

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 μV 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.

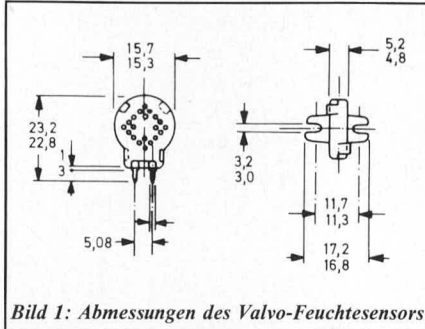


Bild 1: Abmessungen des Valvo-Feuchtesensors

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.

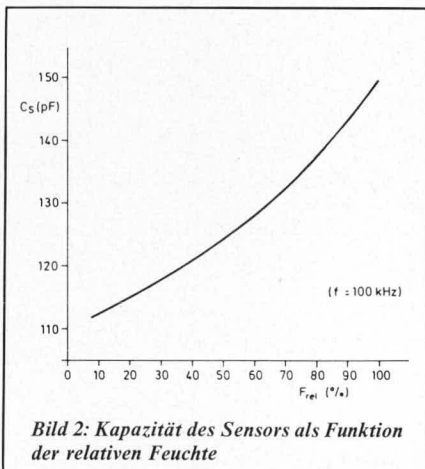


Bild 2: Kapazität des Sensors als Funktion der relativen Feuchte

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 ϑ .

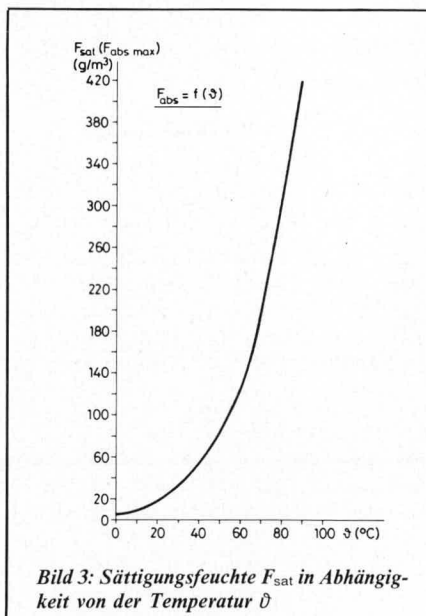


Bild 3: Sättigungsfeuchte F_{sat} in Abhängigkeit von der Temperatur ϑ

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.

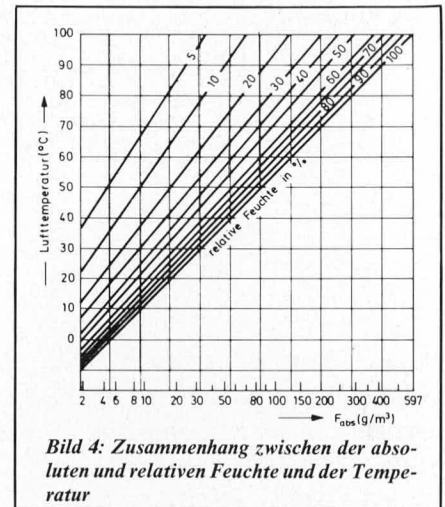


Bild 4: Zusammenhang zwischen der absoluten und relativen Feuchte und der Temperatur

I. 3 Digitaler elektronischer Temperaturmesser

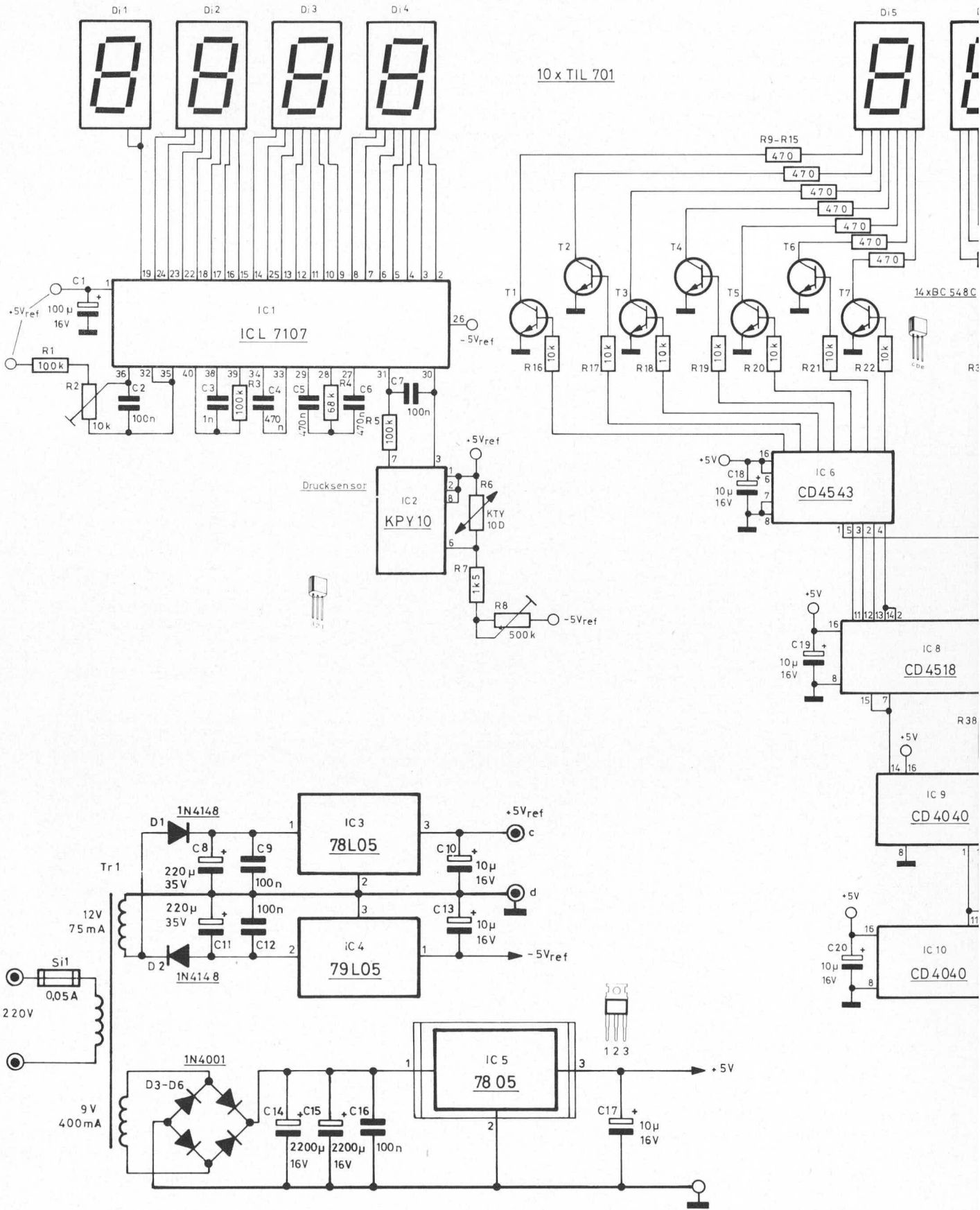
Der Temperaturmesser kann wahlweise mit einer oder zwei Meßstellen bestückt werden, die dann automatisch umgeschaltet werden.

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.

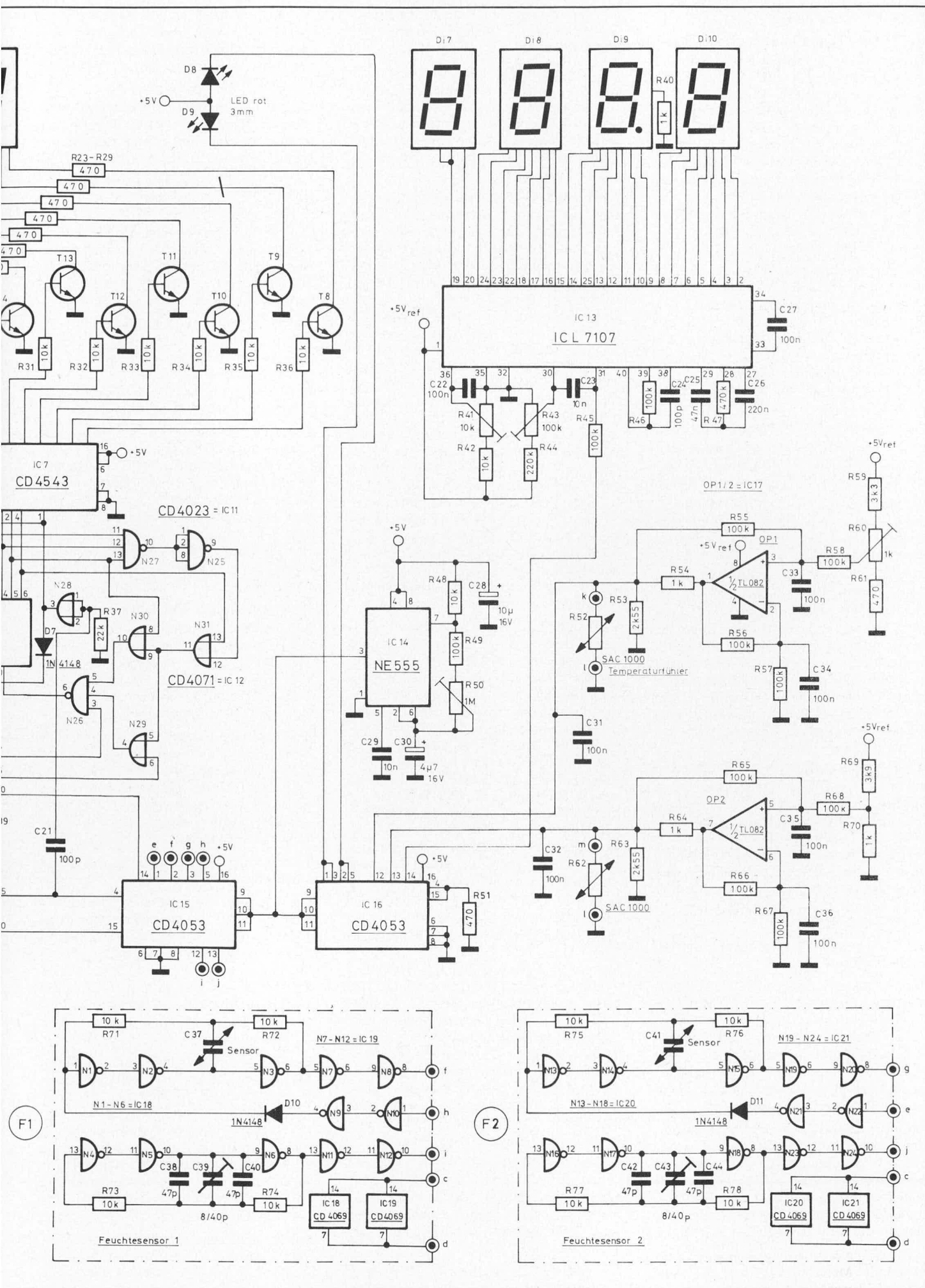
Die Sensoren werden über je eine getrennte Konstantstromquelle gespeist, wobei die eine Stromquelle über einen Spindeltrimmer regelbar ist, damit unterschiedliche Sensordaten ausgeglichen werden können. Die an den Temperatursensoren abfallende, mit den Parallelwiderständen linearisierte Spannung, gelangt 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.

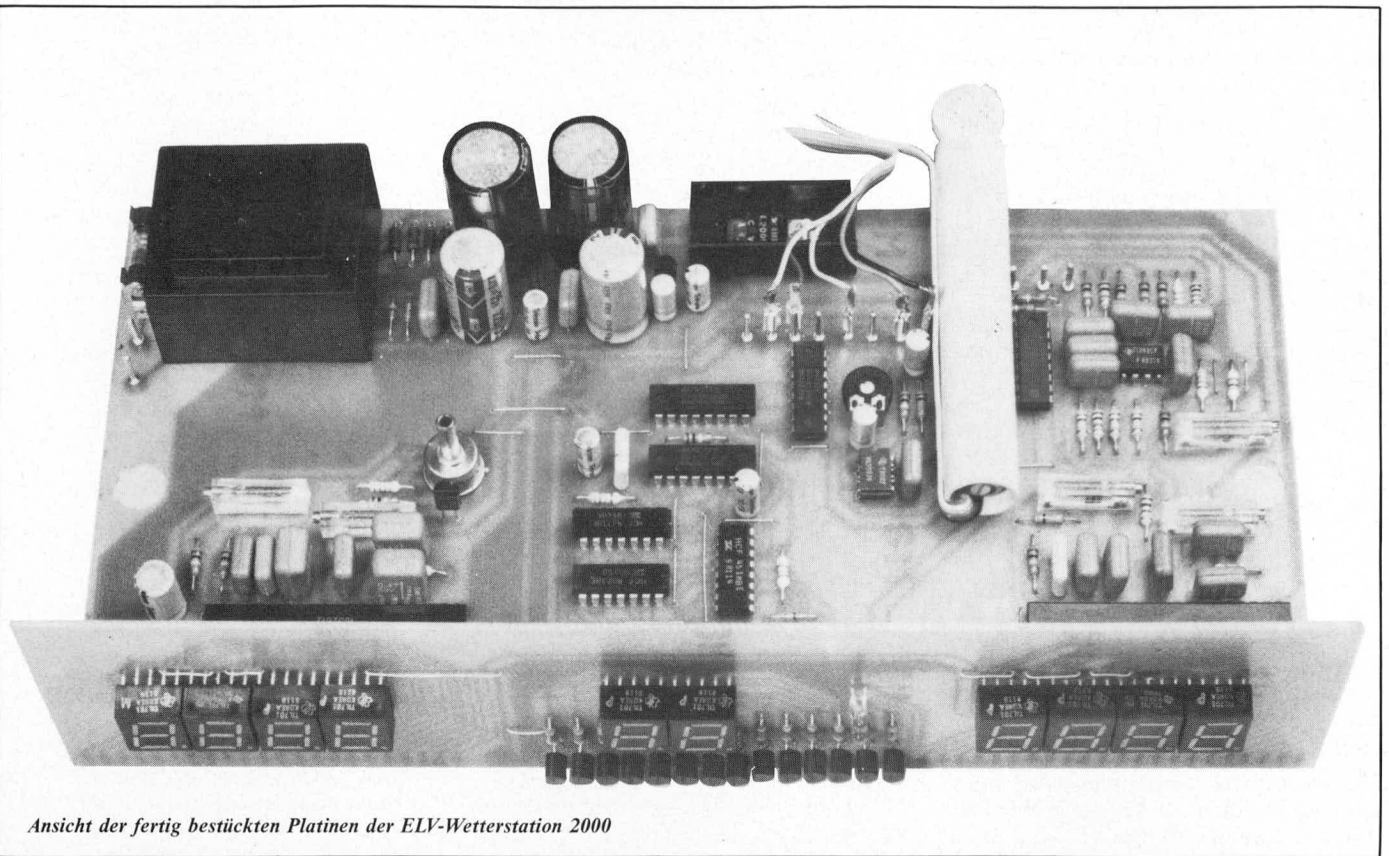
Damit die Impulse der Feuchtesensorplatine auf die IC's 9 und 10 gelangen können, sind an den Stellen, wo die Anschlußbeine 1—14 des IC 15 bei Einsatz der automatischen Meßstellenumschaltung eingelötet würden, und die jetzt frei sind, folgende Brücken einzufügen:

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 Korrektur Einstellung 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

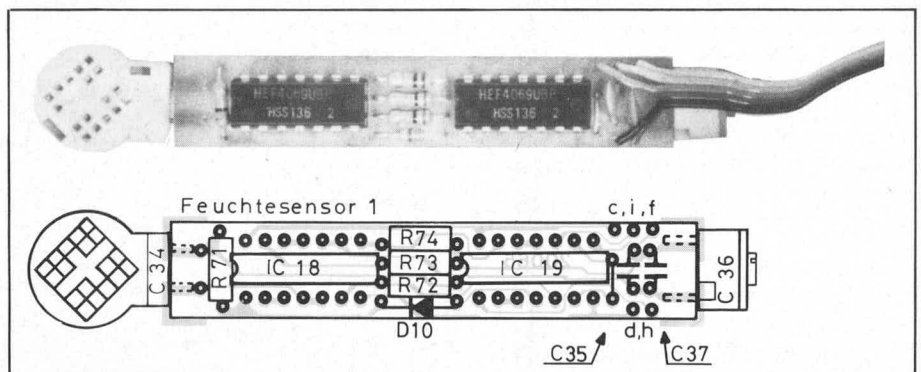
IC14 NE 555
IC15, IC16 CD 4053
D8, D9 LED, rot, 5 mm

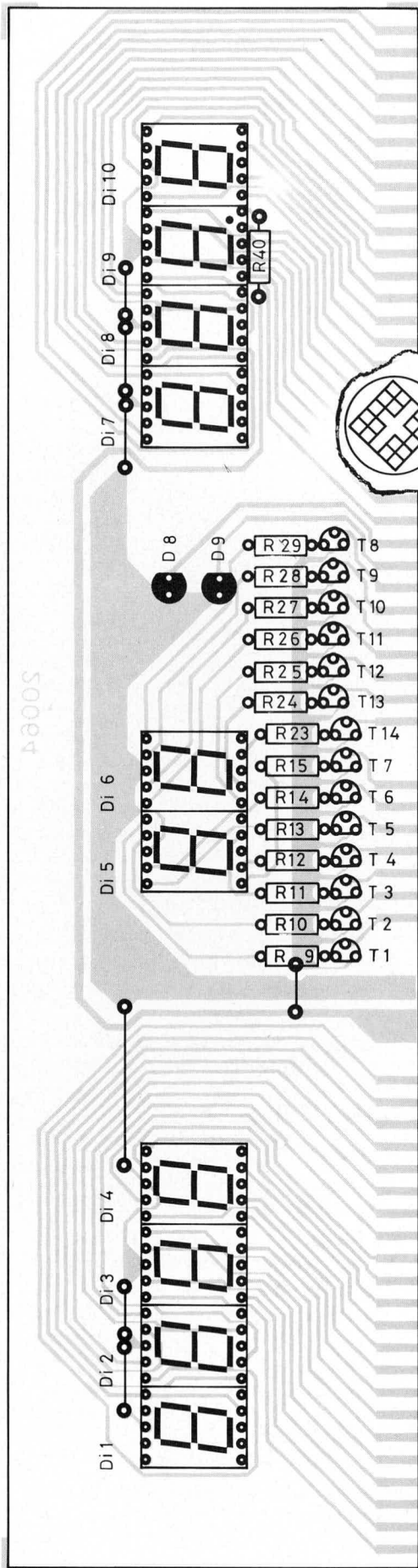
Kondensatoren

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

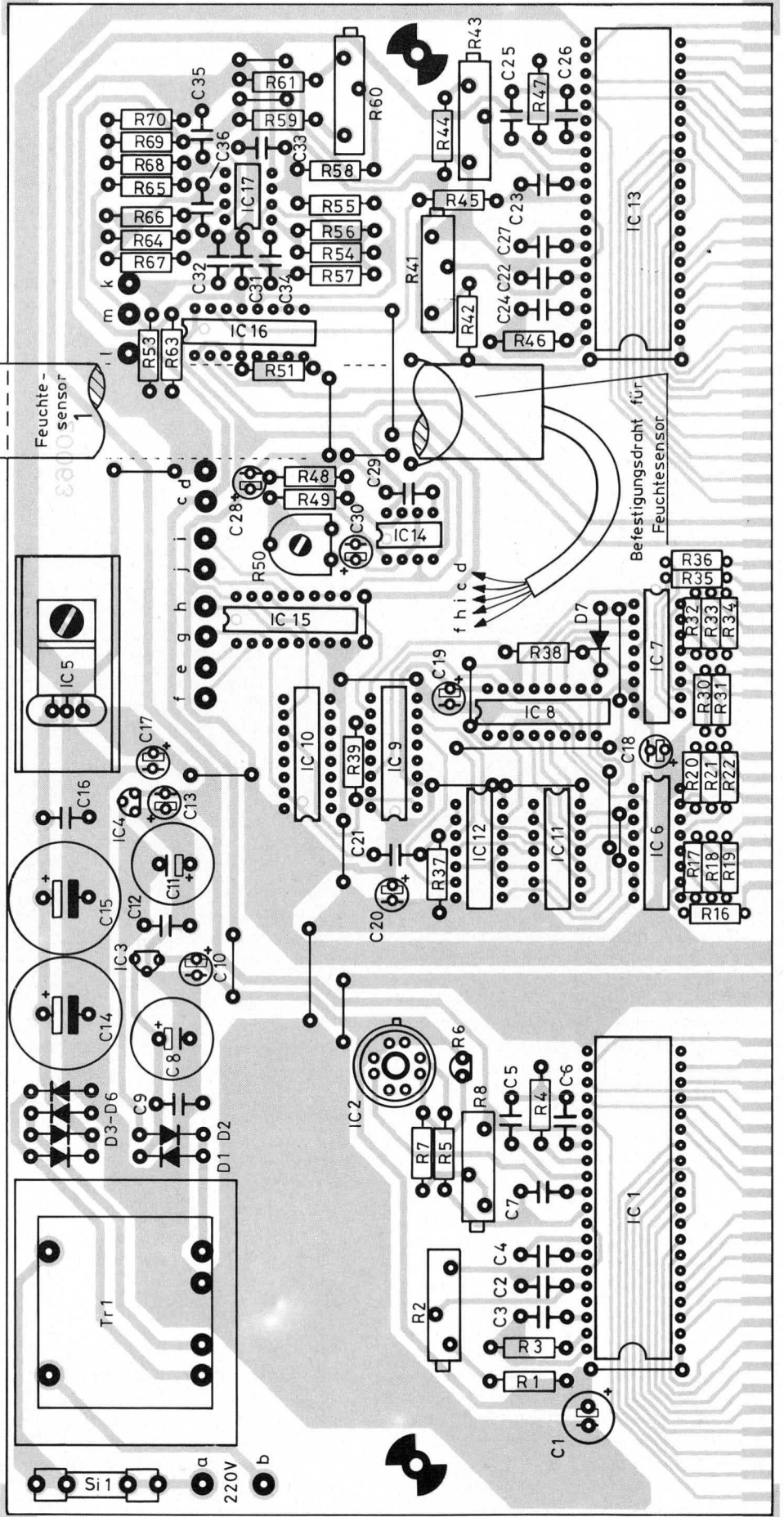
Widerstände

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 Fühlerelemente 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 Fühlerelementes dem Gerät auch weitgehend glauben kann, so ist der Temperatureinfluß über die Versorgungsleitungen des Fühlerelementes 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 Sensorkopf. 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.