerstandswert, wodurch gleichermaßen die Spannung am invertierenden (-)Eingang des OP 2 steigt. Sobald der Wert von ca. 4,1 V überschritten wird, geht der Ausgang (Pin 1) des OP 2 von ca. 15 V auf annähernd 0 V zurück. Das Relais Re 2 fällt ab und der LötKolben ist ausgeschaltet.

Für diesen Schaltungsteil stehen zwei Versionen zur Verfügung: Lötet man an Stelle des Widerstandes R 17 die Germaniumdiode D 10 ein, so bleibt der LötKolben ausgeschaltet, auch wenn wieder volle Helligkeit am Arbeitsplatz herrscht. Wird D 10 jedoch nicht eingelötet, und statt dessen der Widerstand R 17, so schaltet sich der LötKolben automatisch wieder ein, wenn eine ausreichende Helligkeit am Arbeitsplatz vorliegt.

In Verbindung mit dem Transistor T 1 fällt auch das Relais Re 1 ab, sobald die Helligkeit so gering geworden ist, daß Re 2 abgefallen ist. Der Kondensator C 4 wird jetzt

über R 9 erheblich schneller aufgeladen, als dies über R 5 ursprünglich der Fall war. Dies hat den Vorteil, daß bei kurzen Helligkeitseinbrüchen (kurze Abdeckung mit der Hand etc.) der Aufladevorgang von C 4 nur unwesentlich geändert wird, und das Relais Re 1 sofort wieder anzieht, wenn auch Re 2 anzieht — allerdings nur, wenn D 10 nicht eingebaut wurde. Sofern der LDR 07 jedoch mehrere Minuten Dunkelheit bzw. Dämmerung registriert, wird auch bei normaler Beleuchtung dem LötKolben lediglich die halbe Leistung zugeführt, wenn Re 2 wieder

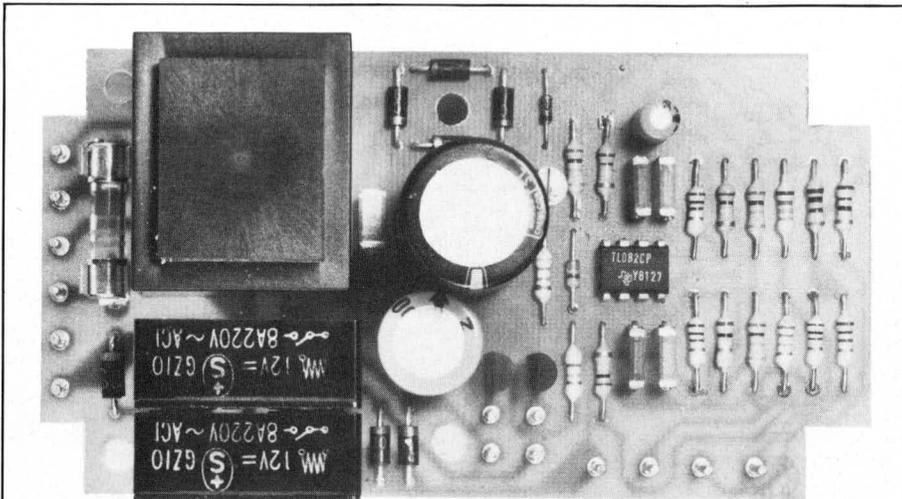
anzieht und zwar so lange, bis die Reset-Taste Ta 1 gedrückt wird.

Damit Spannungsschwankungen weitgehend ohne Einfluß auf die Funktion der Schaltung bleiben, werden die wesentlichen Schaltungsteile mit einer stabilisierten Spannung von 8,2 V versorgt, die mit Hilfe der Z-Diode D 6 in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 2 erzeugt wird.

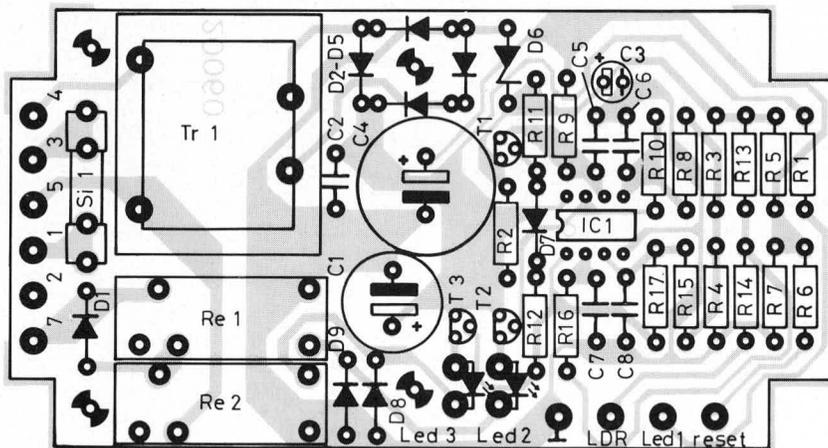
Die LED 1 signalisiert in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 1 die Betriebsbereitschaft der Schaltung.

## Zum Nachbau

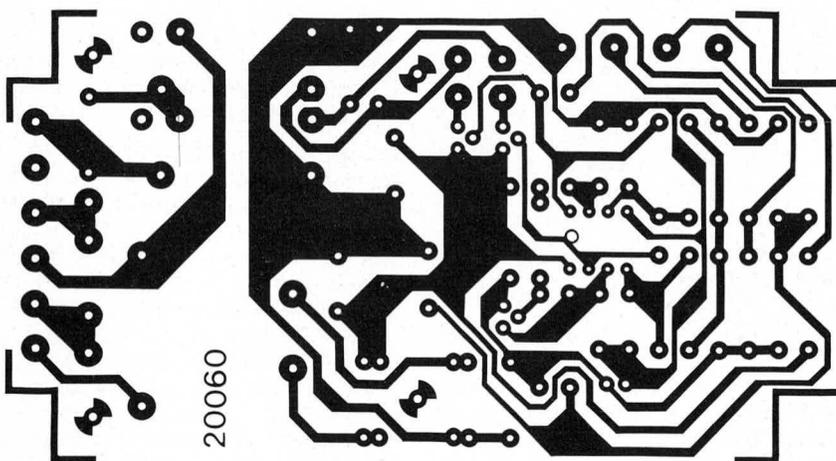
Bis auf wenige extern anzuschließende Bauelemente, wie Schalter und Taster finden sämtliche Komponenten auf der Leiterplatte Platz. Die Bestückung wird in gewohnter Weise an Hand des Bestückungsplanes vorgenommen. Danach kann die Platine in das passende Steckergehäuse eingebaut werden, nachdem die entsprechenden, mit flexiblen Leitungen vorzunehmenden Verbindungen angeschlossen wurden, wobei wir auf die sorgfältige Beachtung der VDE-Vorschriften hinweisen möchten.



Ansicht der fertigbestückten Platine



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine

## Stückliste:

### LötKolben-Abschaltautomatik

#### Halbleiter

IC1	TL 082
T1	BC 558 C
T2, T3	BC 548 C
LED 1	LED, rot, 5 mm
LED 2	LED, grün, 5 mm
LED 3	LED, gelb, 5 mm
D1	1N 4007
D2—D5, D8, D9	1N 4001
D6	ZPD 8,2
D7	1N 4148
D10	AA 118

#### Kondensatoren

C1	1000 $\mu$ F/16 V
C2	100 nF
C3	10 $\mu$ F/16 V
C4	2200 $\mu$ F/16 V
C5—C8	10 nF

#### Widerstände

R1	560 $\Omega$
R2	2,2 k $\Omega$
R3, R4, R11	10 k $\Omega$
R5	1 M $\Omega$
R6	100 $\Omega$
R7, R10, R17	10 M $\Omega$
R8, R9, R15, R16	100 k $\Omega$
R12	47 k $\Omega$
R13	68 k $\Omega$
R14	22 k $\Omega$

#### Sonstiges

- Re1, Re2 .... Kartenrelais, 1 x um, stehend
- Tr1 ..... Netztrafo: prim: 220 V, 1,6 VA sek: 12 V, 140 mA
- Sil ..... 0,63 A
- S1 ..... Netzschalter, 2polig
- Ta1 ..... Mini-Taster mit Zentralbefestigung
- 1 Platinensicherungshalter
- 14 Lötstifte
- 1 Fotowiderstand LDR 07

# ELV-UNISCOPE

## 10 MHz-Oszilloskop ELV-HAMEG



*Wie bereits in der Ausgabe ELV Nr. 19 angekündigt, wurde das ELV-UNISCOPE nochmals überarbeitet. Aufgrund aller während der Entwicklung gemachten Erfahrungen konnten verschiedene Details weiter verbessert werden. Die jetzt vorliegende Ausführung kann als endgültig betrachtet werden.*

*Eine der wesentlichsten Verbesserungen ist in diesem Zusammenhang die Steigerung der Empfindlichkeit des Meßverstärkers von 5 mV auf 2 mV pro Zentimeter bei voller Bandbreite.*

*Der nachfolgende Teil A der Bauanleitung beginnt daher auch mit dem Eingangsteiler und nachgeschaltetem Meßverstärker.*

Bevor wir mit der Baubeschreibung beginnen, sollen zunächst noch die durchgeführten Verbesserungen besprochen werden.

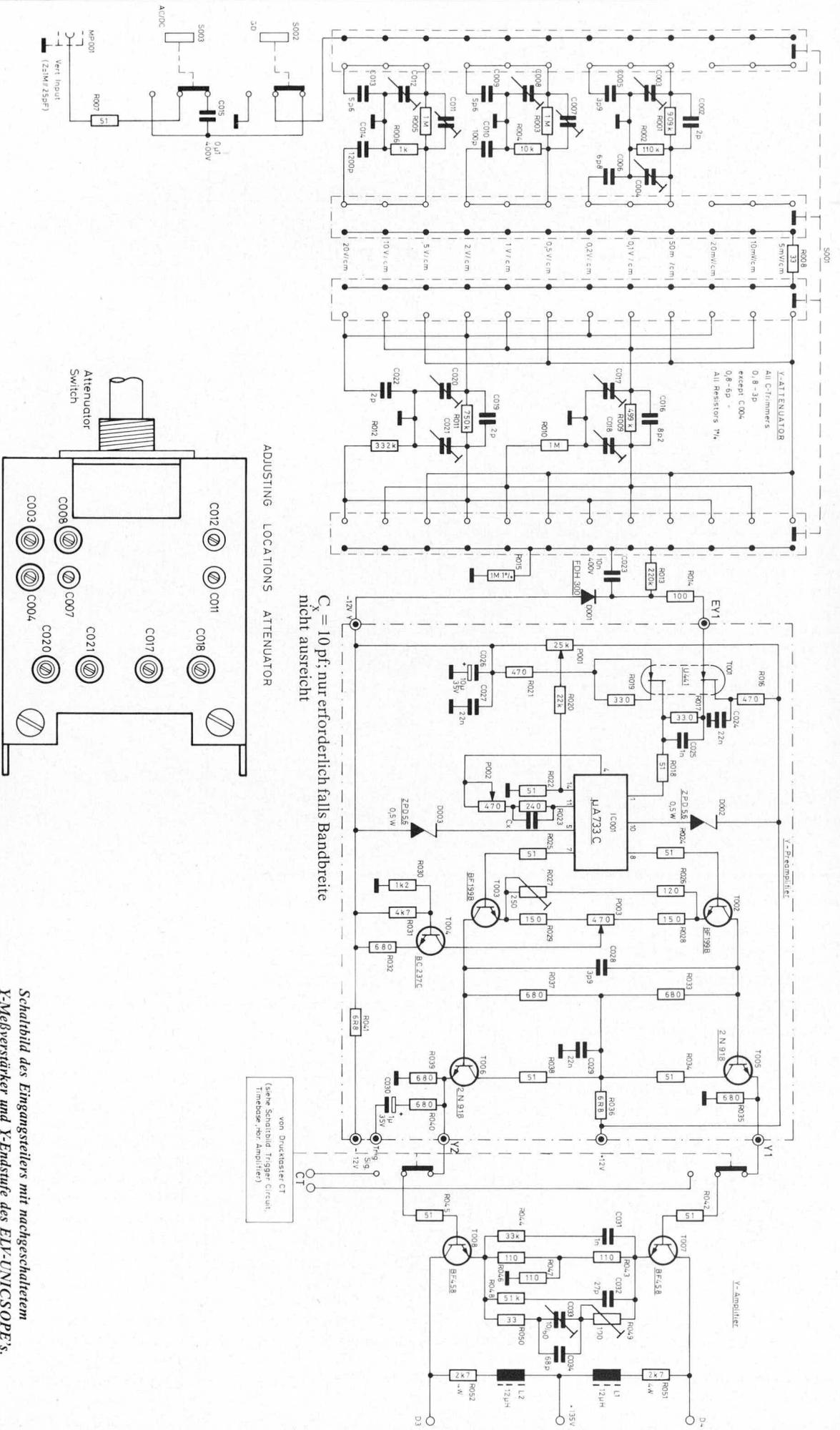
Wie bereits erwähnt, ist eine der wesentlichen Verbesserungen die Erhöhung der maximalen Empfindlichkeit des Meßverstärkers von 5 mV auf 2 mV pro Zentimeter bei voller Bandbreite. Dabei mußte allerdings auf elektronische Verstärkungsumschaltung des Meßverstärkers für die Signalabschwächung verzichtet werden. Sie wurde durch zwei passive Teiler ersetzt. Der dadurch entstehende Mehraufwand für den Abgleich des Eingangsteilers ist gegenüber dem erreichten Vorteil absolut vertretbar. Da die Übertragungsgüte des Meßverstärkers auch stark vom Abgleich des Eingangs-

teilers abhängt, wurde beschlossen, hierfür einen mit wenigen Standardbauelementen leicht nachzubauenden Abgleichsgenerator zu erstellen, so daß die Kalibrierung mit normalen Hilfsmitteln problemlos durchzuführen ist.

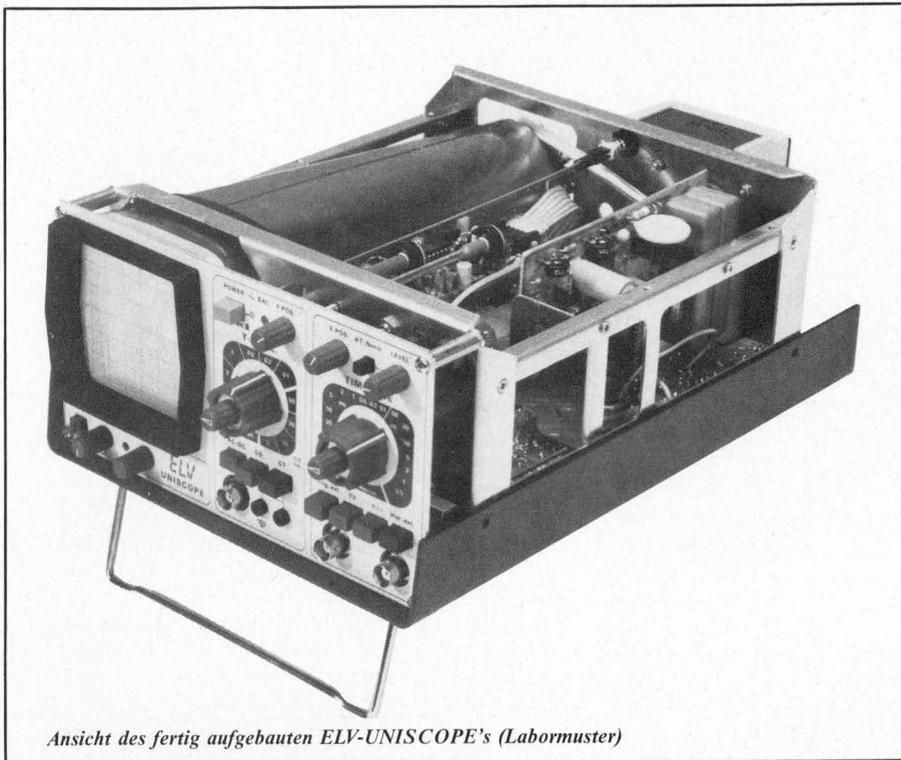
Aufgrund der hervorragenden Eingangsempfindlichkeit des Meßverstärkers wird der Komponententester jetzt nicht mehr wie vorgesehen auf den Eingang des Meßverstärkers geschaltet, sondern ist nunmehr nach dem Drücken der Taste über einen separaten Verstärker direkt mit der Vertikalendstufe verbunden. Auf eine Änderung des Teststromes des Komponententesters wurde hierbei verzichtet. Ein wesentlicher Vorteil der neuen Komponententesterversion liegt

darin, daß die Positionierung des Testbildes mit Hilfe eines Trimmers getrennt eingestellt werden kann, so daß während des normalen oszilloskopierens jederzeit auf den Komponententester umgeschaltet werden kann, ohne irgendeine Einstellung hinsichtlich Verstärkung oder Zeitablenkung ändern zu müssen.

Eine weitere entscheidende Veränderung der Gesamtkonzeption entstand durch das Verlassen des Einleiterplattenprinzips. Zum einen ergibt sich hierdurch ein übersichtlicher Aufbau, und zum anderen eine höhere Nachbausicherheit, da bei der früheren Version eine für Bausatzzwecke nicht mehr zu vertretende Bauteiledichte erforderlich war.



Schaltbild des Eingangsteilers mit nachgeschaltetem Y-Meßverstärker und Y-Endstufe des ELV-UNICSCOPE's.

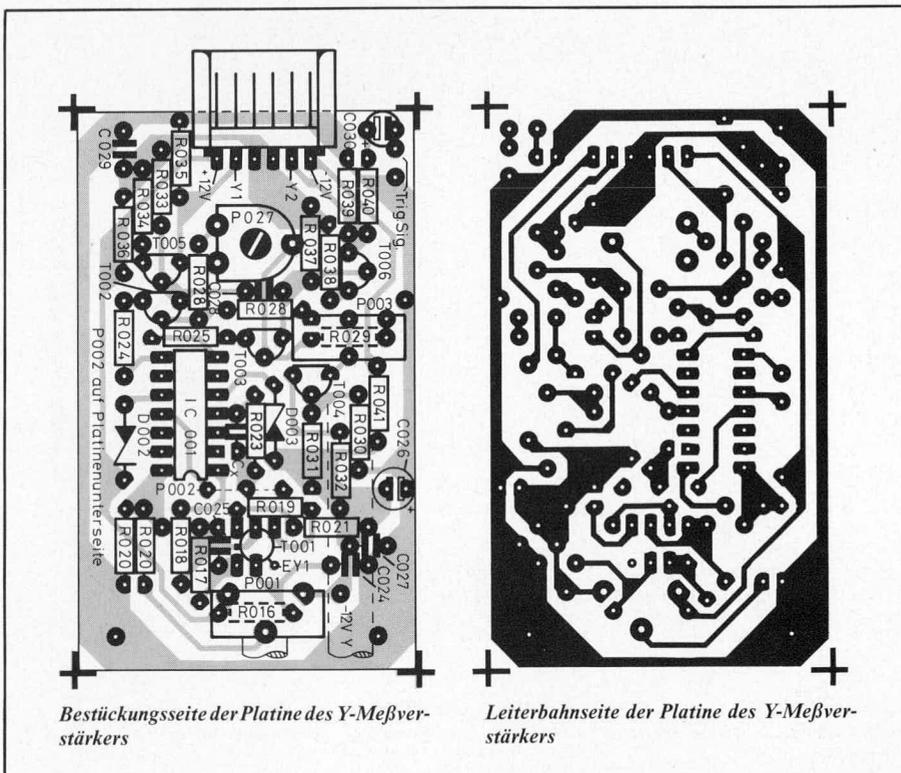


Ansicht des fertig aufgebauten ELV-UNISCOPE's (Labormuster)

Das Gerät besteht nunmehr aus einer großen Basisplatine, einer Platine für die Zeitbasis mit Hochspannungsversorgung, der Meßverstärkerplatine, sowie einer kleinen zusätzlichen Schalterplatine.

Um Verdrahtungsfehler zu vermeiden, wurden die Verbindungen zwischen den einzelnen Leiterplatten mit steckbarem Flachbandkabel versehen. Alle mit der Hauptleiterplatte verbundenen Einheiten sind daher leicht auswechselbar. Außer den Komponenten im Eingangsteiler, der völlig abgeschirmt ist, sind alle Bauteile ohne Ausbau eines anderen Teiles direkt zugänglich.

Als letzte Neuigkeit ist zu berichten, daß nunmehr für das ELV-UNISCOPE nicht nur eine preiswerte Rundröhre, sondern auf Wunsch auch eine Rechteckröhre mit Innenraster zur Verfügung steht. Dieser neuentwickelte Röhrentyp besitzt eine wesentlich größer ausnutzbare Schirmfläche (ca. 70 x 65 mm) als die vorgesehene Rundröhre. Das Innenraster gestattet außerdem eine vollkommen parallaxfreie Betrachtung des Schirmbildes. Durch die Erhöhung der Beschleunigungsspannung von 1 kV auf 1,8 kV für beide Röhrentypen wurde auch noch eine beträchtliche Steigerung der Bildhelligkeit erreicht. Da die beiden Röh-



Bestückungsseite der Platine des Y-Meßverstärkers

Leiterbahnseite der Platine des Y-Meßverstärkers

## Stückliste:

### ELV UNISCOPE

#### Eingangsteiler

- D001
- C002 bis C023
- R001 bis R015
- S001

vorstehend aufgeführte Bauelemente befinden sich innerhalb des abgeschirmten Eingangsteilergehäuses komplett verdrahtet und vorabgeglüht.

#### Y-Meßverstärker

##### Halbleiter

- IC001 .....  $\mu$ A 733 C
- T001 ..... U 441
- T002 ..... BF 199 B
- T003 ..... BF 199 B
- T004 ..... BC 237 C
- T005 ..... 2N 918
- T006 ..... 2N 918

##### Kondensatoren

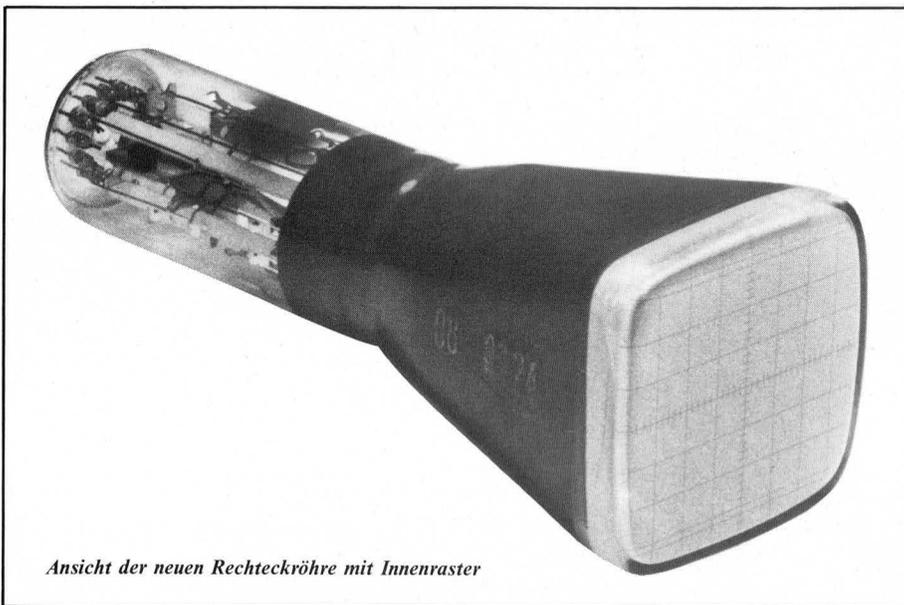
- C024 ..... 22 nF
- C025 ..... 1 nF
- C026 ..... 10  $\mu$ F/35V
- C027 ..... 22 nF
- C028 ..... 3,9 pF
- C029 ..... 22 nF
- C030 ..... 1  $\mu$ F/35V

##### Widerstände

- R016 ..... 470  $\Omega$
- R017 ..... 330  $\Omega$
- R018 ..... 51  $\Omega$
- R019 ..... 330  $\Omega$
- R020 ..... 22 k $\Omega$
- R021 ..... 470  $\Omega$
- R022 ..... 51  $\Omega$
- R023 ..... 240  $\Omega$
- R024 ..... 51  $\Omega$
- R025 ..... 51  $\Omega$
- R026 ..... 120  $\Omega$
- R027 ..... 250  $\Omega$ , Trimmer
- R028 ..... 150  $\Omega$
- R029 ..... 150  $\Omega$
- R030 ..... 1,2 k $\Omega$
- R031 ..... 4,7 k $\Omega$
- R032 ..... 680  $\Omega$
- R033 ..... 680  $\Omega$
- R034 ..... 51  $\Omega$
- R035 ..... 680  $\Omega$
- R036 ..... 6,8  $\Omega$
- R037 ..... 680  $\Omega$
- R038 ..... 51  $\Omega$
- R039 ..... 680  $\Omega$
- R040 ..... 680  $\Omega$
- R041 ..... 6,8  $\Omega$

##### Potentiometer

- P001 (Symmetrie) ..... 25 k $\Omega$
- P002 (Verstärkung) ..... 470  $\Omega$
- P003 (Y-Strahl-Position) ..... 470  $\Omega$



*Ansicht der neuen Rechteckröhre mit Innenraster*

rentypen bis auf eine geringfügige Änderung der Dimensionierung in ihren Anschlußwerten völlig gegeneinander austauschbar sind, steht dem interessierten Hobbyelektroniker die Möglichkeit jederzeit offen, sein Gerät auch nachträglich umzurüsten.

Der Einfachheit halber wird nachstehend nochmals das vollständige Schaltbild des Meßverstärkers mit der Vertikalendstufe mit allen Neuerungen dargestellt.

Wie daraus ersichtlich ist, wurde unter anderem auch die Versorgungsspannung für die Vorstufen von 24 V auf 12 V herabgesetzt. Damit konnte der Leistungsverbrauch der Stromversorgung erheblich reduziert werden.

### **Zum Nachbau**

Der Eingangsteiler und die Leiterplatte für den Y-Meßverstärker bilden eine Baueinheit.

Im Schaltbild ist der Eingang des Meßverstärkers mit EY 1 bezeichnet, und die beiden Ausgänge mit Y 1 und Y 2. Der Übersichtlichkeit halber ist dieser Schaltungsteil mit einer gestrichelten Linie umrahmt.

Der Eingangsteiler ist fertig verdrahtet und vorabgeglüht.

Für die Bestückung der Leiterplatten sind die im Schaltplan verzeichneten bzw. in der Stückliste aufgeführten Bauteile erforderlich.

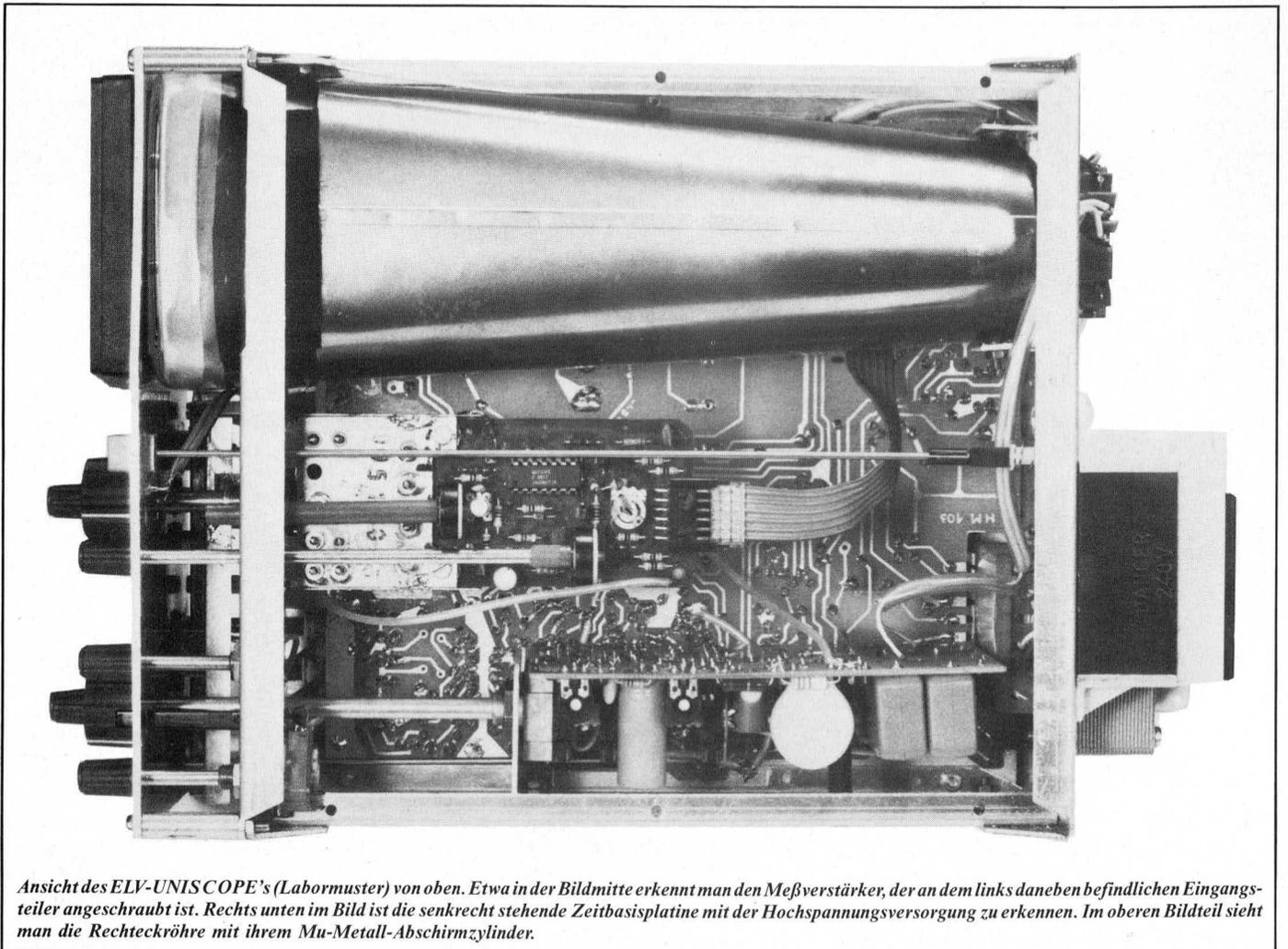
Zweckmäßigerweise beginnen wir bei der Bestückung des Y-Meßverstärkers mit dem Einlöten der passiven Bauelemente, um anschließend die Transistoren und als letztes das IC 001 des Typs  $\mu A 733 C$  einzusetzen.

Nach Abschluß der Bestückung ist nochmals eine Kontrolle durchzuführen.

Die verdrahtete Leiterplatte wird dann mit zwei Schrauben und Muttern, so wie zwei Unterlegscheiben, die sich zwischen der Leiterplatte und dem Befestigungswinkel befinden müssen, an die Teilereinheit geschraubt.

Danach ist der Teiler Ausgang mit dem Eingang des FET's (U 441) und der Y-Feinregler (P 002) mit der Leiterplatte des Y-Meßverstärkers zu verbinden.

In der kommenden Ausgabe stellen wir Ihnen dann die weiteren Leiterplatten und deren Bestückung vor, wobei Sie einen Einblick anhand der Fotos unseres Labormusters erhalten können.



*Ansicht des ELV-UNISCOPE's (Labormuster) von oben. Etwa in der Bildmitte erkennt man den Meßverstärker, der an dem links daneben befindlichen Eingangsteiler angeschraubt ist. Rechts unten im Bild ist die senkrecht stehende Zeitbasisplatine mit der Hochspannungsversorgung zu erkennen. Im oberen Bildteil sieht man die Rechteckröhre mit ihrem Mu-Metall-Abschirmzylinder.*

# Grundlagen für die Elektronik

## Teil 9

### Schwingkreise, *Fortsetzung*

10. Das Thema Schwingkreise wurde bereits im vorangegangenen Heft begonnen und soll nun in dieser Ausgabe fortgesetzt und abgeschlossen werden.

#### 10.1 Reihen-Resonanz

Prinzipiell wurde im vorherigen Heft der Begriff der Resonanz bereits erläutert. Wir wollen uns zu Beginn speziell mit dem Reihenschwingkreis befassen.

Reihenschwingkreise werden z. B. als Saugkreise eingesetzt, um die Resonanzfrequenz

Die beiden Teilspannungen  $U_L$  und  $U_C$  an Induktivität „L“ und Kapazität „C“ sind ebenso wie die beiden Blindwiderstände  $X_L$  und  $X_C$  gleich groß, wie Bild 2 zeigt.

Da der Resonanzstrom „I“ bekanntlich nur vom Wirkwiderstand R abhängt, können an den Blindwiderständen Spannungen auftreten, die größer als die Netzspannung U sind, sobald  $X_L$  und  $X_C$  größer als R sind. Diese Tatsache ist besonders zu beachten, weil gegebenenfalls an Induktivität und Kapazität Spannungen  $U_L$  und  $U_C$  auftreten, die für die Isolation gefährlich werden können.

Welchen Kapazitätsbereich  $C_2$  bis  $C_1$  muß der Drehkondensator umfassen?

$$f_1 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}} \quad f_2 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_1}}}{\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_2}}} = \frac{\sqrt{C_2}}{\sqrt{C_1}}$$

Die beiden Gleichungen wurden dividiert und durch  $2\pi \sqrt{L}$  gekürzt.

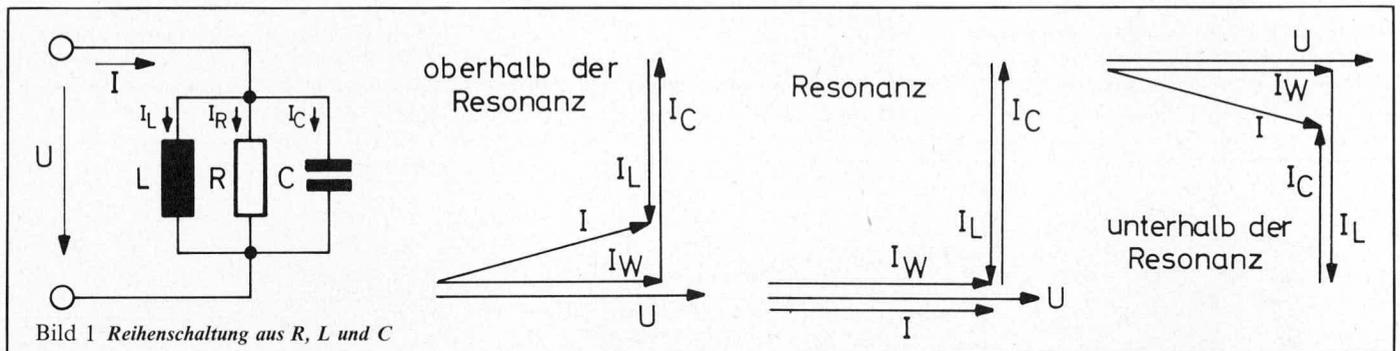


Bild 1 Reihenschaltung aus R, L und C

$f_{res}$  aus einem Gemisch verschiedener Frequenzen herauszusieben.

Die Resonanzbedingung für diese Kombination ergibt sich daraus, daß der Phasenwinkel  $\varphi$  (Phl) zwischen Spannung und Strom und damit der Blindwiderstand  $X = X_L + X_C$  zu Null werden.

$$\varphi = 0 \text{ und } X = X_L + X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

Dann ist der von der anliegenden Spannung U erzeugte Resonanzstrom

$$I = \frac{U}{R}$$

ein reiner Wirkstrom.

Auch die nachstehende Thomsonsche Schwingungsformel ist uns bereits bekannt

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Anhand der bisher erworbenen Kenntnisse soll nun ein Beispiel durchgerechnet werden:

Beispiel:

In einem Schwingkreis soll ein Resonanzfrequenzbereich von  $f_1 = 86 \text{ MHz}$  bis  $f_2 = 104 \text{ MHz}$  mittels eines Drehkondensators einstellbar sein.

$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

Somit muß der Kondensator ein Kapazitätsverhältnis von

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 = \left(\frac{86 \text{ MHz}}{104 \text{ MHz}}\right)^2 \text{ haben.}$$

Schaltet man einen Wirkwiderstand, eine Induktivität und eine Kapazität in Reihe und legt sie an eine sinusförmige Wechselspannung mit veränderbarer Frequenz, so ergibt sich für den von f abhängigen Strom I der in Bild 3 dargestellte Kurvenverlauf.

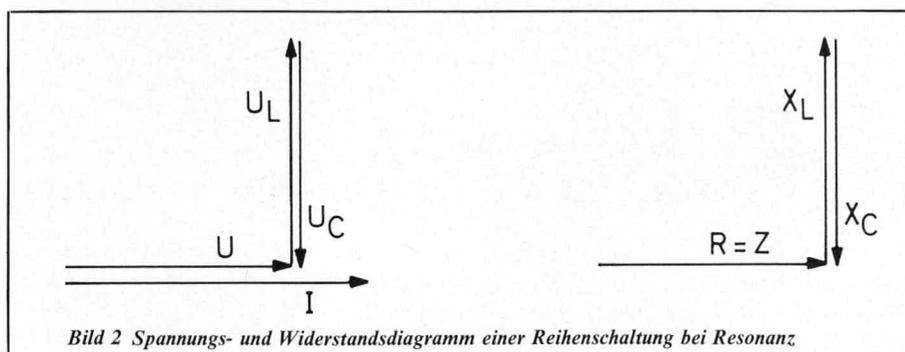


Bild 2 Spannungs- und Widerstandsdiagramm einer Reihenschaltung bei Resonanz

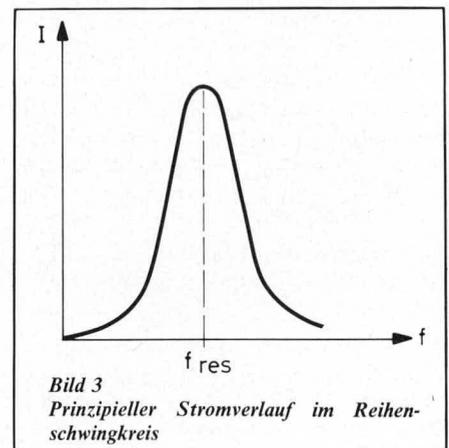


Bild 3 Prinzipieller Stromverlauf im Reihenschwingkreis

Aus diesem Diagramm ist ersichtlich, daß die Kurve von I in Resonanznähe sehr rasch ansteigt bzw. fällt. Diese Resonanzlage ist um so schärfer ausgeprägt, je kleiner der Wirkwiderstand R im Verhältnis zu den Resonanz-Blindwiderständen

$$X = 2\pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \text{ ist.}$$

Bei einer Abhängigkeit von Strom, Spannung und Phasenwinkel von der Frequenz spricht man von Frequenzgang.

Das Verhältnis einer Teilspannung zur Gesamtspannung nennt man die Güte „Q“ des Reihenschwingkreises

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U}$$

Bei Resonanz ist jede der beiden Teilspannungen Q-mal so groß wie die angelegte Spannung. Oder, da bei Reihenschaltung sich die Spannungen wie die Widerstände verhalten:

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{X_C}{R}$$

Der Resonanzwiderstand R ist so groß wie der Verlustwiderstand des Reihenschwingkreises. Die Verluste in der Spule sind meist wesentlich größer als die Verluste im Kondensator. Daher versucht man die Spulenverluste möglichst gering zu halten, um eine hohe Schwingkreisgüte zu erhalten. Man verwendet Litzen oder versilberte Kupferdrähte als Leiter und Kerne aus Ferrit.

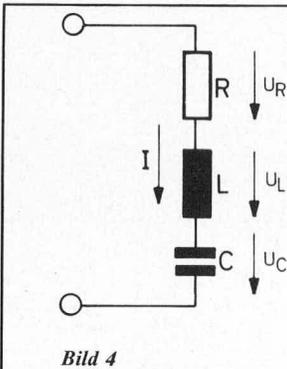


Bild 4

## 10.2 Parallel — Resonanz

Die Parallelschaltung einer Spule, eines Widerstandes und eines Kondensators nennt man Parallelschwingkreis.

Legt man die Schaltung, deren grundsätzliches Verhalten uns bereits aus Teil 8 bekannt ist, an eine Wechselspannung und verändert nun die Frequenz so lange, bis der Gesamtstrom ein Minimum erreicht hat, so hat man die Resonanz herbeigeführt.

Mißt man nun die Teilströme, so stellt man fest, daß der Kondensatorstrom und der Spulenstrom gleich groß sind. Jeder genannte Teilstrom ist jedoch größer als der Gesamtstrom.

Bei Resonanz im Parallelschwingkreis ist der Gesamtstrom in der Zuleitung am kleinsten.

Die Teilströme werden durch die gemeinsame Spannung an der Parallelschaltung verursacht. Da die Teilströme bei Resonanz gleich groß sind, müssen auch die Blindwiderstände gleich groß sein. Dieses ist die

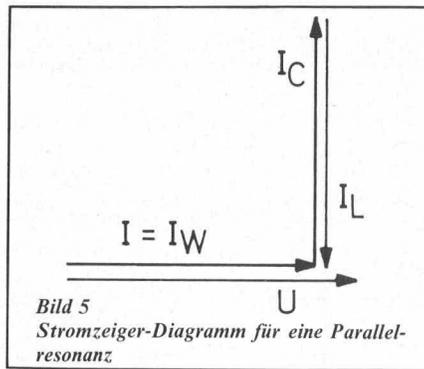


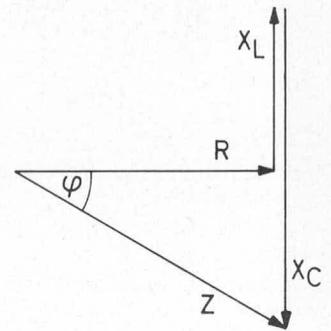
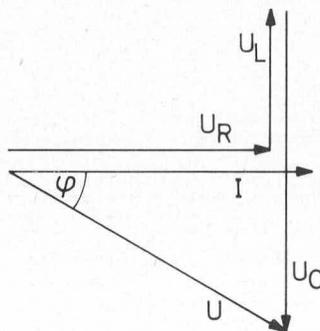
Bild 5  
Stromzeiger-Diagramm für eine Parallelschwingkreis-Resonanz

gleiche Resonanzbedingung wie beim Reihenschwingkreis.

Die Ströme durch den induktiven und den kapazitiven Widerstand heben sich wegen der entgegengesetzten Phasenlage auf. Der Parallelschwingkreis verhält sich bei Resonanz wie ein Wirkwiderstand. Ober- und unterhalb der Resonanzfrequenz ist der Scheinwiderstand Z des Parallelschwingkreises immer kleiner als der Resonanzwiderstand R.

Der induktive und der kapazitive Widerstand sind bei Resonanz wesentlich kleiner als der Resonanzwiderstand. Daher fließen durch den Kondensator und durch die Spule größere Ströme. Beim Parallelschwingkreis tritt in Spule und Kondensator eine Stromüberhöhung auf.

Das Verhältnis eines Teilstromes zum Gesamtstrom nennt man die Güte Q des Paral-



lschwingkreises

$$Q = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I}$$

Bei Resonanz ist jeder der beiden Teilströme Q-mal so groß wie der Gesamtstrom. Die Verluste in der Spule sind meist wesentlich größer als die Verluste im Kondensator. Die Güte des Schwingkreises ist also annähernd

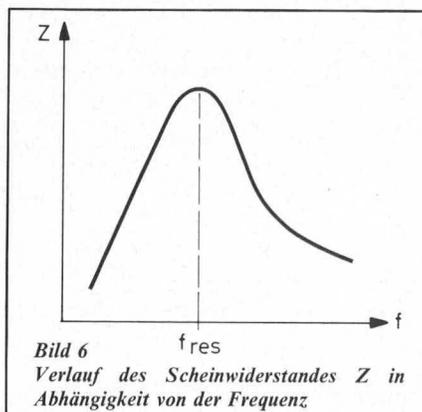


Bild 6  
Verlauf des Scheinwiderstandes Z in Abhängigkeit von der Frequenz

so groß wie die Güte der Spule ( $Q \approx Q_L$ ). Die Spulengüte  $Q_L$  ist das Verhältnis des induktiven Widerstandes  $X_L$  zum Wirkwiderstand R.

Den Parallelschwingkreis benutzt man, um aus einem Frequenzgemisch eine bestimmte Frequenz herauszusieben.

Schaltet man den Parallelschwingkreis in Reihe zum Verbraucher, so sperrt er die Resonanzfrequenz, weil bei ihr der hohe Resonanzwiderstand auftritt. Aus diesem Grund nennt man den Parallelschwingkreis auch Sperrkreis.

Hiermit soll nun nicht nur das Gebiet der Schwingkreise abgeschlossen sein, sondern auch die Grundlagen der Wechselstromtechnik.

Zur Erinnerung wollen wir Ihnen nachstehend eine grobe Zusammenfassung aller bisherigen Folgen der Grundlagen-Serie geben:

Nachdem wir zuerst den ohmschen Widerstand kennenlernten, erfuhren wir dann in Teil 4 die grundlegenden Vorgänge im elektromagnetischen Feld. Wir hatten daraufhin eine Vorstellung von der Ummagnetisierungskennlinie und von der Selbstinduktionsspannung.

Mit diesen Grundkenntnissen ging es dann an die Erzeugung von Wechselspannung. In diesem Zusammenhang wurden ebenfalls die verschiedenen Werte wie Effektivwert, Spitzenwert und Amplitude erläutert.

Um die Vorgänge beim Wechselstrom besser zu verdeutlichen, beschäftigen wir uns in Teil 6 mit Zeigerbildern. Es wurde klar, daß man Wechselstromgrößen am übersichtlichsten mit Zeigerbildern darstellen kann.

Bei der Blindstromkompensation lernten wir den Leistungsfaktor und die Bedeutung der Kompensation anhand eines Beispiels kennen.

Seit Teil 8 schrieben wir über die Schwingkreise, deren Haupteinsatzgebiet die Hochfrequenztechnik ist. Jedoch auch im Niederfrequenzbereich haben sie ihre Bedeutung. Es sei hier nur die Rundsteueranlage der Stadtwerke genannt, die die Straßenbeleuchtung mit ca. 700 Hz, die über Netzleitungen zu den Lampensteuerungen gelangen, schalten.

In der nächsten Ausgabe werden wir mit der Beschreibung des Aufbaues und der Funktion weiterer Bauelemente, wie z. B. NTC-Widerstand, Dioden, Thyristoren usw. beginnen.

# ELV-Wetterstation 2000



*Die in einem formschönen Gehäuse untergebrachte ELV-Wetterstation 2000 mißt den Luftdruck, die relative Luftfeuchtigkeit sowie die Temperatur. Durch eine elektronische Meßstellenumschaltung kann sowohl die relative Luftfeuchtigkeit, als auch die Temperatur jeweils mit 2 verschiedenen Sensoren aufgenommen werden. Auf diese Weise ist es möglich, jeweils eine Meßstelle im Haus und eine draußen anzubringen, zumal die Zuleitungen nicht nur zum Temperatursensor, sondern auch zum Feuchtemeßwertempfänger ohne Genauigkeitseinbuße nahezu beliebig zu verlängern sind.*

*Hohe Genauigkeit, gute Anzeigenkonstanz und formschönes Design sind weitere Qualitätskriterien dieser ELV-Wetterstation 2000.*

*Durch den Aufbau in der Art eines Baukastensystems, kann der interessierte Leser zunächst eine Schaltung (z. B. Luftdruckmesser, Feuchtemesser oder Temperaturmesser mit einer Meßstelle) aufbauen, und dann, je nach Bedarf und Geldbeutel, die nächste Schaltung bzw. eine weitere Meßstelle nachrüsten.*

## I. Allgemeines

Wie eingangs bereits erwähnt, können mit der ELV-Wetterstation 2000 Luftdruck, Luftfeuchte und Temperatur gemessen und angezeigt werden. Für das menschliche Wohlbefinden stellt die Einhaltung entsprechender Werte der vorgenannten Größen eine wichtige Grundlage dar, wobei wir auf den Luftdruck allerdings keinen Einfluß ausüben können — Luftfeuchte und Temperatur dagegen auf einfache Weise zu korrigieren sind.

Im Folgenden wollen wir nun die prinzipielle Funktionsweise der drei einzelnen Baugruppen erläutern.

### I. 1 Digitaler elektronischer Luftdruckmesser

Das Herzstück des Luftdruckmessers besteht aus dem Drucksensor des Typs KPY 10 der Firma Siemens. Es handelt sich hierbei um ein Bauelement, in dessen Ge-

häuse sich eine Miniaturmeßbrücke befindet, die mit Dehnungsmeßstreifen aufgebaut ist und in das über ein Röhrchen die Außenluft eintreten kann.

Bei der Weiterverarbeitung der an der Meßbrücke auftretenden Spannungen gibt es nun zwei wesentliche Probleme zu lösen.

Zum einen ist die Spannung, die der Drucksensor abgibt, außerordentlich gering (es werden nur wenige mV abgegeben) wodurch besondere Qualitätsanforderungen an die nachgeschaltete Auswertung gestellt werden.

Zum anderen ist der Drucksensor verhältnismäßig temperaturabhängig. Es ist daher unbedingt erforderlich, eine exakt dimensionierte Temperaturkompensation einzubauen, damit nicht bei Temperaturänderungen die Anzeige schwankt und so eine Druckänderung vortäuscht, die in Wirklichkeit gar nicht existiert.

## Inhalt dieses Artikels:

### I. Allgemeines

- I. 1 Digitaler elektronischer Luftdruckmesser
- I. 2 Digitaler elektronischer Feuchtemesser
- I. 3 Digitaler elektronischer Temperaturmesser
- I. 4 Automatische Meßstellenumschaltung für Feuchte und Temperatur

### II. Zur Schaltung

- II. 1 Digitaler elektronischer Druckmesser
- II. 2 Digitaler elektronischer Feuchtemesser
- II. 3 Digitaler elektronischer Temperaturmesser
- II. 4 Betrieb ohne Meßstellenumschaltung
- II. 5 Das Netzteil

### III. 1 Zum Nachbau

### III. 2 Aufbau des Feuchtesensors mit dazugehöriger Elektronik

### IV. Abgleich

- IV. 1 Abgleich des digitalen Druckmessers
- IV. 2 Abgleich des digitalen Feuchtemessers
- IV. 3 Abgleich des digitalen Temperaturmessers

Sieht man sich das Schaltbild an, so liegt parallel zum Drucksensor ein Temperatursensor des Typs KTY 10, der bei richtig angepaßtem Vorwiderstand die Temperaturdrift des Drucksensors exakt kompensiert.

Die Weiterverarbeitung der im  $\mu\text{V}$  Bereich liegenden Spannungsänderungen bei entsprechenden Druckänderungen, erfolgt direkt mit dem IC des Typs ICL 7107. Dieses IC weist einen hohen Rauschspannungsabstand auf, so daß sich auf Grund einer ausgeklügelten Dimensionierung eine saubere Anzeige ergibt. Dem interessierten Leser wird nicht entgehen, daß die externe Beschaltung dieses IC's bei der vorliegenden Druckmesserschaltung in einigen Punkten gravierend von der sonst üblichen Beschaltung abweicht. Auf diese Weise ist es möglich, trotz der außerordentlich geringen Eingangsspannungen und der damit verbundenen niedrigen Referenzspannung eine saubere Anzeige zu erhalten.

## I. 2 Digitaler elektronischer Feuchtemesser

Das wohl wichtigste Bauelement bei der Feuchtemessung ist der Feuchtesensor. Der von uns eingesetzte Sensor wird von der Firma Valvo produziert und besteht aus einem perforierten Kunststoffgehäuse, in dem eine beidseitig mit einem Goldfilm bedampfte Spezialfolie eingespannt ist. Das Gehäuse, dessen Abmessungen Bild 1 wiedergibt, ist für die Montage auf einer Printplatte geeignet.

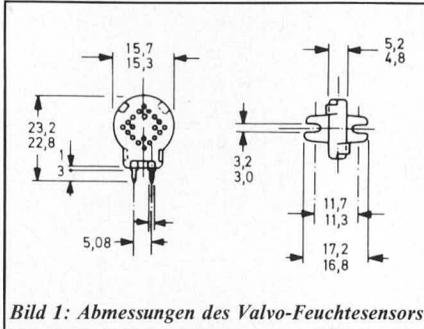


Bild 1: Abmessungen des Valvo-Feuchtesensors

Die Folie stellt das Dielektrikum eines Plattenkondensators dar — die beiden Goldfilme bilden dessen Elektroden. Unter dem Einfluß der Luftfeuchte ändert sich die Dielektrizitätskonstante der Folie und damit die Kapazität des Kondensators. Bild 2 zeigt die Abhängigkeit der Kapazität  $C_s$  des Sensors von der relativen Feuchte. Man erkennt, daß die durch Feuchteschwankungen verursachten Kapazitätsänderungen relativ groß sind. Die Kurve zeigt ferner, daß die Abhängigkeit der Kapazität von der Feuchte nicht linear ist. Eine direkte Meßwertanzeige erfordert daher eine Linearisierung der Anzeige durch schaltungstechnische Maßnahmen.

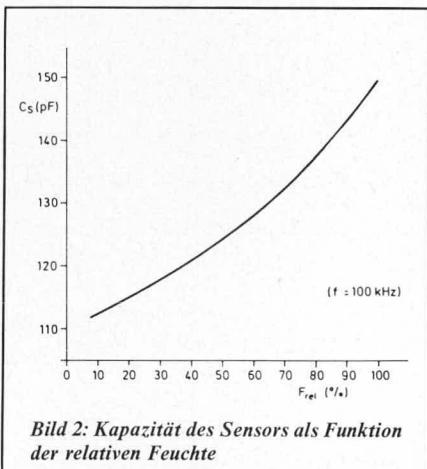


Bild 2: Kapazität des Sensors als Funktion der relativen Feuchte

Mit dem IC des Typs CD 4069 ist ein RC-Oszillator aufgebaut, der mit einer Frequenz von ca. 300 kHz schwingt, die jedoch von der Feuchtesensorkapazität abhängt. Ein weiterer Oszillator, der mit demselben Baustein aufgebaut ist, schwingt auf einer konstanten Frequenz, die als Referenz dient.

Beide Oszillatoren steuern jeweils einen Binärzähler an. Dadurch werden die Impulse der Oszillatoren auf für die Weiterverarbeitung brauchbare Dauer verbreitert. Anschließend erfolgt eine Differenzbildung aus beiden Impulsen. Der resultierende Impuls wird als Zeitfenster genutzt, für dessen

Dauer die Impulse aus dem Referenzoszillator auf den Eingang eines Dual-BCD-Zählers (DC 4518) gegeben werden. Bei z. B. 30 % relativer Feuchte werden 30 Impulse während der Dauer des Differenzimpulses auf den Zähler gegeben und über eine Treiber- und Dekodierstufe (CD 4543) auf dem Display zur Anzeige gebracht.

Da die Zunahme der Sensorkapazität mit höherer Luftfeuchte nicht linear ist, durchlaufen die Impulse des Referenzoszillators eine Linearisierungsschaltung. Hier wird gemäß der stärkeren Zunahme der Sensorkapazität ab ca. 40 % jeder 4. Impuls herausgefiltert — es findet also eine digitale Linearisierung statt.

Bevor die Schaltung näher beschrieben wird, sollen zunächst einige wichtige Begriffe erläutert werden.

### Begriffe und Definitionen

In der Feuchtetechnik unterscheidet man u. a. zwischen

- absoluter Feuchte,
- Sättigungsfeuchte,
- relativer Feuchte.

Die Definitionen dieser Begriffe sind:

#### Absolute Feuchte ( $F_{abs}$ )

Die absolute Feuchte  $F_{abs}$  gibt diejenige Wassermenge an, die in einem bestimmten Luftvolumen enthalten ist.

Es gilt

$$F_{abs} = \frac{\text{Masse des Wassers}}{\text{Luftvolumen}} \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

#### Sättigungsfeuchte ( $F_{sat}$ )

Die Sättigungsfeuchte  $F_{sat}$  gibt die maximal mögliche Wassermenge an, die in einem bestimmten Luftvolumen enthalten sein kann.  $F_{sat}$  ist von der Temperatur abhängig und steigt mit dieser stark an.

$$F_{sat}(\vartheta) = \frac{\text{maximale Masse des Wassers}}{\text{Luftvolumen}} \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Bild 3 zeigt die Abhängigkeit der Sättigungsfeuchte  $F_{sat}$  von der Temperatur  $\vartheta$ .

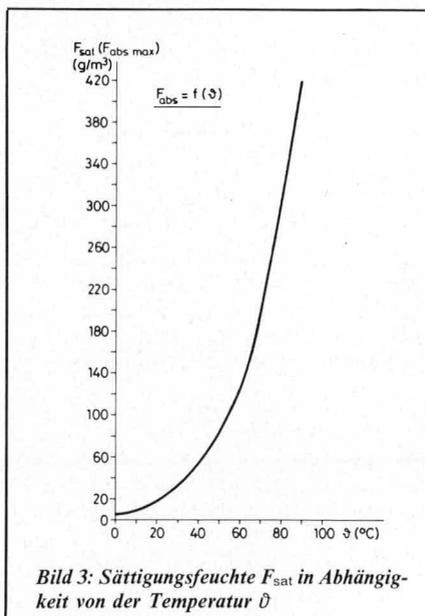


Bild 3: Sättigungsfeuchte  $F_{sat}$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $\vartheta$

#### Relative Feuchte $F_{rel}$

Die relative Feuchte  $F_{rel}$  ist eine Angabe, die sich aus dem Verhältnis von absoluter Feuchte zur Sättigungsfeuchte ergibt.

$$F_{rel}(\vartheta) = \frac{F_{abs}}{F_{sat}(\vartheta)} \cdot 100 (\%)$$

Die Angabe der relativen Feuchte ist sehr verbreitet. Dies ist gerechtfertigt, weil viele durch die Luftfeuchtigkeit ausgelöste Reaktionen in erster Linie mit der relativen Feuchte verknüpft sind (Rostbefall, Schimmelbildung, körperliches Befinden u. a. m.).

Bild 4 stellt den Zusammenhang her zwischen der absoluten und relativen Feuchte und der Temperatur.

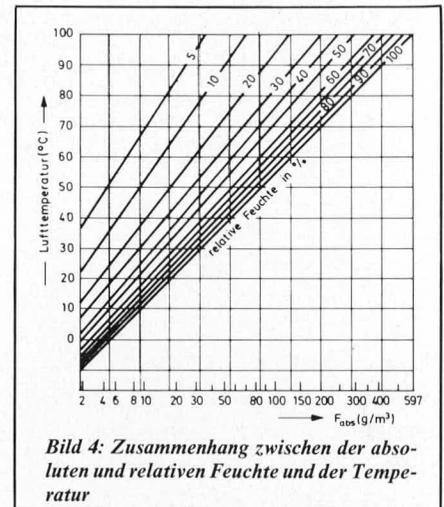


Bild 4: Zusammenhang zwischen der absoluten und relativen Feuchte und der Temperatur

## I. 3 Digitaler elektronischer Temperaturmesser

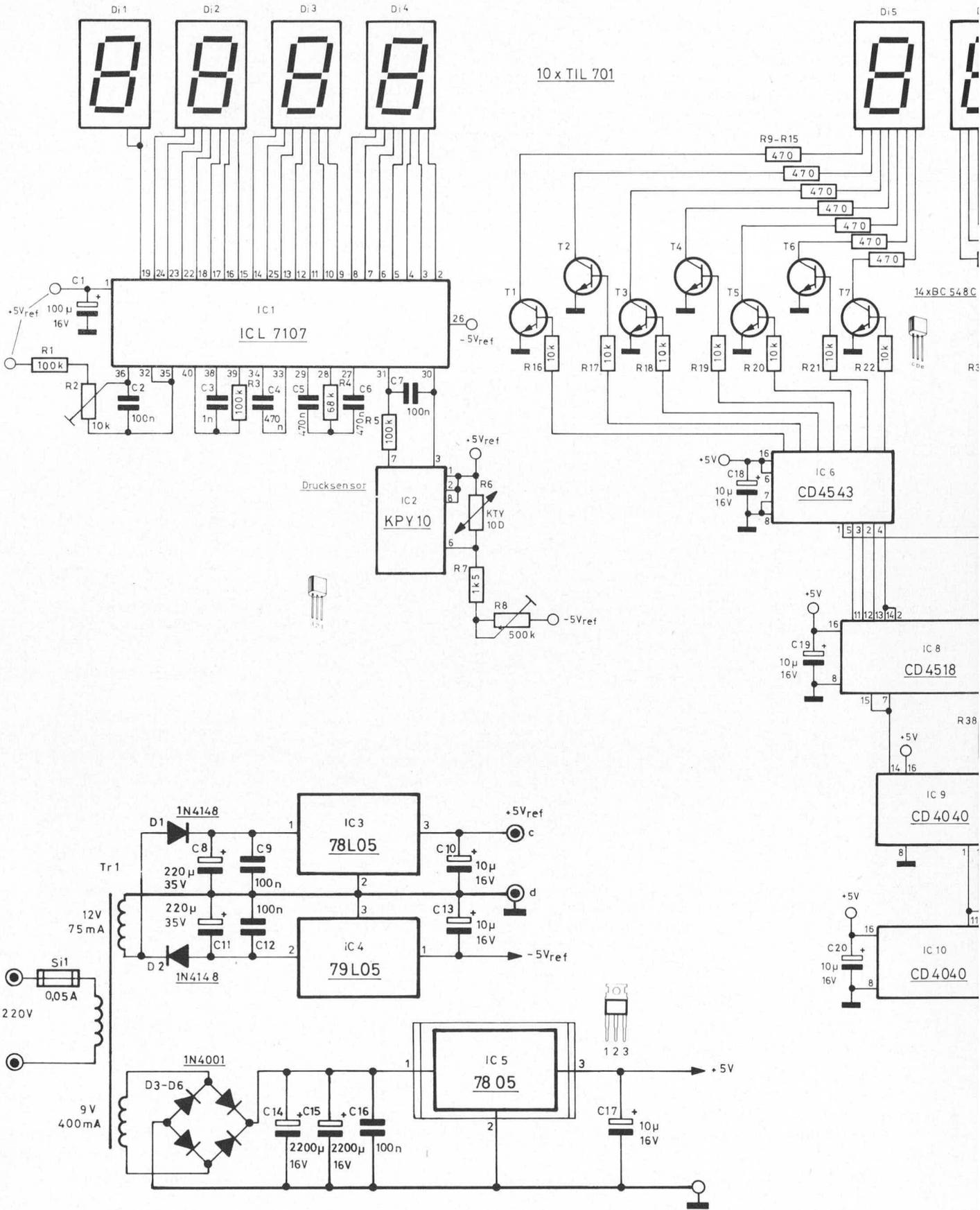
Der Temperaturmesser kann wahlweise mit einer oder zwei Meßstellen bestückt werden, die dann automatisch umgeschaltet werden.

Als Meßwertaufnehmer dient der von uns bereits häufiger eingesetzte Sensor des Typs SAA 1000 bzw. SAC 1000, der mit dem erstgenannten völlig identisch ist, jedoch ein 3 m langes Anschlußkabel besitzt, dessen Anschlüsse zum Sensor vergossen und mit Schrumpfschlauch umhüllt sind.

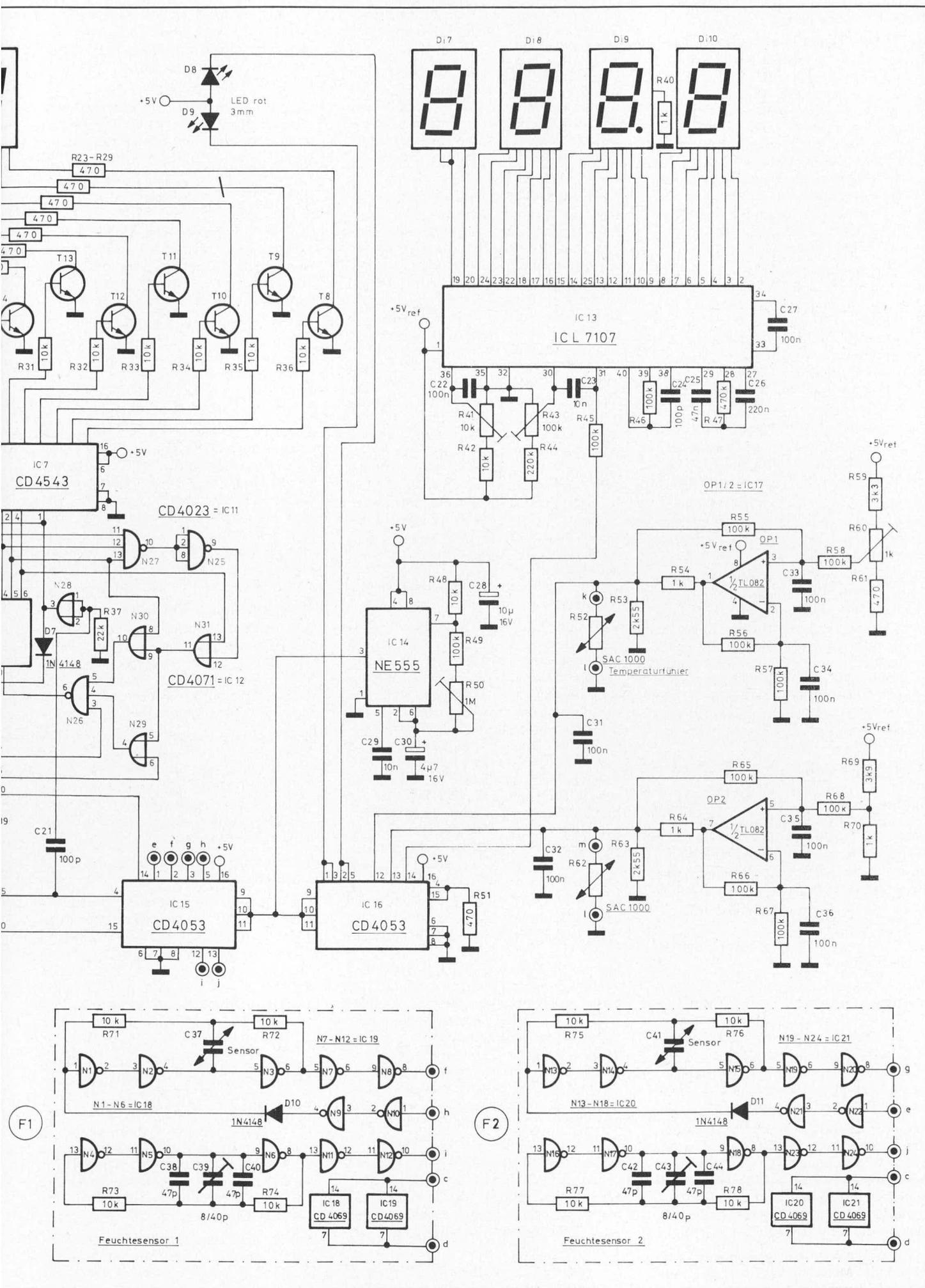
Die Sensoren werden über je eine getrennte Konstantstromquelle gespeist, wobei die eine Stromquelle über einen Spindeltrimmer regelbar ist, damit unterschiedliche Sensordaten ausgeglichen werden können. Die an den Temperatursensoren abfallende, mit den Parallelwiderständen linearisierte Spannung, gelangt über den automatisch gesteuerten elektronischen Umschalter auf die Eingänge des IC's des Typs ICL 7107, das die Spannung in eine digitale Anzeige umsetzt.

## I. 4 Automatische Meßstellenumschaltung für Feuchte und Temperatur

Wie eingangs bereits erwähnt, kann sowohl der Luftfeuchtemesser als auch der Temperaturmesser wahlweise mit einer oder zwei Meßstellen bestückt werden. Bei Einsatz von zwei Meßstellen dient das IC des Typs CD 4053 der elektronischen Meßstellenumschaltung, wobei das Timer-IC NE 555 die Ansteuerung mit der Taktfrequenz vornimmt, so daß alle paar Sekunden ein automatischer Wechsel der Meßstellen erfolgt.



Gesamtschaltbild der ELV-Wetterstation 2000



## II. Zur Schaltung

### II. 1 Digitaler elektronischer Druckmesser

Der Drucksensor des Typs KPY 10 von der Firma Siemens erhält seine positive Versorgungsspannung an den Anschlußbeinchen 1, 2 und 8 und seine negative Versorgungsspannung an dem Anschlußbeinchen 6. Parallel dazu liegt der Temperatursensor R 6 des Typs KTY 10 D, zudem in Reihe der Widerstand R 7 und der Trimmer R 8 liegen. Mit dieser Schaltungsanordnung wird eine gute Temperaturkompensation des Drucksensors erreicht, wobei eine sehr exakte Dimensionierung Voraussetzung ist.

Die Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 10 stellen den Brückenausgang der in dem Drucksensor integrierten Meßbrücke dar. Die Spannung wird über den Widerstand R 5 auf den positiven Meßeingang des Haupt-IC's 1 des Typs ICL 7107 gegeben, während der negative Meßeingang des IC 1 (Pin 30) direkt mit Pin 3 des Drucksensors verbunden ist.

Das IC des Typs ICL 7107 stellt einen kompletten digitalen Spannungsmesser dar, der die an Pin 30 und 31 anliegende Gleichspannung in eine digitale Anzeige umsetzt.

Von der äußeren Beschaltung (Dimensionierung) ist es nun abhängig, welcher Anzeigenwert der jeweiligen Eingangsspannung zugeordnet wird.

Außerdem spielt die Meßfolgefrequenz, sowie bei sehr niedrigen Spannungen, wie den hier anliegenden, die Ausführung des Platinenlayouts eine wesentliche Rolle. Bei anderer Schaltungsauflösung, d. h. anderer Leiterbahnführung, könnte es durchaus passieren, daß keine brauchbare Anzeige zustande kommt. Die hier vorliegende, von uns entwickelte Schaltung und deren Ausführung, liefert jedoch ausgezeichnete Ergebnisse.

### II. 2 Digitaler elektronischer Feuchtemesser

Mit dem IC 18 (bzw. 20 für den 2. Fühler) sind zwei RC-Oszillatoren aufgebaut, wobei ein Oszillator als frequenzbestimmende Kapazität den Feuchtesensor C 37 (bzw. C 41) und der zweite Oszillator zwei Festkapazitäten C 38 und C 40 (bzw. C 42 und C 44) und eine variable Kapazität C 39 (bzw. C 43) enthält.

Mit C 39 bzw. C 43 wird später der Abgleich durchgeführt.

Die Ausgangsfrequenzen beider Oszillatoren, sowie die Synchronisierung, die über die Diode D 10 (bzw. D 11) eingespeist wird, werden über die Gatter N 7 bis N 12 gepuffert, wodurch die gesamte Schaltung des Meßteiles weitgehend rückwirkungsfrei arbeiten kann und von Leitungskapazitäten und Einstreuungen unabhängig ist.

Die Ausgangsfrequenzen der Meßschaltungen mit den Fühlern F 1 und F 2 gelangen auf die Eingänge des IC 15, das drei Umschalter enthält. An den Ausgängen 4, 14 und 15 stehen dann je nach Schaltzustand entweder die Impulse des Meßkreises F 1 oder die des Meßkreises F 2 zur Verfügung.

Die Ausgangsfrequenzen der beiden Oszillatoren des Meßkreises F 1 bzw. des Meßkreises F 2 werden auf die Eingänge der

IC's 9 und 10 gegeben. Es handelt sich hierbei um je einen Binärzähler des Typs CD 4040.

Ein wesentlicher Vorteil der Schaltung des digitalen Feuchtemessers ist es, daß es ohne Einfluß auf das Meßergebnis bleibt, wenn beide RC-Oszillatorfrequenzen prozentual um den gleichen positiven oder negativen Betrag aufgrund von Alterung, Temperatur usw. driften sollten.

Nachdem die von der Sensorplatine kommenden Impulse die IC's 9 und 10 durchlaufen haben, wo sie durch Teilung auf brauchbare Dauer verbreitert wurden, erfolgt anschließend eine Differenzbildung aus beiden Impulsen. Der resultierende Impuls wird als Zeitfenster benutzt, für dessen Dauer die ungeteilten Impulse aus dem Referenzoszillator auf den Eingang des IC 8 des Typs CD 4518 gelangen. Dieses IC beinhaltet zwei Dekadenzähler mit BCD-Ausgang, die dann die IC's 6 und 7 direkt ansteuern können. Letztgenannte IC's beinhalten Dekoder, Speicher und Anzeigentreiber. Da der Treiber jedoch nur ca. 2,4 mA pro Segment für die Anzeigen zur Verfügung stellt, wäre die Anzeige geringfügig dunkler als bei den Anzeigen, die von den IC's des Typs ICL 7107 angesteuert werden, da hier ca. 8 mA pro Segment zur Verfügung stehen. Aus diesem Grunde haben wir den IC's 6 und 7 pro Segment einen Transistor mit entsprechend dimensionierten Widerständen nachgeschaltet, um auf gleiche Anzeigehelligkeit zu kommen.

Wie bereits an anderer Stelle dieses Artikels beschrieben, ist die Feuchtesensorenlinie leicht gekrümmt. Sie läßt sich jedoch gut durch drei Geraden innerhalb des empfohlenen Meßbereiches von 10 % bis 90 % relativer Luftfeuchte annähern. Stellt man Berechnungen über das Verhältnis der Steigerungen der Geraden zueinander an, so zeigt sich, daß sich eine gute Näherung ergibt, wenn ab 40 % der relativen Luftfeuchte jeder 4. Impuls und ab 70 % der relativen Luftfeuchte jeder 2. Impuls herausgefiltert wird. Hierfür sind die IC's 11 und 12 vorgesehen. In Abhängigkeit vom Ausgangssignal des IC 8 steuern diese das IC 8 in der geforderten Art und Weise, wodurch sich eine gute Linearisierung des Meßsignals ergibt.

### II. 3 Digitaler elektronischer Temperaturmesser

Einen wesentlichen Bestandteil der Schaltung des Temperaturmessers stellt auch hier der 3 $\frac{1}{2}$ -stellige monolithische A/D-Wandler des Typs ICL 7107 (IC 13) dar. Alle notwendigen aktiven Elemente wie BCD zu 7-Segment-Dekodierer, Treiberstufen für das Display, Referenzspannung und Taktzeugung sind auf dem Chip realisiert. Die zwischen den Eingängen Pin 30 und 31 des IC 13 anstehende Spannung wird in eine äquivalente digitale Anzeige umgesetzt.

Der negative Eingang (Pin 30) liegt auf einer konstanten mit R 43 einstellbaren Spannung, die den Nullpunkt der Temperaturanzeige festlegt. R 41 dient, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, der Einstellung des Skalenfaktors.

Der positive Meßeingang (Pin 31) ist über R 45 auf den Ausgang eines der drei im IC 16

enthaltenen Umschalters geführt (hier Pin 14). Auf die beiden zugehörigen Eingänge (Pin 12 und Pin 13 des IC 16) sind die linearisierten Spannungen der Sensoren R 52 und R 62 geschaltet.

Die zur Ansteuerung der beiden Sensoren erforderlichen Ströme werden über zwei getrennte Stromquellen erzeugt, die im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern OP 1 und OP 2 mit Zusatzbeschaltung bestehen, und die beide in C 17 des Typs TL 082 integriert sind.

Um einen auf Masse bezogenen Stromquellenausgang zu erhalten, ist normalerweise ein Ausgangstransistor erforderlich, der aufgrund einer raffinierten Schaltungsdimensionierung hier entfallen kann.

Die mit dem OP 2 aufgebaute Stromquelle liegt über R 68 auf einer festen Referenzspannung, welche über R 69 und R 70 aus der Versorgungsspannung erzeugt wird. Diese Spannung legt unter anderem den Strom durch den Sensor R 62 fest.

Damit der zweite Sensor R 52, der unter Umständen geringfügig abweichende Daten aufweist, auf den Sensor R 62 hin angepaßt werden kann, wird die Referenzspannung für OP 1 über den Spindeltrimmer R 60 einstellbar gemacht, so daß, nachdem der Abgleich für den Sensor R 62 erfolgt ist, mit R 60 der Sensor R 52 bei gleicher Temperatur auf die gleichen Anzeigenwerte eingestellt wird.

### II. 4 Betrieb ohne Meßstellenumschaltung

Soll sowohl der Feuchtemesser als auch der Temperaturmesser jeweils mit nur einer Meßstelle betrieben werden, können die IC's 14—16, sowie die Kondensatoren C 28—C 30 und die Widerstände R 48—R 51 ersatzlos entfallen.

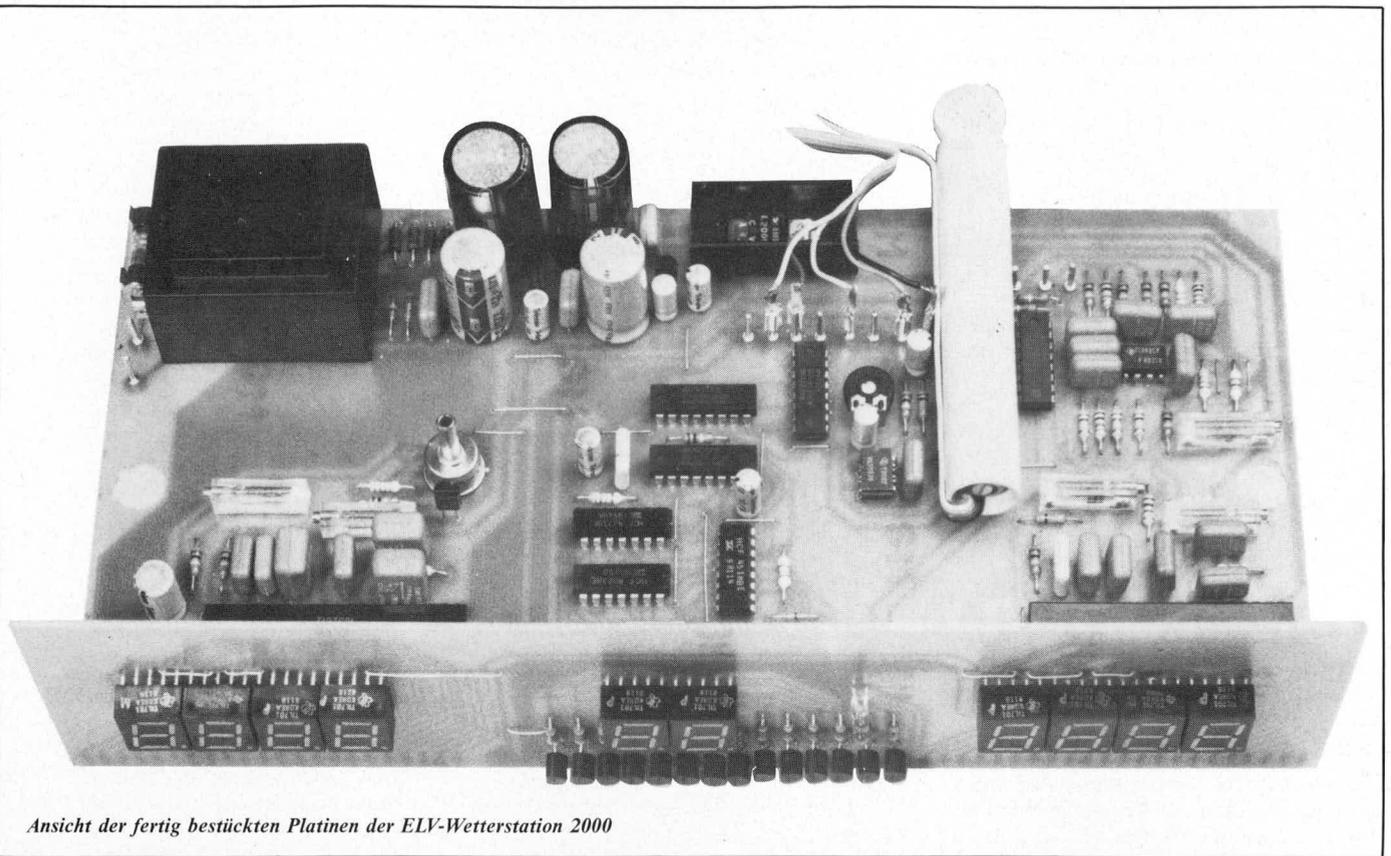
Damit die Impulse der Feuchtesensorplatine auf die IC's 9 und 10 gelangen können, sind an den Stellen, wo die Anschlußbeine 1—14 des IC 15 bei Einsatz der automatischen Meßstellenumschaltung eingelötet würden, und die jetzt frei sind, folgende Brücken einzufügen:

Von Pin 4 nach Pin 5, von Pin 14 nach Pin 12 und von Pin 15 nach Pin 2.

Die gleichen Punkte werden dort, wo der Platz für das IC 16 vorgesehen ist, miteinander durch Brücken verbunden, wenn nur ein Temperatursensor eingesetzt werden soll. Außerdem sind dann die Widerstände R 53—R 56, der Kondensator C 31, sowie der Sensor R 52 ersatzlos zu streichen, da nur die Beschaltung des OP 2 mit dem Sensor R 62 eingebaut wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zwei Temperatursensoren und nur einen Feuchtesensor an die Wetterstation anzuschließen. In diesem Falle werden die IC's 14 und 16 mit ihrer Zusatzbeschaltung benötigt und beide Sensoren angeschlossen. Als einziges Bauelement der Hauptplatine entfällt dann das IC 15. Hierfür sind dann die entsprechenden vorstehend beschriebenen Brücken einzulöten.

Möchte man hingegen zwei Feuchtesensoren und nur einen Temperatursensor einsetzen, kann keines der IC's und übrigen Bauelemente entfallen, da im IC 16 die Umschal-



Ansicht der fertig bestückten Platinen der ELV-Wetterstation 2000

tung der Leuchtdioden D 8 und D 9 enthalten ist. Die Wetterstation ist dann normal zu bestücken, wobei lediglich die Widerstände R 53—R 56, der Kondensator C 31, sowie der Sensor R 52 entfallen können, und zusätzlich der jetzt freie Temperatursensoranschlußpunkt 9 mit dem Platinenpunkt 11 verbunden werden muß, damit bei Umschaltung auf die zweite Meßstelle, die jetzt frei ist, ebenfalls die Temperatur der ersten Meßstelle angezeigt, und lediglich die Feuchtemessung umgeschaltet wird.

Die beiden im IC 16 enthaltenen Umschalter sind parallel geschaltet und steuern die Dioden D 8 und D 9 an, die anzeigen, welche der beiden Meßstellen für Feuchte bzw. Temperatur gerade eingeschaltet sind. Die automatische Umschaltung der Meßstellen erfolgt für den Feuchtemesser mit IC 15 und für den Temperaturmesser mit IC 16 in Verbindung mit dem Taktgenerator IC 14, dessen Ausgang (Pin 3) die Eingänge der Schalt-IC's 15 und 16 (Pin 9, 10 und 11) steuert.

Die Frequenz der Umschaltung kann mit dem Trimmer R 50 variiert werden.

## II. 5 Das Netzteil

Die Anzeige der digitalen elektronischen Wetterstation besteht aus zehn 7-Segment-Anzeigen, die alle statisch, d. h. nicht im Multiplexbetrieb angesteuert werden. Dies hat eine verhältnismäßig hohe Stromaufnahme zur Folge, wodurch sich trotz Stabilisierung der betreffenden Versorgungsspannung von + 5 V über das IC 5 des Typs 7805 aufgrund von Leiterbahnspannungsabfällen eine geringfügige Spannungsschwankung ergeben kann. Da wir aber auf hohe Qualität der Anzeigenkonstanz und der Genauigkeit der Schaltung großen Wert legen, haben wir für die Spannungsversorgungen der einzelnen Meßkreise ein völlig

getrenntes Spannungsversorgungsnetz auf der Platine aufgebaut, das seine Spannungen von + 5 V und - 5 V aus den IC's 3 und 4 erhält. Diese IC's brauchen lediglich Ströme zu liefern, die in der Größenordnung von 10—20 mA liegen.

Um den Transformator so klein wie möglich zu halten, wurde ein Kern mit zwei unsymmetrischen Wicklungen eingesetzt, der optimal auf den Stromverbrauch der Schaltung ausgelegt ist und noch über eine ca. 10 %ige Reserve verfügt.

## III. 1 Zum Nachbau

Wie bei den meisten Geräten aus der ELV-Serie 7000 befinden sich auch bei der hier vorgestellten Schaltung, bis auf den Netzschalter, sämtliche Bauelemente auf den Platinen, so daß eine hohe Nachbausicherheit, bei praktisch vernachlässigbarem Verdrahtungsaufwand erreicht wurde.

Bevor mit der Bestückungsarbeit der Platinen begonnen wird, sind diese in das Gehäuse einzupassen. Nachdem ein Probeeinbau der Platinen zur Zufriedenheit verlaufen ist (Platinen sind noch nicht miteinander verlötet), kann mit der Bestückungsarbeit begonnen werden.

Zunächst werden die Widerstände, dann die Kondensatoren, Dioden usw. in gewohnter Weise eingelötet, wobei auf die Polung bei Kondensatoren und Dioden geachtet werden muß.

Ist die Bestückung nach Einsetzen der ICs (auf richtigen Einbau achten) beendet, wird die Frontplatine senkrecht an die Basisplatine angelötet, und zwar so, daß sie ca. 3 mm unter ihr hervorragt.

Sind alle Kupferflächen der senkrecht aufeinanderliegenden Platinen miteinander

verlötet, kann der Einbau ins Gehäuse vorgenommen werden. Hierzu wird die Basisplatine von oben in die untere Gehäusehalbschale gesetzt, wobei die zwei großen Gehäusebefestigungszapfen zur Führung dienen.

Bevor Front- und Rückwand in die entsprechenden Nuten eingeschoben werden und die obere Gehäusehalbschale aufgesetzt wird, sind die Fühlerzuleitungen durch entsprechende Bohrungen in der Rückwand zu führen, und das Netzkabel mit Netzkabeldurchführung und Zugentlastung anzuschließen.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

## III. 2 Aufbau des Feuchtesensors mit dazugehöriger Elektronik

Damit die Zuleitungen zum Sensor ohne Einfluß auf das Meßergebnis bleiben, ist es erforderlich, den eigentlichen Meßschaltungsaufbau berührungssicher direkt am Sensor anzuordnen, wodurch jetzt lediglich noch gepufferte digitale Signale übertragen werden, die selbst bei mehreren 10 Metern Leitungslänge störicher arbeiten.

Nachdem die Sensorplatine bestückt wurde, sind als letztes der eigentliche Feuchtesensor laut Bestückungsplan auf der einen Stirnseite, und der Trimmerkondensator C 39 (bzw. C 43) auf der anderen Stirnseite anzulöten.

Damit der Sensor mit seinem unteren Teil in ein passendes Kunststoffröhrchen eingeschoben werden kann, sind die für die Schraubbefestigung dienenden Kunststofffüßchen abzukneifen. Nun kann das Kunststoffröhrchen von der Trimmerseite her über die Platine geschoben werden. Zuvor sind allerdings noch die Anschlußdrähte an die Sensorplatine anzuschließen.

Jetzt wird der Abgleich des Trimmers C 39 (bzw. C 43) vorgenommen, wie dies an anderer Stelle dieses Artikels ausführlich beschrieben steht.

Ist der Abgleich durchgeführt, kann das Gehäuse oben und unten mit Uhu-hart vorsichtig abgedichtet werden. Nach dem Aushärten kann man den Sensor gegebenenfalls geringfügig nachabgleichen, da das Uhu-hart nicht so fest ist, um eine Bewegung des Trimmers auszuschließen.

Hat das Gerät einige Wochen gearbeitet, sollte ein Neuabgleich vorgenommen werden, sofern man besonderen Wert auf Genauigkeit legt, da die Bauelemente einer geringfügigen Alterung unterliegen, die jedoch nach einigen Wochen weitgehend abgeschlossen ist, so daß dann keine Änderungen mehr zu erwarten sind und der Fühlergriff auch von der Rückseite her (Trimmerseite) vollständig mit Uhu-hart abgedichtet werden kann, um ihn rundherum vor Umgebungseinflüssen zu schützen. Ein Nachabgleich ist dann allerdings nicht mehr möglich und im allgemeinen auch nicht mehr erforderlich.

Möchte man sich die Möglichkeit des Nachabgleichens offen lassen, kann auch über entsprechende Durchführungstüllen, über die das Kabel nach außen geführt wird, der Trimmer geschützt werden.

Im allgemeinen wird voraussichtlich ein Fühler im Gehäuse angebracht werden, wobei man das Röhrchen mit der Fühlerplatine an die dafür vorgesehene Stelle bringt und mit einem Silberdraht, der an der Unterseite der Basisplatine angelötet wird, befestigt. Der Feuchtesensor selbst sollte durch eine entsprechende Bohrung in der Rückwand Kontakt zur Außenluft haben. Die Schaltung dieses Fühlers braucht nicht besonders abgedichtet zu werden, da eine Berührung von vornherein ausgeschlossen ist. Hierdurch hält man sich Neuabgleich und evtl. Reparatur jederzeit offen.

#### IV. Abgleich

**IV. 1 Abgleich des digitalen Druckmessers**  
Bei der Kalibrierung des Druckmessers sind zwei Einstellungen vorzunehmen:

Mit dem Spindeltrimmer R 6 wird der Skalenfaktor und mit R 8 der Höhenausgleich eingestellt.

Zunächst dreht man R 8 bis zum Anschlag entgegen dem Uhrzeigersinn. Die Einstellung des Skalenfaktors mit R 6 kann nun für den Luftdruck in Meereshöhe vorgenommen werden. Den genauen Wert erfährt man regelmäßig aus dem Radio, wonach man die Einstellung exakt vornehmen kann. Befindet sich der Ort des Luftdruckmessers nicht in Meereshöhe, so wird mit R 8 eine Korrektoreinstellung vorgenommen, und zwar in der Art, daß pro 11 m über Meereshöhe 1 Millibar weniger eingestellt wird, als der Wert des Luftdruckes in Meereshöhe.

Zum besseren Verständnis wollen wir ein Beispiel anführen: Beträgt der Luftdruck in Meereshöhe 1030 mbar und der Ort des Druckmessers liegt in Meereshöhe, so ist die Anzeige mit R 6 auf 1030 einzustellen, wobei

### Stückliste: Digitale, elektronische Wetterstation

#### digitaler, elektronischer Druckmesser

**Halbleiter**  
IC1 ..... ICL 7107  
IC2 ..... KPY 10  
Di1—Di4 ..... TIL 701

**Kondensatoren**  
C1 ..... 100 µF/16 V  
C2, C7 ..... 100 nF  
C3 ..... 1 nF  
C4, C5, C6 ..... 470 nF

**Widerstände**  
R1, R3, R5 ..... 100 kΩ  
R2 ..... 10 kΩ, Spindeltrimmer  
R4 ..... 68 kΩ  
R6 ..... KTY 10 D  
R7 ..... 1,5 kΩ  
R8 ..... 500 Ω, Spindeltrimmer

#### Netzteil der Gesamtschaltung

**Halbleiter**  
IC3 ..... 78L05  
IC4 ..... 79L05  
IC5 ..... 7805  
D1, D2 ..... 1N 4148  
D3—D6 ..... 1N 4001

**Kondensatoren**  
C8, C11 ..... 220 µF/35 V  
C9, C12, C16 ..... 100 nF  
C10, C13, C17 ..... 10 µF/16 V  
C14, C15 ..... 2200 µF/16 V

**Sonstiges**  
Tr1 ..... Netztrafo:  
prim: 220 V/4,5 VA  
sek: 12 V/75 mA  
9 V/400 mA

Si1 ..... Sicherung 0,05 A  
1 Platinensicherungshalter  
2 Lötstifte  
1 U-Kühlkörper  
1 Schraube M3 x 6 mm  
1 Mutter M3

#### digitaler, elektronischer Feuchtemesser

**Halbleiter**  
IC6, IC7 ..... CD 4543  
IC8 ..... CD 4518  
IC9, IC10 ..... CD 4040  
IC11 ..... CD 4023  
IC12 ..... CD 4071  
T1—T14 ..... BC 548 C  
Di5, Di6 ..... TIL 701  
D7 ..... 1N 4148

**Kondensatoren**  
C18—C20 ..... 10 µF/16 V  
C21 ..... 100 pF

**Widerstände**  
R9—R15 ..... 470 Ω  
R16—R22 ..... 10 kΩ  
R23—R29 ..... 470 Ω  
R30—R36 ..... 10 kΩ  
R37 ..... 22 kΩ  
R38 ..... 47 kΩ  
R39 ..... 100 kΩ

**Sonstiges**  
8 Lötstifte

#### Sensorplatine F1

**Halbleiter**  
IC18, IC19 ..... CD 4069  
D10 ..... 1N 4148

**Kondensatoren**  
C37 ..... Feuchtesensor 1  
C38, C40 ..... 47 pF  
C39 ..... 8—40 pF, Trimmer

#### Widerstände

R71—R74 ..... 10 kΩ

#### Sonstiges

1 Kunststoffröhrchen, 90 mm lang,  
12,5 mm Ø innen

#### Sensorplatine F2

**Halbleiter**  
IC20, IC21 ..... CD 4069  
D11 ..... 1N 4148

#### Kondensatoren

C41 ..... Feuchtesensor 2  
C42, C44 ..... 47 pF  
C43 ..... 8—40 pF, Trimmer

#### Widerstände

R75—R78 ..... 10 kΩ

#### Sonstiges

1 Kunststoffröhrchen, 90 mm lang,  
12,5 mm Ø innen

#### digitaler, elektronischer Temperaturmesser

##### Halbleiter

IC13 ..... ICL 7107  
IC17 ..... TL 082  
Di7—Di10 ..... TIL 701

##### Kondensatoren

C22, C27, C31—C36 ..... 100 nF  
C23 ..... 10 nF  
C24 ..... 100 pF  
C25 ..... 47 nF  
C26 ..... 220 nF

##### Widerstände

R41 ..... 10 kΩ, Spindeltrimmer  
R42, R45, R46 ..... 100 kΩ  
R43 ..... 100 kΩ, Spindeltrimmer  
R44 ..... 220 kΩ  
R47 ..... 470 kΩ  
R52 .. Temperatursensor 2, SAC 1000  
R53 ..... 2,55 kΩ  
R54 ..... 1 kΩ  
R55—R58 ..... 100 kΩ  
R59 ..... 3,3 kΩ  
R60 ..... 1 kΩ, Spindeltrimmer  
R61 ..... 470 Ω  
R62 .. Temperatursensor 1, SAC 1000  
R63 ..... 2,55 kΩ  
R64 ..... 1 kΩ  
R65—R68 ..... 100 kΩ  
R69 ..... 3,9 kΩ  
R70 ..... 1 kΩ

##### Sonstiges

3 Lötstifte

#### automatische Meßstellenumschaltung für Feuchte- und Temperaturmesser

##### Halbleiter

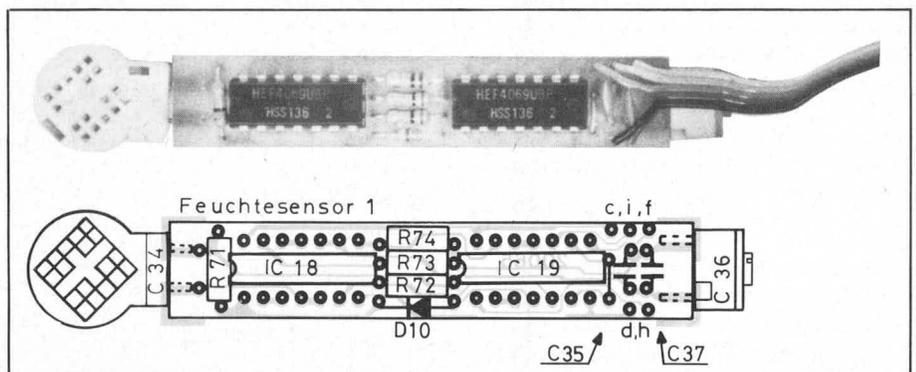
IC14 ..... NE 555  
IC15, IC16 ..... CD 4053  
D8, D9 ..... LED, rot, 5 mm

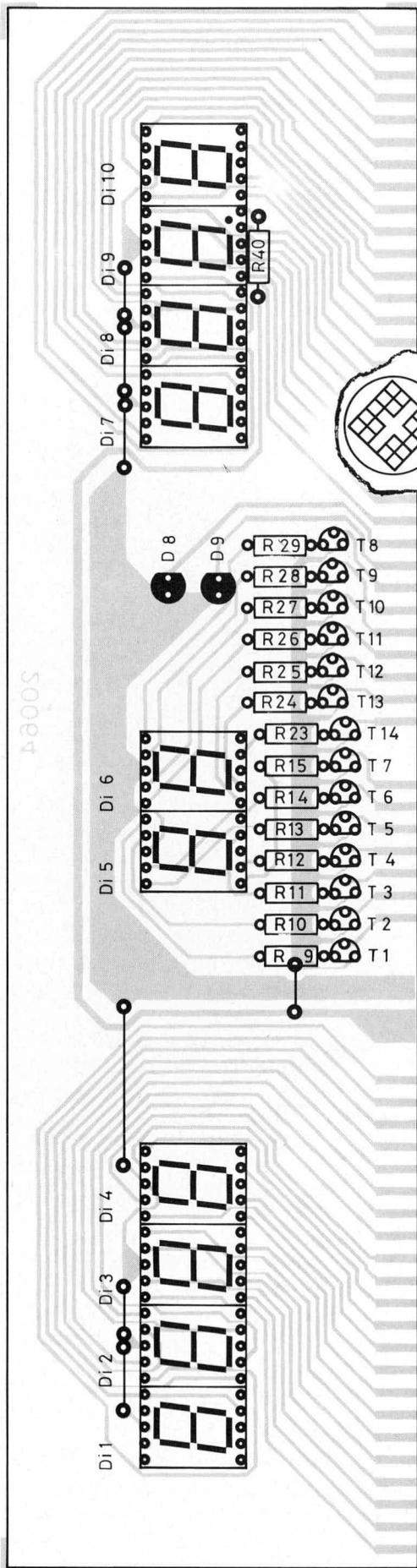
##### Kondensatoren

C28 ..... 10 µF/16 V  
C29 ..... 10 nF  
C30 ..... 4,7 µF/16 V

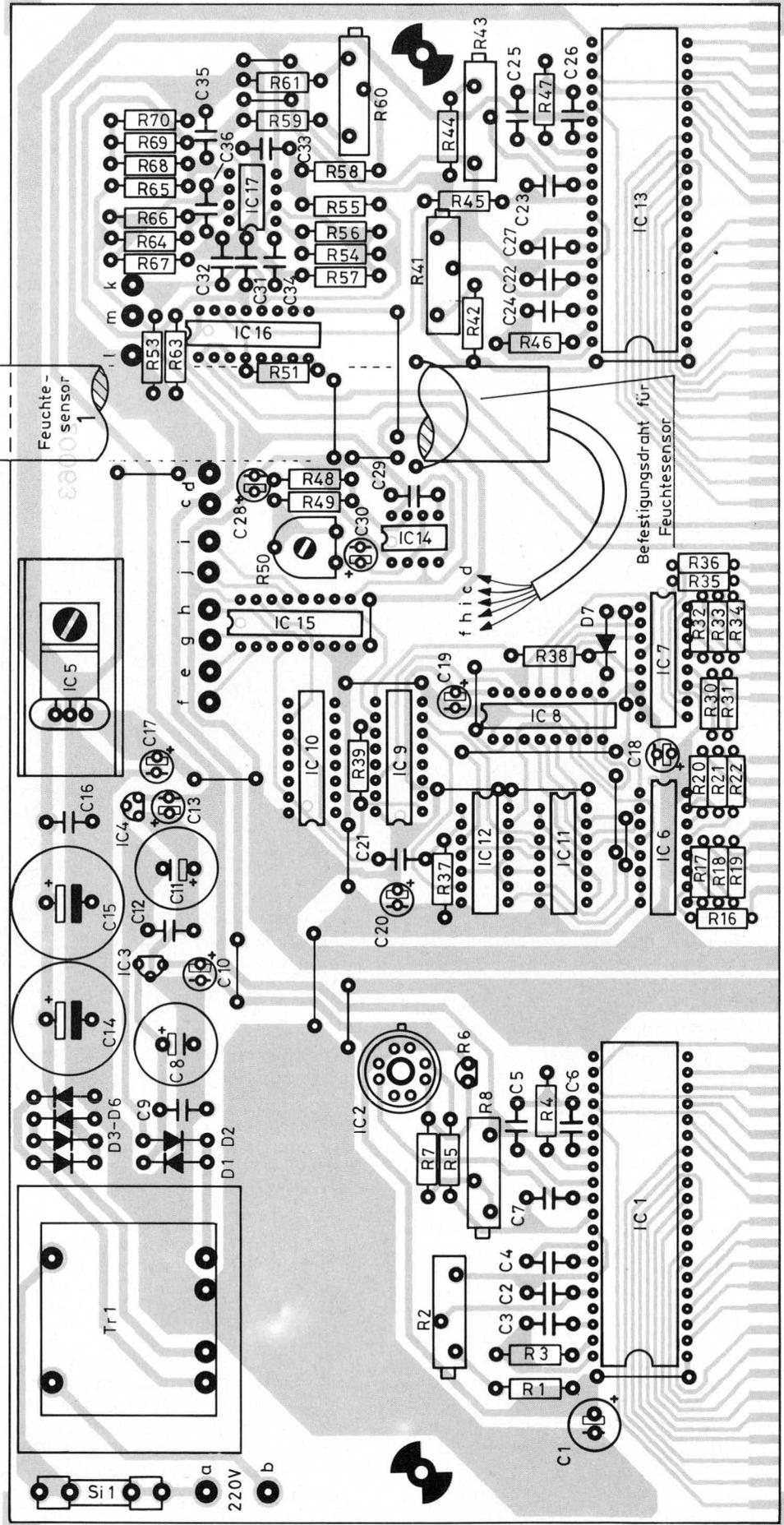
##### Widerstände

R48 ..... 10 kΩ  
R49 ..... 100 kΩ  
R50 ..... 1 MΩ, Trimmer





Bestückungsseite der Anzeigenplatte der ELV Wetterstation 2000



Bestückungsseite der Basisplatte der ELV Wetterstation 2000

R 8 zuvor wie bereits erwähnt bis zum Anschlag entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht wird. Liegt der Ort des Druckmessers 11 m über Meereshöhe, so wäre anschließend nach der Einstellung mit R 6 auf 1030 mit R 8 die Anzeige um 1 zu verringern das heißt auf 1029 einzustellen. Lage der Ort 110 m über Meereshöhe, so wäre die Anzeige um 10 mbar zu verkleinern (auf 1020 mbar).

#### IV. 2 Abgleich des Feuchtemessers

Durch eine ausgefeilte Schaltungstechnik konnte der Abgleich des Feuchtemessers stark vereinfacht werden, so daß ein einziger Abgleichpunkt vorhanden ist.

Für die Kalibrierung ist eine Klimakammer mit geeichter relativer Luftfeuchte zweckmäßig. Steht diese nicht zur Verfügung, kann der Abgleich ersatzweise auch mit Hilfe gesättigter Satzlösungen in einem geschlossenen Gefäß erfolgen. Hierbei ordnet man den Sensor in einem geschlossenen Behälter so an, daß dessen Anschlußstifte durch die Behälterwandung geführt und von außen mit der Schaltung verbunden werden können. Dies ist auch ohne weiteres möglich, da die Zuleitungen zur Sensorplatte ohne Einfluß auf das Meßergebnis sind.

Anschließend bringt man einen mit einer gesättigten Kochsalzlösung getränkten Wattebausch in den Behälter ein und verschließt ihn luftdicht. Nach einer Wartezeit von mindestens 30 Minuten (bei konstanter Temperatur im Bereich zwischen +5 °C bis +20 °C) stellt man die Anzeige mit C 39 Fühler 1) bzw. C 43 (Fühler 2) auf 76 ein. Hierbei macht man sich die Tatsache zunutze, daß die relative Feuchte der Luft, die sich in einem geschlossenen Behälter über einer darin enthaltenen gesättigten Kochsalzlösung (NaCl = Natriumchlorid) in dem vorstehend genannten Temperaturbereich auf einen Wert von ziemlich exakt 76 % einstellt.

Wichtig ist die Temperaturgleichheit von Salzlösung und der Luft in dem geschlossenen Gefäß. Eine Temperaturdifferenz von nur 1 ° hat eine Abweichung von mehreren Prozenten der relativen Feuchte zur Folge. Dagegen ist die gemeinsame absolute Temperatur von Salzlösung und Lufttemperatur in den genannten Grenzen unerheblich.

Die gesättigte Kochsalzlösung stellt man auf einfache Weise selbst her, in dem in ein halbes Glas Wasser soviel Kochsalz geschüttet wird, daß nach dem Umrühren sich nach einigen Minuten am Boden des Glases eine Ablagerung bildet. Jetzt taucht man einen Wattebausch bis zur Hälfte in das Glas ohne mit dem am Boden abgelagerten Salz in Berührung zu kommen, um diesen Wattebausch dann anschließend in den geschlossenen Behälter einzubringen, in dem auch der zum Abgleich kommende Sensor sich befindet.

Nachdem die Anzeige nach Ablauf der vorstehend beschriebenen Wartezeit von mindestens 30 Minuten auf 76 eingestellt wurde, ist der Feuchtemesser nun in Prozent der relativen Luftfeuchte kalibriert, da aufgrund der Schaltungsauslegung ein zweiter Abgleichpunkt nicht erforderlich ist.

Da der vorstehend beschriebene Abgleich große Sorgfalt voraussetzt und nicht ganz unproblematisch ist, bieten wir den kom-

pletten Sensorteil (Sensor mit bestückter Platine mit Ummantelung vergossen) auch komplett abgeglichen an. Diese Sensorschaltungen sind untereinander ohne Neuabgleich und ohne Genauigkeitseinbußen voll austauschbar, da der Abgleich lediglich auf der kleinen Sensorplatte durchgeführt wird und der Rest der Schaltung ausschließlich digital arbeitet und keinerlei Einstellungen erfordert.

#### IV. 3 Abgleich des Temperaturmessers

Bevor das Gerät eingeschaltet wird, sollte man noch einmal die Bestückung kontrollieren.

Zum Abgleich stehen zwei getrennte, beides sehr genaue Methoden zur Verfügung.

Bei Einsatz der automatischen Meßstellenumschaltung ist darauf zu achten, daß nur abgeglichen wird, wenn auch der entsprechende Sensor eingeschaltet ist.

Nachdem das Gerät eingeschaltet wurde, taucht man den (oder die) Temperaturfühler in ein Glas, das mit einem Gemisch aus kleinsten Eiswürfeln und Wasser besteht.

Mit dem Spindeltrimmer R 43 wird nun die Anzeige für den Fühler R 62 auf 00.0 abgeglichen, da das Eis-Wasser-Gemisch exakt eine Temperatur von 0,0 °C aufweist. Zuvor ist der Spindeltrimmer R 41 jedoch ungefähr in Mittelstellung zu bringen.

Es ist darauf zu achten, daß die Eiswürfel möglichst klein (wenige mm Durchmesser) gehackt wurden und nur verhältnismäßig wenig Wasser (möglichst weniger als 50 %) in dem Glas ist, wobei natürlich alle Eisstückchen mit Wasser bedeckt sein müssen.

Die Fühler-elemente müssen möglichst weit in das Eiswasser getaucht werden, damit der Temperatureinfluß über die beiden Versorgungsleitungen ausgeschaltet wird.

Hält man sich vor Augen, daß mit diesem Gerät Temperaturen mit einer Auflösung von 0,1 °C gemessen werden, die man unter Einsatz dieses hochwertigen Fühler-elementes dem Gerät auch weitgehend glauben kann, so ist der Temperatureinfluß über die Versorgungsleitungen des Fühler-elementes durchaus zu beachten und auszuschalten.

Mit dem Spindeltrimmer R 60 wird nun die Anzeige für den Fühler R 52 ebenfalls auf 0,0 °C eingestellt und damit eine Übereinstimmung der beiden Sensoren herbeigeführt.

Sehr wesentlich ist es, noch anzumerken, daß die Anschlußdrähte der Temperatursensoren einwandfrei isoliert werden müssen, damit nicht durch das Eintauchen in Wasser Kriechströme das Ergebnis verfälschen können.

Eine Isolierung erreicht man z. B. durch sauberes Anlöten der Anschlußlitze an die Sensorbeinchen bei anschließendem Rüberschieben der Isolierung bis zum Sensor-kopf. Danach werden mit einem wasserfesten Klebstoff die Anschlußstellen abgedichtet.

Durch zusätzliches Umhüllen der Anschlußstelle mit einem Schrumpfschlauch kann die Isolierung noch weiter verbessert werden.

Bei der Einstellung des Skalenfaktors können zwei verschiedene, in jedem Haushalt befindliche Vergleichsmöglichkeiten gewählt werden, wobei lediglich der Abgleich für den Fühler R 62 vorgenommen zu werden braucht. Bis auf geringe Abweichungen stimmt die Messung bei Einschalten des Fühlers R 52 dann automatisch.

Erste Möglichkeit:

Man erinnert sich des hoffentlich wenig gebrauchten Fieberthermometers, das normalerweise nur eine Abweichung von höchstens  $\pm 0,1$  °C hat.

Nachdem sowohl Fieberthermometer als auch Temperatursensor desinfiziert und gereinigt wurden, mißt man zunächst seine eigene Körpertemperatur am besten im Mund mit dem Fieberthermometer.

Nehmen wir einmal an, daß sich eine Anzeige von z. B. 36,9 °C einstellt. Der Temperatursensor wird dann in den Mund genommen. Nach 1 bis 2 Minuten kann die Anzeige mit dem Wendeltrimmer R 41 auf diesen Wert eingestellt werden. Zu Kontrollzwecken kann gleichzeitig oder auch hinterher die Temperatur noch einmal mit dem Fieberthermometer überprüft werden.

Zweite Möglichkeit:

Man macht sich die Tatsache zunutze, daß kochendes Wasser eine Temperatur von 100 °C aufweist, die lediglich geringfügig mit dem Luftdruck schwankt. Dieser Einfluß ist jedoch vernachlässigbar.

Der Temperatursensor wird in das kochende Wasser (muß richtig sprudelnd kochen; Vorsicht Verbrennungsgefahr) mindestens 1 bis 2 cm tief (eher etwas tiefer) eingetaucht.

Wichtig ist hierbei, daß der Sensor nicht den Topfboden berührt, da dieser unter Umständen auch heißer sein kann und das Ergebnis dadurch verfälschen könnte.

Die Anzeige ist nun mit dem Wendeltrimmer R 41 auf 100,0 abzugleichen.

Das digitale, elektronische Thermometer ist jetzt in °C kalibriert.

Welche Methode des Abgleichs man wählt, hängt im wesentlichen von dem späteren Einsatz ab.

Sollen überwiegend Temperaturen im Wohnbereich (unter +50 °C) gemessen werden, so ist die Fieberthermometer-Methode günstiger, da hierdurch diese Temperaturen besser abgedeckt werden.

Im Bereich um Null Grad C und im Bereich bis 40 °C sind Genauigkeiten von  $\pm 0,1$  °C erreichbar.

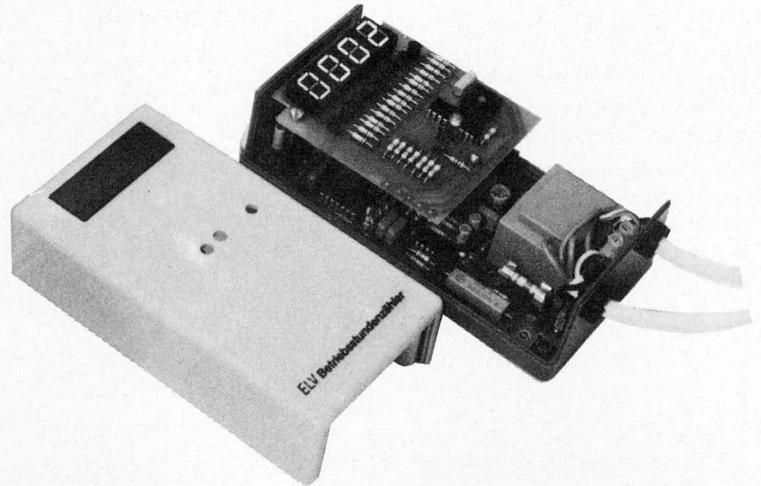
Dies ist eine Genauigkeit, die selbst von sehr teuren, professionellen Temperaturmessern teilweise nur mit Mühe erreicht wird.

Werden häufig Temperaturen von über 50 °C gemessen (z. B. Gehäusetemperaturen von Leistungshalbleitern), so ist die 100 °C-Methode vorzuziehen.

Hier sind nahezu über den gesamten Bereich Genauigkeiten von besser als 1 % (teilweise erheblich besser) vom Endwert zu erzielen.

Die Methoden des Abgleichs sind deshalb so genau beschrieben, da diese eine ganz wesentliche Voraussetzung für ein genaues und erfolgreiches Arbeiten darstellen.

# Elektronischer Betriebsstundenzähler mit Start/Stop-Automatik



*Der hier vorgestellte, im ELV-Labor entwickelte elektronische Betriebsstundenzähler zeichnet sich durch folgende Punkte besonders aus:*

- Betriebsstundenzählung bis 9999 Stunden
- kleinste Auflösung 1 Stunde
- 4stellige Sieben-Segment-LED-Anzeige
- elektronische Start/Stop-Automatik
- einstellbare Ansprechempfindlichkeit von min. 10 Watt (durch ändern eines Widerstandes: 1 Watt) bis max. 250 Watt
- Maximalbelastung im Dauerbetrieb durch den Verbraucher: 1000 Watt
- Eigenverbrauch ca. 3 Watt
- Notstrombetrieb durch eingebauten, automatisch geladenen 9 V Akku über mehr als 10 Stunden bei ununterbrochenem Netzspannungsausfall
- Bereitschafts-/Betriebsanzeige über zwei LEDs.

## Allgemeines

Betriebsstundenzähler gewinnen wieder zunehmend an Bedeutung durch steigendes Qualitätsbewußtsein von Hifi- und Video-Anhängern. Hochwertige Tonabnehmer-systeme, sowie Tonköpfe in Cassetten-Recordern, Tonbandgeräten und Video-recordern müssen möglichst rechtzeitig in regelmäßigen Abständen gewartet bzw. ausgetauscht werden. Damit die Laufzeit exakt festgestellt werden kann, empfiehlt sich der Einsatz eines Betriebsstundenzählers.

Die „normalen“ im Handel erhältlichen Betriebsstundenzähler sind für vorgenannte Zwecke ungeeignet, da besonders bei Video-recordern der Betriebsstundenzähler nicht über die Einschalttaste angeschlossen werden kann, da die meisten Geräte auch im Stand-by-Betrieb Strom aufnehmen, der Verschleiß der Kopftrommel jedoch erst bei eingefädeltm Kopf auftritt.

Der im ELV-Labor entwickelte Elektronische-Betriebsstundenzähler weist hier ganz entscheidende Vorteile durch die eingebaute elektronische Start/Stop-Automatik auf. Die Automatik mißt ständig den Strom der

in den Verbraucher fließt und entscheidet selbständig, daß z. B. die Betriebsstunden erst dann gezählt werden, wenn die Leistungsaufnahme z. B. 10 Watt übersteigt. Die effektive Ansprechschwelle ist hierbei mit einem Trimmer individuell einstellbar.

Der Anschluß des Betriebsstundenzählers ist denkbar einfach, da er in der Art einer Verlängerungsschnur in die Netzzuleitung des betreffenden Verbrauchers eingefügt wird.

Der Eigenverbrauch liegt bei ca. 3 Watt. Fällt der Strom aus, so übernimmt der eingebaute 9 V Akku die Stromversorgung, wobei im selben Moment des Stromausfalls die Anzeige automatisch ausgeschaltet und die Stromaufnahme auf weniger als 0,1 Watt reduziert wird. Bei wiederkehrender Netzspannung leuchtet die Anzeige sofort wieder auf und der Akku wird geladen.

Soll der Betriebsstundenzähler einer neuen Aufgabe zugeführt werden, kann über eine Reset-Taste die Schaltung auf Null gesetzt werden.

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben,

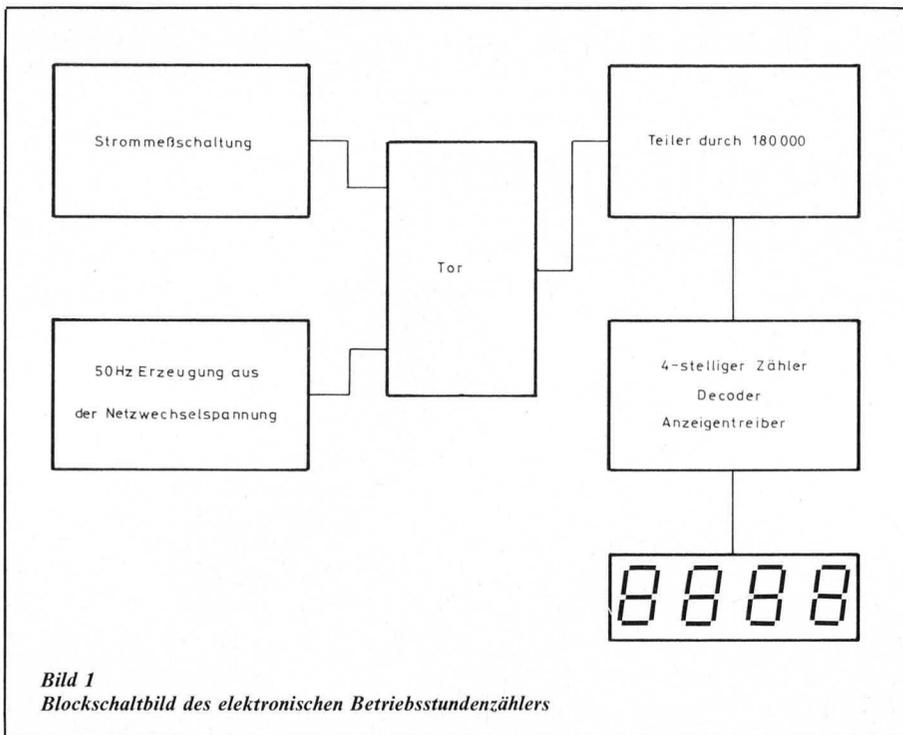
daß besonderer Wert auf eine gute Entstörung der gesamten Schaltung gelegt wurde, damit keine Fehlimpulse das Anzeigergebnis verfälschen.

Vorgenannte Ausführungen lassen erkennen, welch hoher Qualitätsstandard mit der vorliegenden Schaltung eines elektronischen Betriebsstundenzählers erreicht wurde.

## Zur Schaltung

In Bild 1 ist das Blockschaltbild des elektronischen Betriebsstundenzählers dargestellt.

Die aus der Netz-Wechselspannung gewonnenen 50 Hz gelangen auf das Tor, das sich am Eingang eines Teilers der durch 180 000 teilt, befindet. Geöffnet und geschlossen wird das Tor durch die Strommeßschaltung, die die Entscheidung trifft, ab welcher Leistungsaufnahme des Verbrauchers der Betriebsstundenzähler arbeitet. Die Notwendigkeit der Teilung durch 180 000 ergibt sich aus den am Eingang des Tores anstehenden 50 Hz (50 Impulse pro Sekunde) multipliziert mit den 3600 Sekunden, die eine Stunde hat, da der Betriebsstun-



**Bild 1**  
Blockschaltbild des elektronischen Betriebsstundenzählers

denzähler nur jede Stunde seine Anzeige um 1 erhöhen soll ( $50 \cdot 3600 = 180000$ ).

Der Ausgang des „Teilers durch 180000“ steuert die 4stellige Anzeigeneinheit mit integriertem 4stelligen Zähler direkt an.

Im folgenden wollen wir nun näher auf die schaltungstechnischen Einzelheiten eingehen.

Die 4stellige Anzeigeneinheit mit integriertem Zähler wird durch das IC 7 des Typs 74C926 dargestellt, wobei die 7 Segmente der im multiplex betriebenen 4stelligen Anzeige direkt über die Vorwiderstände R 18 bis R 24 angesteuert werden. Die zugehörigen 4 Digits der Anzeige werden vom IC 7 über die Transistoren T 3, T 5, T 7 und T 9 gesteuert.

Damit die Anzeige bei Netzspannungsausfall dunkel gesteuert wird, erfolgt über T 4, T 6, T 8 und T 10 in Verbindung mit dem Ansteuertransistor T 2 die Sperrung der Basen der Digit-Treiber (T 3, T 5, T 7, T 9). Hierbei ist die Funktionsweise wie folgt:

Solange das Netzgerät einwandfrei arbeitet, liegt über den Kondensatoren C 1, C 2 eine Spannung von ca. 12 V an, so daß über R 4 der Akku mit ca. 1 mA geladen wird und die Basis-Emitter-Strecke von T 2 in Sperrrichtung gepolt ist. Bei Netzspannungsausfall fließt der Strom von der Plusseite des Akkus in den Emitter von T 2 über die Basis zum Spannungsregler IC 1, wodurch T 2 in den leitenden Zustand übergeht, d. h., daß die Kollektor-Emitter-Strecke von T 2 leitend wird, und dadurch T 4, T 6, T 8 und T 10 durchschalten.

Ob bei Netzbetrieb oder im Notstrombetrieb wird die positive Ausgangsspannung in jedem Fall mit dem IC 1 auf +5 V stabilisiert. Die negative Versorgungsspannung erhält ihre Stabilisierung auf ca. -5 V über den Vorwiderstand R 5 in Verbindung mit der Z-Diode D 3. Um eine gute Störunterdrückung zu erreichen, wurde eine HF-Drossel (Dr 1) von  $68 \mu\text{H}$  in den Sekundärkreis des 9 V Trafos eingefügt.

Die Erzeugung der 50 Hz für die Ansteuerung der Teilerkette erfolgt mit Hilfe des Transistors T 1 in Verbindung mit den Widerständen R 1, R 2 und R 3. Bei jeder positiven Halbwelle wird T 1 durchgesteuert und bei jeder negativen Halbwelle gesperrt, so daß am Kollektor von T 1 ein Rechtecksignal von exakt 50 Hz ansteht. Bevor dieses 50 Hz Signal auf den Eingang des Tores, bestehend aus dem Gatter N 1 gelangt, wird es über ein R/C-Glied (R 6/C 7) geführt, damit evtl. Störimpulse zuverlässig unterdrückt werden.

Der zweite Eingang des Gatters N 1 (Pin 5) wird ebenfalls über ein R/C-Glied (R 8/C 10) angesteuert und zwar erfolgt hier die Ansteuerung von der Strommeßschaltung, die die Entscheidung trifft, ab welcher Leistungsaufnahme des Verbrauchers der Betriebsstundenzähler zu arbeiten beginnt.

Die Strommeßschaltung besteht im wesentlichen aus den beiden Operationsverstärkern OP 1 und OP 2 mit Zusatzbeschaltung, die beide im IC 6 integriert sind. Der in den Verbraucher hineinfließende Strom wird über den Leistungswiderstand R 10 geführt, an dem somit ein Spannungsabfall entsteht. Der nichtinvertierende (+)Eingang von OP 1 liegt über R 12 an der einen Seite (Punkt B) und der invertierende (-)Eingang liegt über R 9 und R 11 an der anderen Seite (Punkt A) des Leistungswiderstandes R 10, durch den hindurch, wie bereits erwähnt, der Strom des angeschlossenen Verbrauchers fließt. D 4 und D 5 haben in diesem Zusammenhang lediglich eine Schutzfunktion für den Eingang von OP 1 zu übernehmen. Mit dem Trimmer R 11 kann nun in Verbindung mit dem im Rückkoppelzweig liegenden Widerstand R 13 die Verstärkung von OP 1 im Bereich zwischen 10fach und 220fach eingestellt werden. Das bedeutet in Verbindung mit der übrigen Dimensionierung der Strommeßschaltung eine Leistungsansprechschwelle des Betriebsstundenzählers von minimal 10 Watt bis maximal 250

Watt, d. h., daß je nach Einstellung des Trimmers R 11 der Betriebsstundenzähler erst zu arbeiten beginnt, wenn die Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers den eingestellten Leistungswert überschreitet.

Benötigt man eine geringere Ansprechschwelle, so kann durch vergrößern des Widerstandswertes von R 10 von  $0,22 \Omega$  auf  $2,2 \Omega$ , die Ansprechempfindlichkeit mit R 11 dann zwischen 1 Watt und 25 Watt eingestellt werden. Die Maximalbelastung der Schaltung durch den Verbraucher verringert sich dadurch allerdings auf ca. 300 Watt.

Die an R 10 abfallende Spannung wird mit OP 1 verstärkt, über D 6 gleichgerichtet und gelangt dann auf den Siebkondensator C 11, dessen Spannungswert über den als Komparator geschalteten OP 2 abgefragt wird. Der Ausgang des OP 2 (Pin 7) steuert das Tor (Gatter N 1) an, wobei D 8 den Eingang (Pin 5) vor negativer Spannung schützt. Gleichzeitig werden die LEDs D 9 und D 10 über den Vorwiderstand R 41 mit angesteuert. Ist das Tor geschlossen, leuchtet D 10 rot (Spannung an Pin 7 des OP 2 ca. -5 V), während bei geöffnetem Tor am Ausgang von OP 2 ca. +5 V anstehen und D 9 grün leuchtet.

Ist das Tor geöffnet, stehen am Ausgang des Gatters N 1 (Pin 4) die aus der Netzfrequenz gewonnenen 50 Hz-Impulse an. Der Kondensator C 13 dient in diesem Zusammenhang wiederum zur Störsicherheit der Schaltung.

Die IC's 2-4 sind doppelte Dekadenzähler, die in Verbindung mit den Gattern N 2-N 4 einen „Teiler durch 180000“ darstellen. N 3 und N 4 haben in diesem Zusammenhang die Funktion eines Monoflops, das jeweils bei Erreichen des Zählerstandes von 180000 eine Minimumlänge des Reset-Impulses sichert, so daß das IC 7 jede Stunde einen zuverlässigen Impuls an seinem Eingang (Pin 12) erhält.

### Zum Nachbau

Damit das Gerät trotz der umfangreichen Schaltung nicht unnötig groß wird, haben wir uns für eine Sandwich-Bauweise mit zwei übereinanderliegenden Platinen entschlossen. Die untere Platine beinhaltet sämtliche elektronischen Baugruppen, bis auf den 4stelligen Anzeigenteil, der komplett einschließlich Ansteuerung auf der oberen Platine aufgebaut wurde.

Durch den Umfang der Schaltung und die unbedingt erforderliche saubere Arbeit beim Aufbau, sollten sich nur die etwas erfahreneren Hobby-Elektroniker unter unseren Lesern an den Nachbau heranwagen.

Die Bestückung der beiden Platinen erfolgt in gewohnter Weise.

Der Widerstand R 10 sollte zwecks einer besseren Wärmeabfuhr nicht direkt, sondern in ca. 5 mm Abstand von der Basisplatine eingelötet werden.

Damit der 9 V Akku einen besseren Halt hat, kann der Batterieclip zerlegt werden, so daß lediglich die beiden Anschlußkronen mit der kleinen Trägerplatte übrig bleiben, die dann an zwei Lötstifte der Akku-



Spannungsversorgung angelötet werden. Zusätzlich kann der Akku noch auf der Platine fixiert werden, indem man zwei ca. 2 mm große Bohrungen links und rechts etwa in der Mitte neben dem Akku auf der Platine anordnet, und einen isolierten Schalterdraht in der Art einer Schlaufe um den Akku und durch die Platine führt.

Die beiden Platinen werden nun über drei Schrauben M 3 x 35 mm mit 30 mm Abstandsbolzen verbunden, wobei die in der Mitte befindliche Schraube auf der Rückseite der Basisplatine mit einer Mutter festgesetzt wird, und die beiden neben der Anzeige befindlichen Schrauben direkt in den Gehäuseboden eingedreht werden. Zwei weitere ca. 4 mm lange M3 Schrauben (evtl. längere Schrauben etwas kürzen), die sich in der Nähe des Transformators befinden und ebenfalls direkt in den Gehäuseboden gedreht werden, dienen der zusätzlichen Verbindung der Platinen mit dem Gehäuse.

Die Anzeigenplatine wird nun über fünf flexible Leitungen mit der Basisplatine verbunden.

Als letztes werden die beiden Netzkabel für Versorgung und Ausgang an die entsprechenden Punkte der Platine angeschlossen und mit Zugentlastungen in den beiden

Gehäusebohrungen an der Stirnseite festgesetzt. Wichtig ist, daß auf keinen Fall der Anschluß des Schutzleiters vergessen wird. Wir möchten an dieser Stelle erneut an die VDE-Bestimmungen erinnern, auf deren Einhaltung sorgfältig Wert zu legen ist.

In den Gehäusedeckel sind Aussparungen einzubringen — für die LED-Anzeige, die mit einer roten Plexiglasscheibe hinterlegt wird, eine weitere für den Reset-Taster, mit dessen Hilfe der Zähler wieder auf Null gesetzt werden kann, sowie zwei Bohrungen für die beiden LEDs. Die Bohrung für den Reset-Taster sollte einen Durchmesser von ca. 2 mm haben, damit der Taster nur mit einem spitzen Gegenstand betätigt werden kann, und eine Fehlbedienung ausgeschlossen ist.

Dem Einsatz dieser interessanten Schaltung steht jetzt nichts mehr im Wege.

### Meßpunkte

Die vorgestellte Schaltung ist recht umfangreich. Beim Nachbau kann es daher schon einmal zu einer kleinen Panne kommen. Nachfolgend wollen wir Ihnen deshalb einige Hinweise für eine evtl. Fehlersuche geben, damit Sie Ihr Gerät schnell in funktionstüchtigem Zustand einsetzen können.

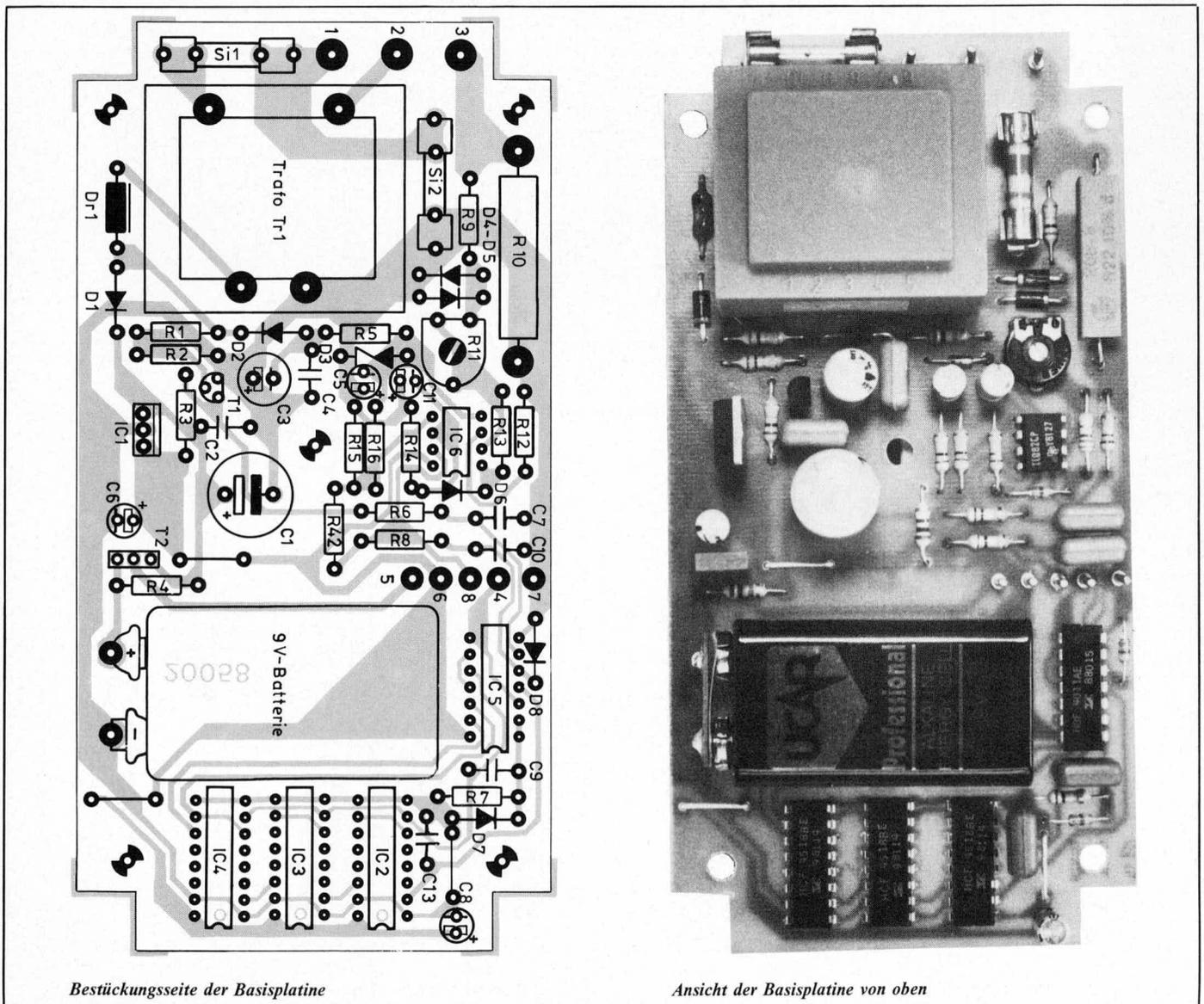
Als erstes überprüfen Sie bitte die Spannung über den Kondensatoren C1 (ca. 12 V) und C3 (ca. -12 V).

Als nächstes sollte die Versorgungsspannung von +5 V und -5 V überprüft werden, wobei die +5 V um ca. 0,5 V und die -5 V um ca. 1 V abweichen darf.

Alle durchgeführten Messungen beziehen sich auf die Masse der Schaltung, das ist z. B. der Mittelpunkt des Spannungsreglers 7805 (IC 1).

Steht ein Oszilloskop bzw. ein Frequenzzähler zur Verfügung, messen wir jetzt am Kollektor von T1, ob dort die aus der Netzwechsellspannung gewonnenen 50 Hz-Impulse anstehen. Diese Impulse sollten ebenfalls in leicht abgeschrägter Form an Pin 6 des Gatters N1 anstehen.

Um das korrekte Teilen der Teilerkette (IC 2 bis IC 4 sowie Gatter N 2 bis N 4) zu überprüfen, legen wir Pin 5 des Gatters N1 auf +5 V. Jetzt ist das Tor unabhängig von der Strommeßschaltung permanent geöffnet und die 50 Hz-Impulse gelangen auf den „Teiler durch 180 000“. Jeweils nach exakt einer Stunde muß an Pin 3 des Gatters N4 ein kurzer Impuls auftreten, der auf den Eingang des Zählers IC7 (Pin 12) ge-



Bestückungsseite der Basisplatine

Ansicht der Basisplatine von oben

langt und so die Anzeige um 1 erhöht. Der Impuls selbst läßt sich nur schwer mit einem Oszilloskop darstellen, weil es sich um einen sehr kurzen Impuls handelt. In Stellung Ereigniszählung eines Frequenzzählers müßte sich jedoch auch hier die Anzeige um 1 erhöhen.

Ist ein korrektes Zählen festgestellt worden, kann die Verbindung von Pin 5 nach +5 V aufgehoben werden, und mit der Überprüfung der Strommeßschaltung begonnen werden.

An der Verbindungsstelle zwischen R 9 und R 11 schließen wir einen 1 k $\Omega$  Widerstand an, dessen anderes Ende wir einmal auf +5 V und einmal auf -5 V legen. Bei Anlegen des Widerstandes an -5 V muß der Ausgang des OP 1 (Pin 1) auf ca. +4 V gehen und der Ausgang von OP 2 (Pin 7) auf ca. -4 V. Wird der 1 k $\Omega$  Widerstand jetzt auf +5 V gelegt, so schaltet der Ausgang des OP 1 (Pin 1) nach ca. -4 V und der Ausgang des OP 2 (Pin 7) nach +4 V, wo-

durch das Tor geöffnet wird. Ist das Verhalten als einwandfrei erkannt, so wird der hinzugefügte 1 k $\Omega$  Widerstand wieder entfernt.

Bei einwandfreiem Anliegen der Versorgungsspannung muß der Transistor T 2 gesperrt sein, das heißt, an seinem Kollektor steht eine Spannung von 0 V an (immer gemessen gegen Masse), so daß auch an den Basis-Emitter-Strecken der Transistoren T 4, T 6, T 8 und T 10 0 V anstehen. Damit sind diese Transistoren ebenfalls gesperrt und die Digit-Treiber (T 3, T 5, T 7 und T 9) der Anzeige können ungehindert arbeiten. Würde T 2 die Transistoren T 4, T 6, T 8 und T 10 ansteuern, so bliebe die Anzeige auch im normalen Betrieb dunkel. T 2 darf erst dann durchsteuern, wenn die Versorgungsspannung vom Netz ausfällt und der 9 V Akku die Versorgung übernimmt.

Anhand der vorstehenden Hinweise sollte eine schnelle Fehlereinkreisung möglich sein.

**Abschließend möchten wir ausdrücklich darauf hinweisen, daß die Schaltung nicht galvanisch vom Netz getrennt ist, obwohl ein Transformator eingebaut ist.** Da es erforderlich ist, den Strom, der in den Verbraucher hinfließt zu messen, wurde die Masse der Schaltung direkt mit dem Netz verbunden. Für den späteren Betrieb ist dieses zwar unerheblich, bei den Messungen jedoch ergibt sich ein ganz wesentlicher Aspekt: da viele Meßgeräte (z. B. Oszilloskope) nicht immer erdfrei sind, ist bei Messungen an der Schaltung unbedingt darauf zu achten, daß das Netzkabel so angeschlossen wird, daß die Phase an Platinenklemme 2 und der Mittelpunktleiter (MP) an Platinenpunkt 1 (rechte Seite von R 10 Punkt B) angeklemmt wird. Bei verdrehtem Anschließen der Netzzuleitung würde es unweigerlich zu einem heftigen Kurzschluß kommen.

**Da die gesamte Schaltung vom Netz nicht getrennt ist, steht diese außerdem permanent unter voller Spannung, so daß entsprechende Vorsichtsmaßnahmen zu treffen sind.**

## Stückliste ELV Betriebsstundenzähler

### Halbleiter

IC1 .....	7805
IC2—IC4 .....	CD 4518
IC5 .....	CD 4011
IC6 .....	TL 082
IC 7 .....	74 C 926
T1, T4, T6, T8, T10 .....	BC 548 C
T2 .....	BD 136
T3, T5, T7, T9 .....	BC 517
Di1—Di4 4xTIL702 od. 2xTIL815	
D1, D2, D4, D5 .....	1N 4001
D3 .....	ZPD 5,6
D6—D8 .....	1N 4148
D9 .....	LED, 5 mm, grün
D10 .....	LED, 5 mm, rot

\* siehe Text

### Kondensatoren

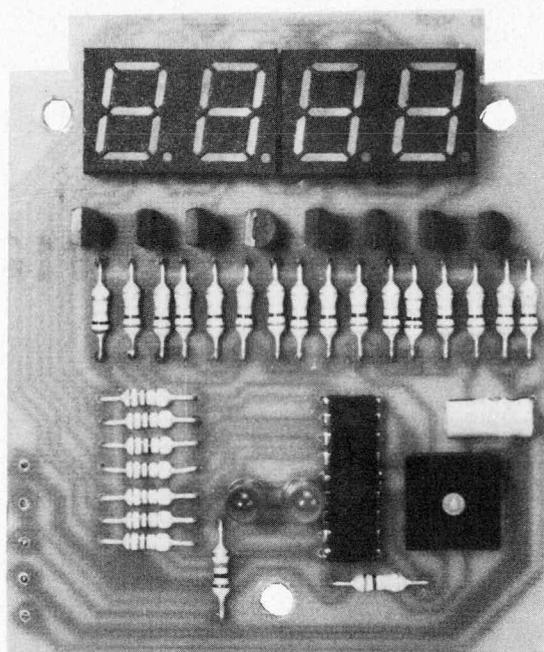
C1 .....	1000 $\mu$ F/16 V
C2, C4, C7, C10 .....	100 nF
C3 .....	100 $\mu$ F/16 V
C5, C6, C8, C12 .....	10 $\mu$ F/16 V
C9, C13 .....	1 nF
C11 .....	1 $\mu$ F/16 V

### Widerstände

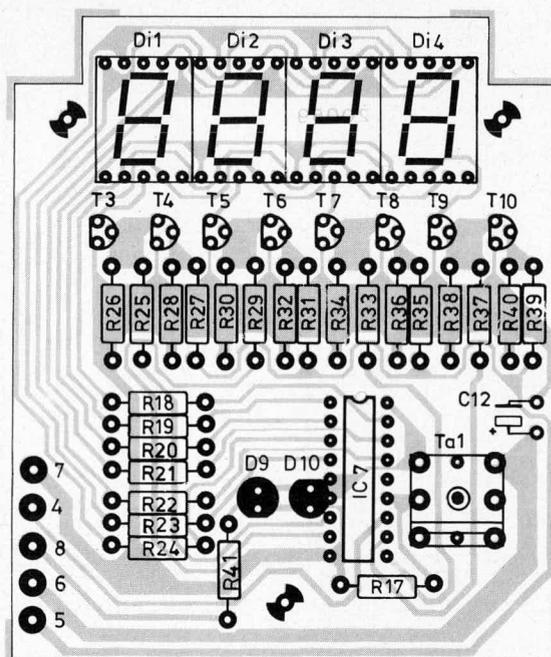
R1—R3, R9, R17, R25—R40	10 k $\Omega$
R4 .....	2,2 k $\Omega$
R5, R41 .....	1 k $\Omega$
R6—R8, R12, R15, R16	100 k $\Omega$
R10* .....	0,22 $\Omega$ , 5 Watt
R11 .....	220 k $\Omega$ , Trimmer
R13 .....	2,2 M $\Omega$
R14, R42 .....	1 M $\Omega$
R18—R24 .....	56 $\Omega$

### Sonstiges

Dr1 .....	HF-Drossel, 68 $\mu$ H
Tr1 .....	Netztrafo: prim: 220 V/3 VA sek: 9 V/0,34 A
Ta1 ...	Taste, Digitast-mini (Kappe muß ggfls. entfernt werden)
Si1 .....	Sicherung 0,05 A
Si2 .....	Sicherung 4 A
2 Platinensicherungshalter	
1 Batterieclip	
10 Lötstifte, 8 Lötstecker	
5 cm Flachbandleitung 5adrig	
3 Abstandsrollchen 30 mm	
3 Schrauben M3 x 35 mm	
1 Mutter M3	
2 Schrauben M3 x 6 mm (auf ca. 4 mm kürzen)	



Ansicht der Anzeigenplatine von oben



Bestückungsseite der Anzeigenplatine