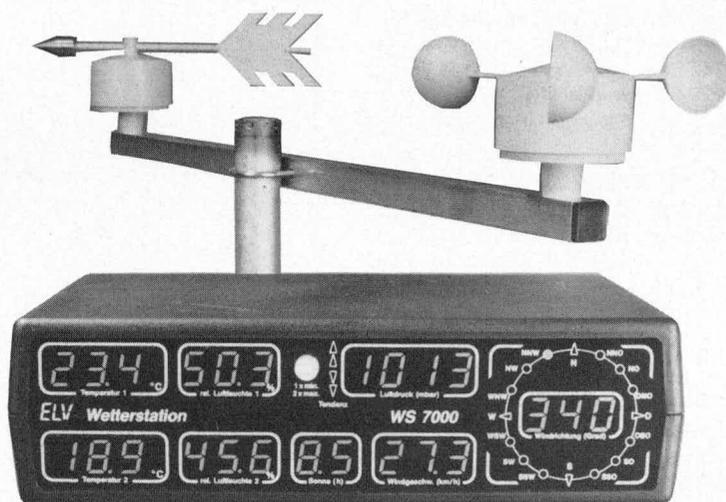


# ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000



*In dem hier vorgestellten dritten und gleichzeitig letzten Teil des Artikels über den Bau der Komfort-Wetterstation WS 7000 stellen wir Ihnen den Nachbau der Aufnehmer für Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie der Basisstation vor. Abschließend folgt die ausführliche Kalibrieranleitung.*

## Teil 3

### **Aufbau der Wind-Meßaufnehmer**

Bei den Meßwertaufnehmern für Windrichtung und Windgeschwindigkeit handelt es sich um hochwertige Konstruktionen, die auch professionelle Anforderungen erfüllen. Bei der Entwicklung wurde ein System angestrebt, das eine hohe Meßwert-Reproduzierbarkeit bei größtmöglicher Nachbausicherheit gewährleistet.

Die fertigen Wind-Meßwertaufnehmer wurden im härtesten Praxistest sorgfältig überprüft. Hierbei konnten auch über einen längeren Zeitraum keinerlei Beanstandungen bzw. nennenswerte Verschleißerscheinungen festgestellt werden.

Darüber hinaus wurde der Windgeschwindigkeitsaufnehmer bei der DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V.) in Braunschweig in ausgedehnten Meßreihen untersucht. Die sich daraus ergebende Kalibrierkurve (Zusammenhang zwischen Ausgangsfrequenz in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit) wurde in den zentralen Mikroprozessor der WS 7000 übernommen, so daß eine optimale Genauigkeit der Windgeschwindigkeitsmessung sichergestellt ist.

Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang noch, daß vorgenannte Meßreihen bei der DFVLR in Braunschweig bis zu einer Windgeschwindigkeit von ca. 200 kmh (!) gemacht wurden. Auch bei diesen extremen Windgeschwindigkeiten, die selbst bei schwersten orkanartigen Stürmen kaum auftreten, lieferte der ELV-Windgeschwindigkeitsaufnehmer absolut einwandfreie und kontinuierliche Meßergebnisse, wobei sich auch nicht die geringsten Anzeichen einer evt. Überbeanspruchung gezeigt haben (im Vergleich hierzu: Windstärke 11  $\hat{=}$  ca. 100 kmh  $\hat{=}$  orkanartiger Sturm / Windstärke 12  $\hat{=}$  ca. 110-120 kmh  $\hat{=}$  Orkan).

Für den Selbstbau ist es von Vorteil, daß für die Windgeschwindigkeitsmessung keinerlei Kalibrierung erforderlich ist. Dies resultiert daraus, daß der zentrale Mikroprozessor quarzgenau arbeitet und der ELV-Windgeschwindigkeitsaufnehmer eine systemtypische, sich praktisch nicht ändernde Kennlinie besitzt, die, wie bereits erwähnt, dem Mikroprozessorsystem implementiert ist.

In Bild 19 ist die Schnittzeichnung der Seitenansicht des mechanischen Aufbaus der ELV-Wind-Meßaufnehmer dargestellt. Diese gilt sowohl für den Windrichtungsaufnehmer als auch für den Windgeschwindigkeitsaufnehmer. Beide unterscheiden sich lediglich in der Art des Rotors, der im ersten Fall die Windrichtungsfahne und im zweiten Fall drei halbkugelförmige Rotorblätter trägt, die in einem Winkel von 120° angeordnet sind.

Die nachfolgende Aufbaubeschreibung des Windrichtungsaufnehmers trifft deshalb weitgehend auch für den Windgeschwindigkeits-Meßwertaufnehmer zu. Geringfügige Unterschiede werden im Anschluß erläutert.

Zunächst wird die kreisrunde Leiterplatte entsprechend dem Bestückungsplan für den Windrichtungsaufnehmer bestückt. Hierbei finden sämtliche Bauelemente, die in dem Teilschaltbild 10 zur Windrichtungserkennung sowie die in Bild 15 zur Innenraumbeheizung gezeigt sind, auf einer einzigen Platine Platz, einschließlich der in Bild 11 gezeigten Gabellichtschranken-Einheit. In Bild 22 ist die Ansicht des fertigen Innenaufbaus der elektronischen Windrichtungserkennung zu sehen. Die Bilder 12 und 13 stellen vereinfachte Versionen, ohne eine elektronische Steuerung zur Innenraumbeheizung dar. Diese Ausführungen können zum Beispiel für Geräte

eingesetzt werden, die nicht permanent der Witterung ausgesetzt sind (z. B. Hand-Anemometer). Für die ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 kommt nur die professionelle für Dauerbetrieb geeignete beheizte Version in Frage.

Die später zu Heizzwecken abgegebene Wärmemenge teilt sich ungefähr wie folgt auf die einzelnen Bauelemente auf: Der 8-Volt-Festspannungsregler IC 902 sowie der Emitter-Widerstand R 906 geben jeweils ca. 25 % der benötigten Heizleistung ab, während der Leistungstransistor T 901 die restlichen 50 % zur Verfügung stellt. Aus diesem Grunde wird T 901 auf einen liegend angeordneten U-Kühlkörper montiert, während IC 902 mit einem senkrecht angeordneten, etwas verkürzten U-Kühlkörper versehen wird. Damit letztgenannter U-Kühlkörper nicht an die Unterseite der Rasterscheibe stößt, müssen die drei Anschlußbeinchen des IC 902 bis zum Anschlag durch die Bohrungen auf der Platine gesteckt werden, d. h. zwischen IC-Gehäuse und Leiterplattenoberseite ist kein Abstand mehr vorhanden.

Sind alle Bauelemente soweit auf die Platine gesetzt und verlötet, kann als letztes die Gabellichtschranken-Einheit mit den Infrarot-Sendediode D 801 bis D 803 und den Fototransistoren T 802 bis T 804 montiert werden.

Zunächst wird der Distanz-Kunststoffblock (1) auf die Leiterplatte gesetzt (Bild 11). Hierdurch wird ein etwas größerer Abstand zwischen Leiterplatte und Empfänger-einheit erreicht.

Als nächstes werden die Fototransistoren T 802 bis T 804 durch die entsprechenden Bohrungen im Distanz-Kunststoffblock (1) sowie durch die Bohrungen in der Leiterplatte gesteckt und auf der Platinenunterseite verlötet. Die Rückseite der Fototran-

sistoren (Anschlußstiftseite) liegt hierbei direkt auf der Oberseite des Distanz-Kunststoffblockes (1) auf.

Zu beachten ist unbedingt die richtige Einbaulage der drei Empfänger-Fototransistoren, da es sich um gepolte Bauelemente handelt. Entsprechend dem Bestückungsplan weisen die drei Gehäuseabflachungen zur Kennzeichnung des Emitter-Anschlusses zueinander hin.

Bevor der Empfänger- und Sender-Kunststoffblock montiert wird, überprüft man die Apertur der Gabellichtschranke, d. h. die Schlitz vor den Sendedioden bzw. den Empfängertransistoren, ob diese einwandfrei ausgebildet sind. Die Abmessungen der Empfänger-Schlitz betragen 0,25 mm x 2,0 mm und die der Sender-Schlitz 0,50 mm x 2,0 mm. Hierbei sollte sich die Überprüfung nicht nur auf die Maßhaltigkeit der Schlitz, sondern mehr auf die einwandfreie Ausbildung derselben konzentrieren. Ein evtl. stehengebliebener hauchdünner Kunststoffrest kann vorsichtig mit einem feinen Schraubenzieher entfernt werden. Dies ist ohne weiteres möglich, da die Schlitz selbst eine ausreichende Tiefe besitzen und damit eine hinreichende mechanische Festigkeit.

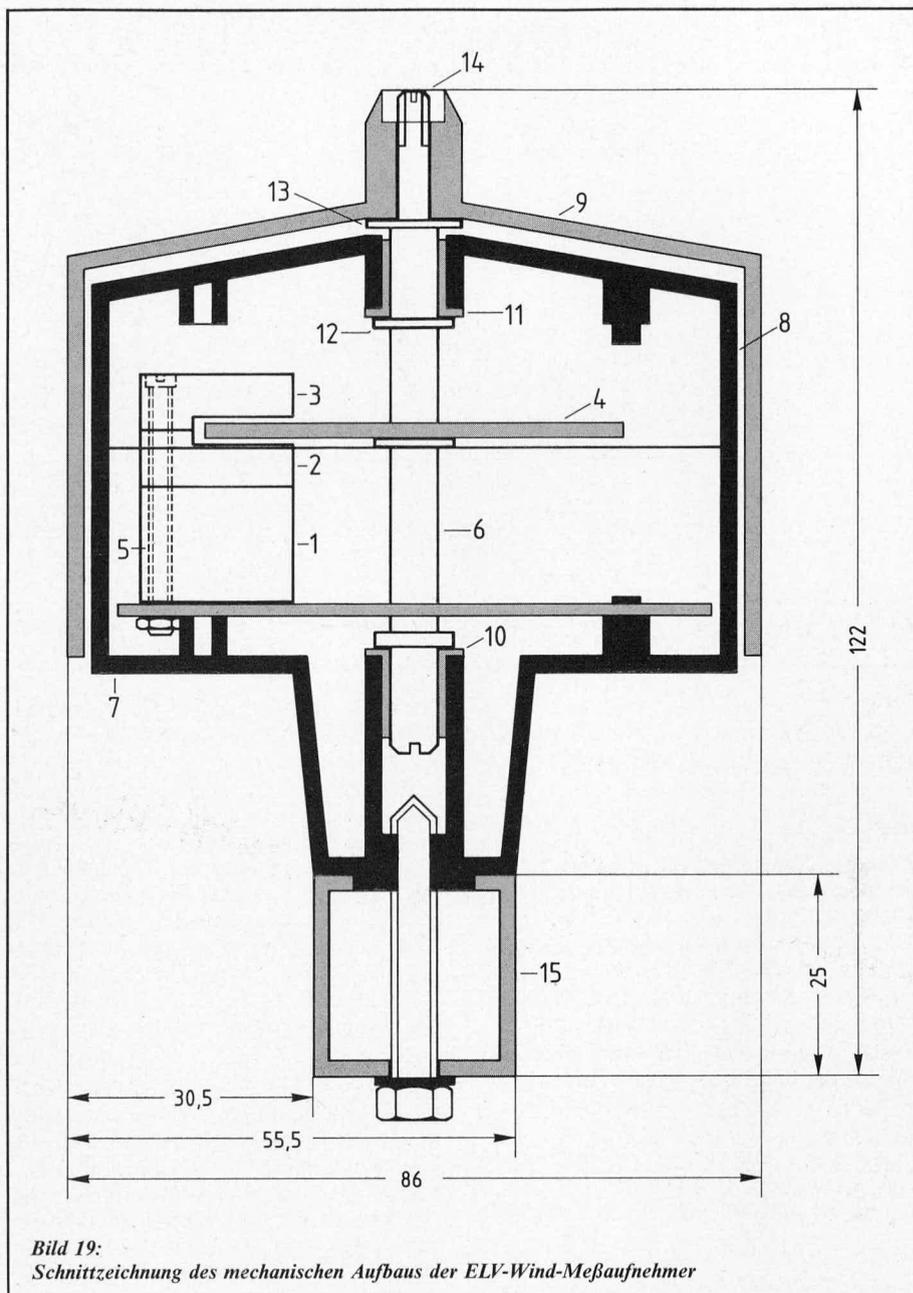
Jetzt wird der Empfänger-Kunststoffblock (2) über die Fototransistoren gesetzt. Die Führungsstifte werden hierbei fest in die vier gegenüber liegenden Bohrungen des Distanz-Kunststoffblockes (1) gepreßt, und zwar soweit, bis beide Kunststoffblöcke fest aufeinander liegen. Die Fototransistoren werden dadurch gleichzeitig exakt positioniert. Es ist darauf zu achten, daß die Anschlußbeinchen von T 802 bis T 804 nicht verbogen sind, damit sie keinen Kurzschluß bilden können.

Der Sender-Kunststoffblock (3) wird mit seinen beiden Führungsstiften in die zugehörigen Bohrungen des Empfänger-Kunststoffblockes (2) gesteckt, bis auch hier beide Kunststoffblöcke direkt aneinanderliegen. Lediglich im Bereich der Sendedioden bzw. Empfängertransistoren ist ein ca. 3 mm breiter Spalt (Gabelöffnung) vorhanden, in den später die Rasterscheibe berührunglos „eintaucht“.

Mit Hilfe einer Schraube M 3 x 30 mm, die von der Leiterbahnseite her durch die gesamte Konstruktion gesteckt wird, sowie einer Mutter M 3, wird die gesamte Gabellichtschranken-Einheit fest verschraubt.

Die Infrarot-Sendedioden D 801 bis D 803 werden von oben in die 3 Aussparungen des Sender-Kunststoffblockes (3) gesteckt. Auch hier ist auf die korrekte Einbaulage zu achten. Die Gehäuseabflachungen, welche die Katodenseite (Pfeilspitze) der Sendedioden kennzeichnen, weisen zueinander hin. Entsprechend sind auch die Aussparungen in dem Kunststoffblock geformt.

Die Anode (nicht abgeflachte Seite) von D 801 wird mit einem ca. 30 mm langen Silberdrahtabschnitt mit dem Platinenanschlußpunkt „a“ verbunden. Anschließend wird die Katode (abgeflachte Gehäuseseite) dieser Diode mit der Anode von D 802 und die Katode von D 802 mit der Anode von D 803 verbunden, d. h. die drei Sendedio-



**Bild 19:**  
Schnitzzeichnung des mechanischen Aufbaus der ELV-Wind-Meßaufnehmer

den sind in Reihe geschaltet. Zuletzt erfolgt ebenfalls über einen kurzen Silberdrahtabschnitt die Verbindung der Katode von D 803 mit dem Platinenanschlußpunkt „b“.

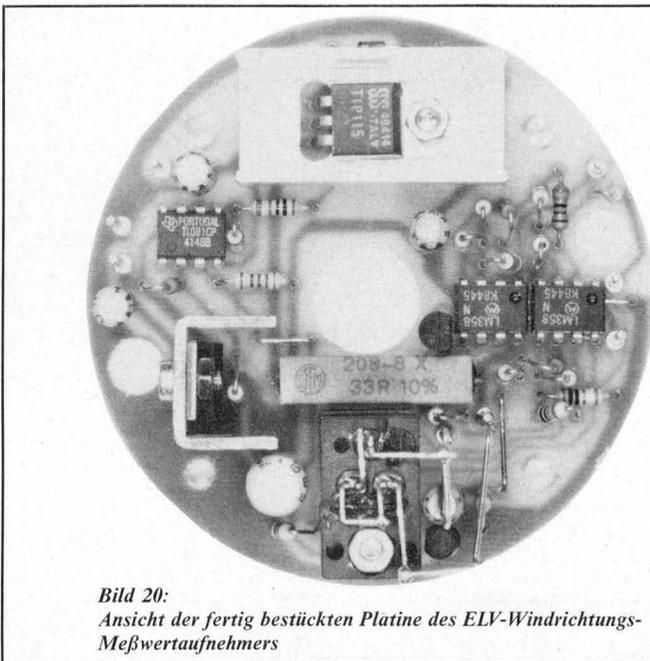
Die Verbindung der Sendedioden mit den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ darf hierbei nicht im Bereich der Gabel-Aussparung für die Rasterscheibe verlegt werden. Es ist unbedingt erforderlich, daß sich die Rasterscheibe vollkommen frei drehen kann, ohne jegliche Berührung mit einem feststehenden Bauteil. Bei korrektem Aufbau ist dies aufgrund der präzisen mechanischen Konstruktion automatisch sichergestellt.

Nachdem die Bestückung der Leiterplatte nochmals sorgfältig überprüft wurde, empfiehlt es sich, vor dem weiteren Aufbau des Windrichtungsaufnehmers diesen Schaltungsteil zunächst einmal elektrisch zu überprüfen.

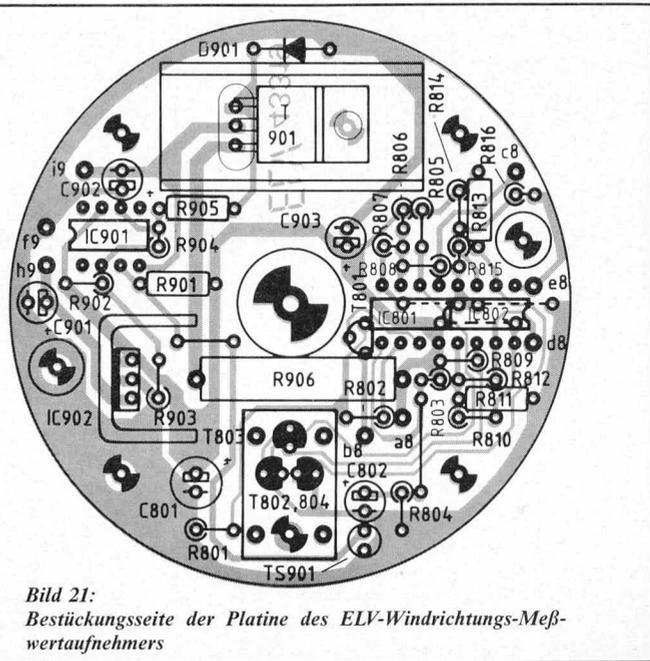
Zunächst wird die Versorgungsspannung angelegt (Platinenanschlußpunkt „h“: + 15 V – Platinenanschlußpunkt „f“: Masse – Platinenanschlußpunkt „i“: - 15 V). Zu

Testzwecken darf die angelegte Spannung im Bereich zwischen  $\pm 10$  V und  $\pm 16$  V (kurzzeitig  $\pm 20$  V) schwanken. Die Stromaufnahme einer Schaltungseinheit liegt im Raumtemperaturbereich zwischen 100 mA und 200 mA, wobei im positiven Zweig der Strom ca. 30 mA höher als im negativen Zweig ist (die Versorgung der Sendedioden erfolgt über den positiven Zweig). Die Masseleitung („f“) führt lediglich den geringen Differenzstrom zwischen positivem und negativem Versorgungsstrom. Da auch auf den Signalleitungen (Platinenanschlußpunkte „c“, „d“ sowie „e“) nur geringe Treiberströme fließen und gleichzeitig ein hoher Signal-Störspannungsabstand vorhanden ist, kann die Verbindungsleitung zwischen Wind-Meßaufnehmern und Basisstation ohne weiteres einige 10 Meter betragen.

Bewegt sich die Stromaufnahme im angegebenen Rahmen, werden folgende Spannungsmessungen durchgeführt, wobei der Minusanschluß des Voltmeters mit der Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „f“) verbunden wird:



**Bild 20:**  
Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV-Windrichtungs-Meßwertempfängers



**Bild 21:**  
Bestückungsseite der Platine des ELV-Windrichtungs-Meßwertempfängers

- Pin 3 des IC 902: + 7,5 V bis + 8,5 V
- Pin 3 des IC 901: + 2,0 V bis + 2,8 V
- Pin 2 des IC 901 (OP 902): wie Pin 3 mit maximal 20 mV Differenz
- Pin 6 des IC 901 (OP 902): + 2 V bis + 6 V im Raumtemperaturbereich
- Emittor von T 901: diese Spannung ist um + 1,2 bis + 2 V größer als die Spannung an Pin 6 des IC 901
- Wird ein Lötanschluß des Temperatursensors TS 901 mit dem LötKolben erwärmt (max. 3 Sekunden), so muß die Spannung an Pin 6 des IC 901 auf ca. 6,5 bis 8,0 V ansteigen. In diesem Extremfall darf die Differenz an den Eingängen Pin 2 und Pin 3 des IC 901 bis zu 1 V ansteigen.
- Pin 5 von OP 901: + 185 mV bis + 235 mV
- Emittor von T 801: wie Pin 5 des OP 801 mit einer Differenz von maximal ± 20 mV
- Pin 2 des OP 802 = Pin 6 des OP 803 = Pin 2 des OP 804: + 0,05 V bis + 2,0 V
- Pin 3 des OP 802 = Pin 5 des OP 803 = Pin 3 des OP 804: + 3,3 V bis + 4,7 V
- Platinenanschlußpunkte c, d, e: ca. 7 V. Werden die Lichtstrahlen der Gabellichtschranken-Einheit unterbrochen, so muß die Spannung an den Platinenanschlußpunkten „c“, „d“, „e“ auf ca. 0 V abfallen. Dieser letzte Test stellt eine der wichtigsten Überprüfungen dieses Schaltsteiles dar.

Sind alle Überprüfungen zur Zufriedenheit verlaufen, kann der weitere Zusammenbau fortgesetzt werden (ansonsten sind in dem jeweiligen Schaltungsabschnitt die Bauelemente und deren Dimensionierung sowie die Lötungen zu überprüfen).

Die Rasterscheibe (4) mit ihrem Innendurchmesser von 6,0 mm wird über die polierte Präzisions-Metallwelle (6) geschoben, und zwar soweit, bis sie direkt an dem Wellenabsatz mit einem Durchmesser von 12 mm anliegt. Da die Welle in dem Bereich der Rasterscheibe einen Durchmesser von 6,0 mm aufweist, ist die Rasterscheibe ohne zusätzliche Befestigungen zuverlässig mit

der Welle verbunden. Das Aufpressen der Rasterscheibe auf die Metallwelle ist mit einem entsprechenden Kraftaufwand verbunden. Man hält deshalb die Metallwelle zweckmäßigerweise mit einer Zange fest (unter Zwischenlegen von etwas Pappe oder Filz, zur Vermeidung von Beschädigung der Welle durch die Zange), während man gleichzeitig unter Drehbewegungen der Rasterscheibe diese vorsichtig aufschiebt. Hierbei sollte unnötiger Druck in den äußeren Bereichen der Rasterscheibe vermieden werden, um diese nicht zu verbiegen.

Sehr wichtig ist, daß die Präzisions-Metallwelle auf gar keinen Fall im Bereich der Gleitlagerung mit einer Zange oder überhaupt mit scharfen Gegenständen in Berührung kommt. Vorgenannte Bereiche weisen eine extrem geringe Rauhtiefe auf (ca. 2 µm!), d. h. sie sind besonders hochwertig poliert, damit die Haft- und Gleitreibung optimale Werte annehmen kann.

Als dann wird in das Windaufnehmer-Gehäuseunterteil (7) sowie in das Windaufnehmer-Gehäuseoberteil (8) je eine Präzisions-Gleitlager-Bundbuchse (10, 11) vorsichtig eingepreßt (Bild 19).

Bevor nun die Leiterplatte mit der Gabellichtschranken-Einheit in das Windaufnehmer-Gehäuseunterteil (7) eingesetzt und verschraubt werden kann, muß die Präzisions-Metallwelle (6) mit der darauf gesetzten Rasterscheibe (4) durch die Mittelbohrung der Leiterplatte geführt werden. Damit die Rasterscheibe in den Schlitz der Gabellichtschranken-Einheit eintauchen kann, muß erst die Schraube M 3 x 30 mm (5) gelockert werden, um den Sender-Kunststoffblock (3) etwas anzuheben.

Befindet sich die Rasterscheibe (4) im Schlitz der Gabellichtschranken-Einheit, so wird die Schraube M 3 x 30 mm (5) wieder fest angezogen.

Nun kann die Leiterplatte vorsichtig in das Windaufnehmer-Gehäuseunterteil (7) gesetzt und mit zwei Knipping-Schrauben 2,9 x 6 mm festgeschraubt werden. Gleichzeitig mit Einsetzen der Leiterplatte wird

das untere Ende der Präzisions-Metallwelle (6) in die Gleitlagerbuchse (10) eingeführt. Die Welle darf hierbei nicht verkantet werden, damit die hochwertige Beschichtung des wartungsfreien Gleitlagers keinesfalls beschädigt wird. Gleichfalls ist auch während der vorangegangenen Montage der Gleitlager auf sorgfältigste Behandlung zu achten. Es dürfen keinerlei scharfkantige Gegenstände mit der Lagerbeschichtung in Kontakt kommen. Die Gleitlager selbst benötigen weder Öl noch Fett und arbeiten langfristig wartungsfrei.

In den ersten Betriebsstunden erfolgt das sogenannte Einlaufen der Gleitlager, d. h. das Zusammenspiel zwischen Präzisions-Metallwelle und Gleitlager schleift sich ein. In dieser Zeit ist sowohl die Haftreibung als auch die Gleitreibung höher als zu einem späteren Zeitpunkt. Nach ca. 100 Betriebsstunden hat sich das Zusammenspiel zwischen Metallwelle und Lager selbstständig auf optimale Werte einreguliert, d. h. Haft- und Gleitreibung haben ihre günstigsten (minimalen) Werte erreicht.

An der Unterseite des Windaufnehmer-Unterteils (7) befinden sich 6 im Kreis um die Mittelbohrung angeordnete Durchführungen mit einem Durchmesser von 1,2 mm. Hier werden 6 isolierte Zuleitungen mit einer Länge von ca. 1 Meter hindurchgeführt, die vorher mit den entsprechenden Platinenanschlußpunkten verbunden wurden.

Bevor das Windaufnehmer-Gehäuseoberteil (8) über die Präzisions-Metallachse (6) gesetzt und mit 2 Schrauben 2,9 x 32 mm mit dem Unterteil fest verbunden wird, kennzeichnet man zweckmäßigerweise jede einzelne der 6 Zuleitungen, um später die richtige Anschlußbelegung korrekt vornehmen zu können.

Ca. 20 mm oberhalb der Rasterscheibe (4) befindet sich auf der Präzisions-Metallwelle (6) eine Nut. Hier wird eine Benzingscheibe aufgepreßt. Diese sorgt dafür, daß die Welle (6) nicht nach oben aus dem Windaufnehmer-Gehäuse gehoben werden kann.

Nachdem die beiden Windaufnehmer-Gehäusehalbschalen einschließlich des vorstehend beschriebenen Innenlebens komplett montiert wurden, kann durch vorsichtiges Drehen an der Welle (6), die an der Oberseite ca. 20 mm hervorsteht, ein erster Test hinsichtlich der Leichtgängigkeit gemacht werden. Hierbei hält man die Konstruktion senkrecht und legt gleichzeitig das Ohr dicht an das Gehäuse. Beim Drehen der Welle dürfen keinerlei Schleifgeräusche auftreten, von einem minimalen „Lagerrauschen“ einmal abgesehen.

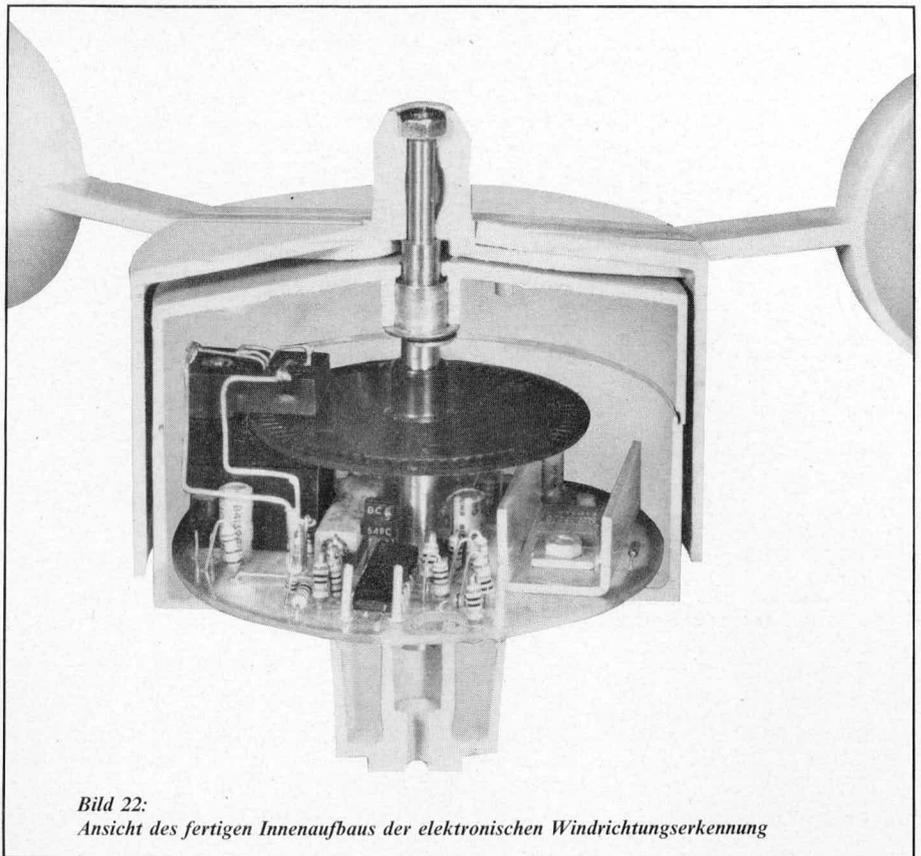
Versucht man, die Welle nach oben zu ziehen, muß sich ein geringfügiges Spiel zwischen oberem und unterem Anschlagpunkt ergeben (0,2 mm bis 1,0 mm). Auch wenn man die Welle dreht bei gleichzeitigem Hochziehen, dürfen keine Schleifgeräusche auftreten. Gegebenenfalls ist das Gehäuse nochmals zu öffnen und der mechanische Aufbau und die Befestigung, besonders im Bereich der Gabellichtschranke zu überprüfen.

Als nächstes wird die Unterlegscheibe (13) über die Welle (6) gelegt und anschließend der Rotor (9) darüber gesetzt. Mit der Mutter M4 (14) erfolgt dann die feste Verschraubung von Rotor (9) und Präzisions-Metallwelle mit der darauf befestigten Rasterscheibe (4). Das Festziehen der Mutter M4 (14) erfolgt hierbei mit einem Schraubendreher, der von unten durch die Zentralbohrung des Windaufnehmer-Gehäuseunterteiles geführt und in den Schlitz der Welle (6) gesteckt wird. Die Präzisions-Metallwelle (6) hat an beiden Enden eine Einkerbung, wie sie bei Zylinderkopfschrauben zu finden ist, damit ein entsprechender Schraubendreher die Welle drehen und damit die Mutter M4 (14) festziehen kann. Die Einkerbung der Welle (6) an der Oberseite im Bereich der Mutter M4 (14) wird normalerweise nicht benötigt und dient nur zu Ersatzzwecken für den Fall, daß die Zentralbohrung im Windaufnehmer-Gehäuseunterteil nicht mehr zugänglich ist (zum Beispiel durch Vergießen des Trägerbalkens). In diesem Fall ist mit Hilfe eines entsprechend kleineren Schraubendrehers die Welle durch die Mutter M4 (14) hindurch fest- bzw. loszuschrauben.

Bevor der Rotor (9) mit der Präzisions-Metallwelle (6) verschraubt wird, ist die Kunststoff-Windfahne auf den eigentlichen Rotor (9) zu setzen. Die Windfahne selbst wird an der Vorderseite mit einer Metallspitze versehen, die auf das vorhandene Gewinde bis zum Anschlag geschraubt wird.

Beim Windgeschwindigkeitsaufnehmer werden anstelle der Windfahne 3 halbkugelförmige Rotorblätter aufgesetzt. Zur Befestigung haben die Rotorblätter jeweils 2 Stifte, die durch die passenden Bohrungen mit den zugehörigen Führungen an der Rotoroberseite gesteckt werden. Die Befestigung der Rotorblätter ist besonders einfach, da eine entsprechende Führung die korrekte Positionierung sicherstellt.

Die beiden Befestigungsstifte eines jeden der 3 Rotorblätter stehen auf der Innenseite des Rotors einige Millimeter hervor. Mit einem LötKolben, dessen Temperatur zwischen 150 und 200° C liegen sollte (auf-



**Bild 22:**  
*Ansicht des fertigen Innenaufbaus der elektronischen Windrichtungserkennung*

heizen und wieder ausschalten), werden die Stifte „umgelegt“ und etwas geglättet, damit die Rotorblätter mit dem eigentlichen Rotor verbunden sind. Eine besonders sichere Verschweißung zwischen Rotor und Rotorblättern ergibt sich, wenn die Verbindungsstellen vorher mit etwas PVC-Kleber eingestrichen werden. Da entsprechende Kunststoffkleber die Oberflächen anlösen, ist diese Verbindungsart praktisch nicht mehr zu lösen.

Ein weiterer Unterschied zwischen Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsaufnehmer, außer in der Art des Rotors, liegt im Aufbau und im Anschluß der Leiterplatte. Anstelle von 3 Sendedioden und 3 Fototransistoren wird beim Windgeschwindigkeitsaufnehmer nur 1 Sendediode und 1 Fototransistor benötigt.

Im Teilschaltbild 10 wird daher nur D 701 benötigt und an die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ gelötet, während D 702 und D 703 ersatzlos entfallen. Im übrigen werden lediglich die in Klammern angegebenen Bauelemente mit den Nummern 700 ff. benötigt. Die für die Windrichtungserkennung erforderlichen OPs 803 und 804 einschließlich ihrer Zusatzbeschaltung entfallen ersatzlos.

Außerdem sind beim Windgeschwindigkeitsaufnehmer lediglich 4 Zuleitungen erforderlich, die an die Platinenanschlußpunkte „c“ (Signalausgang), „h“ (+ 15 Volt), „f“ (Masse) und „i“ (- 15 Volt) angeschlossen werden.

Werden beide Wind-Meßaufnehmer auf einem Mast montiert (zum Beispiel sich gegenüberliegend auf einem Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr), so können die Zuleitungen zu den Platinenanschlußpunkten „h“,

„f“, „i“ vom Windrichtungsaufnehmer und vom Windgeschwindigkeitsaufnehmer innerhalb des Mastrohres miteinander verbunden werden. Für die Zuleitung zur Basisstation reichen insgesamt 7 Adern aus („h, f, i“ sowie die Signalleitungen für Windrichtung „c, d, e“ und Windgeschwindigkeit „c“).

Für den Fall, daß eine sehr weit verbreitete 8-adrige Zuleitung verwendet wird, empfiehlt es sich, die Masseleitung „f“ doppelt zu belegen, um einen möglichst geringen Innenwiderstand zu erhalten.

Die Befestigung der betriebsfertigen Wind-Meßaufnehmer erfolgt mit einer Knipping-Schraube 5,5 x 38 mm, deren Länge so bemessen ist, daß die Einschraubtiefe in das Windaufnehmer-Gehäuseunterteil mindestens 10 mm, maximal jedoch 15 mm beträgt. Für die Montage der Wind-Meßaufnehmer auf einem Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr mit einem Querschnitt von 25 x 25 mm<sup>2</sup> ergibt sich daher eine Schraubenlänge von 38 mm.

Ist die Befestigungsschraube zu lang, kann sie an die drehende Präzisions-Metallwelle (6) anstoßen und deren Leichtgängigkeit beeinträchtigen bzw. ein Drehen ganz verhindern.

Die Verkabelung der beiden Wind-Meßaufnehmer untereinander und die Verbindung mit einer zusätzlich ummantelten Steuerleitung erfolgt zweckmäßigerweise so, daß die Steuerleitung, die weiter zur Basisstation führt, im mittleren Bereich des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohres herausführt und die einzelnen Verbindungspunkte der Zuleitungen untereinander innerhalb des Trägerrohres liegen. Auf gute Isolierung der einzelnen Verbindungspunkte ist zu achten.

# Anschluß der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 an Commodore C 64 (Source File)

(muß ans Betriebssystem des C 64 angehängt werden)

```

.OPT P1.00
.SYM
*= $C000

OPEN      = $031A
BASIN    = $0324
CIA      = $D000
OPENALT  = 62282
PRIMAER  = $BA
SEKUNDAER = $B9
CENTRPRIM = $05
NMIOLD   = $FE56
NMI      = $0318
WRITEZ   = $FE
READZ    = $FF
PUFFER   = $033C
MAXPUFFER = $80
INOLD    = 61783
STATUS   = $FD
NMIMASK  = /10010000
CHKIN    = $031E
CHKOLD   = $F21B
BSTATUS  = $90
VECALT   = 62282

*** INITIALISIERUNGSRoutine ***
*** OPEN VECTOR ***
*** AUF PROGRAMM SETZEN ***

** CIA INITIALISIEREN **

LDA #$00
STA CIA+3
LDA CIA+2
ORA #/00000100; PA2 AUSGANG
STA CIA+2
LDA CIA
ORA #/00000100; BUSY HIGH
STA CIA

** OPENVECTOR NEU SETZEN **

LDA #<OPENNEU
STA OPEN
LDA #>OPENNEU
STA OPEN+1
RTS

** NEUE OPENROUTINE **

OPENNEU LDA SBA ; GERAETENUMMER
CMP #CENTRPRIM ; = (CENTRONICS)
BEQ INIT ; CENTRONICS ANGESPR.
JMP VECALT

** FILE IN TAB EINTRAGEN **

INIT LDX $B8 ; * ROUTINE AUS
BNE W1 ; * 64'ER KERNAL
JMP $F70A ; * UEBERNOMMEN

W1 JSR $F30F
BNE W2
JMP $F6FE

W2 LDX $98
CPX #S0A
BCC W3
JMP $F6FB

W3 INC $98
LDA $B8
STA $0259,X
LDA $B9
ORA #S60
STA $B9
STA $026D,X
LDA SBA
STA $0263,X

** BASINVECTOR NEU SETZEN **

LDA #<BASINEU
STA BASIN
LDA #>BASINEU
STA BASIN+1
    
```

```

** CHKINVECTOR NEU SETZEN **

LDA #<CHKNEU
STA CHKIN
LDA #>CHKNEU
STA CHKIN+1

** NMI VECTOR NEU SETZEN **

LDA STATUS
ORA #/10000000
STA STATUS ; STATUS SETZEN
LDA BSTATUS
ORA #/10000000
STA BSTATUS ; STATUS SETZEN
LDA #<NMINEU
STA NMI
LDA #>NMINEU
STA NMI+1
LDA #0 ; ZEIGER RUECKSETZEN
STA WRITEZ
STA READZ
LDA CIA
AND #/11111011 ; BUSY AUF LOW
STA CIA
LDA #NMIMASK
STA CIA+13 ; ** NMI ERMOEGELICHEN **
CLC
RTS ; ENDE DER OPENROUTINE

** NEUE NMI ROUTINE **
NMINEU PHA
TXA
PHA
TYA
PHA
LDY CIA+13 ; INTERRUPT CONTROL REGISTER
TYA
AND #/10000 ; NMI VON CENTRONICS
BNE NMIR ; JA, DANN NEUE ROUTINE
JMP NMIOLD ; NEIN, ALTE ROUTINE MIT ICR UEBERGABE

** DATEN HOLEN UND IN PUFFER LEGEN **
NMIR LDA CIA
ORA #/00000100 ; BUSY AUF HIGH
STA CIA
LDA CIA+1 ; DATEN
LDX WRITEZ
STA PUFFER,X ; IN PUFFER SCHREIBEN
INC WRITEZ ; ZEIGER W ERHOEHEN
LDA PUFFER,X
CMP #13
BNE RETBL
LDA STATUS
AND #/01111111
STA STATUS
LDA BSTATUS
AND #/01111111
STA BSTATUS
LDA #$00
STA WRITEZ
JMP RETBH

** RUECKSPRUNG AUS INTERRUPTPROGRAMM **
RETBL LDA CIA
AND #/11111011 ; BUSY AUF LOW
STA CIA
RTS

RETBH PLA
TAY
PLA
TAX
PLA
RTI ; RETURN FROM INTERRUPT

** NEUE BASIN ROUTINE **
BASINEU LDA $99
CMP #CENTRPRIM
BEQ ROUTINE
JMP INOLD
    
```

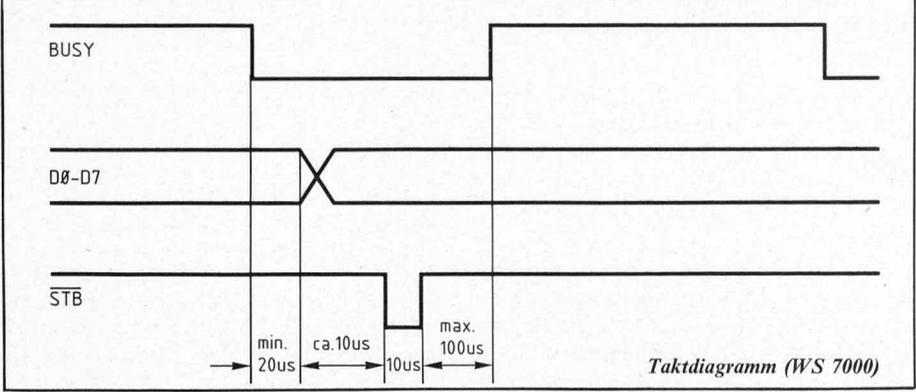
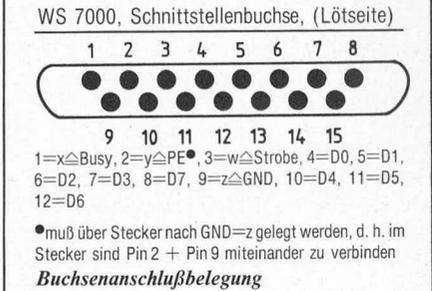
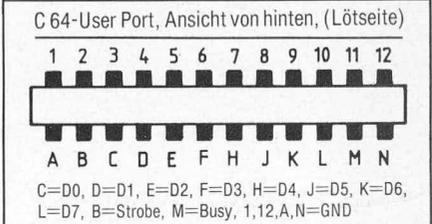
```

* ZEICHEN AUS PUFFER HOLEN *
ROUTINE LDA STATUS
AND #/10000000
BNE ROUTINE ; WARTEN BIS PUFFER VOLL
LDX READZ
LDA PUFFER,X
PHA
INC READZ
CMP #$0D ; LETZTES ZEICHEN = RETURN
BNE NORET
LDA CIA
AND #/11111011
STA CIA
LDA STATUS
ORA #/10000000
STA STATUS ; STATUS SETZEN
LDA BSTATUS
ORA #/10000000
STA BSTATUS ; STATUS SETZEN
LDA #0
STA READZ ; LESEZEIGER RUECKSETZEN
PLA ; ZEICHEN VOM STACK HOLEN
CLC
RTS ; UND BETRIEBSSYSTEM UEBERGEBEN

** NEUE CHKINROUTINE **
CHKNEU JSR $F30F
BEQ OK1
JMP $F701 ; ! FILE NOT OPEN
OK1 JSR $F31F
LDA PRIMAER
CMP #$05 ; CENTRONICS
BEQ OK2
JMP CHKOLD
OK2 STA $99
CLC
RTS

*** NEUE CLOSE-ROUTINE ***
    
```

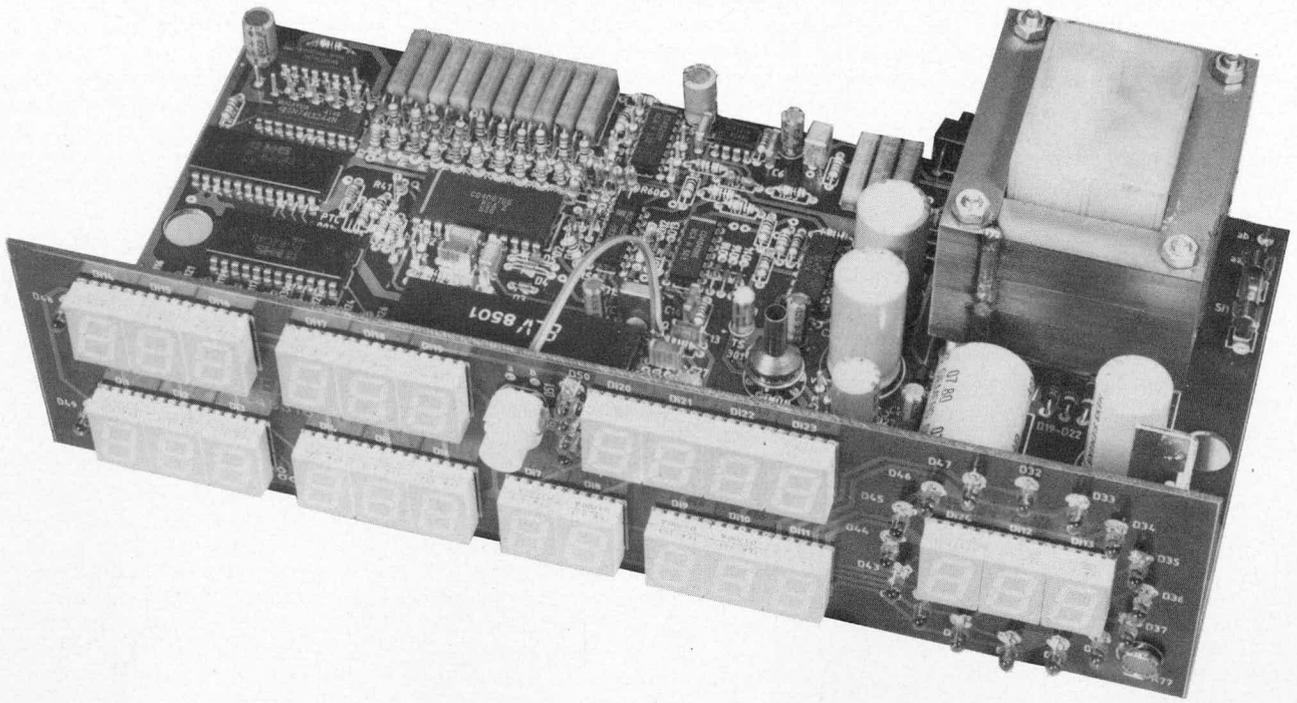
**Beispiel Programm:**  
20 SYS 49152: REM INITIALISIERUNG  
30 OPEN 1,5 : REM CENTRONICS EINGANG IST GERAET NR. 5  
40 IF ST AND 128 THEN GOTO 40  
50 INPUT #1,A\$  
60 PRINT A\$  
70 GOTO 40  
READY.



**Datentelegramm (WS 7000):**  
(Übertragungsreihenfolge)

- Temperatur 1
- Temperatur 2
- rel. Feuchte 1
- rel. Feuchte 2
- Luftdruck
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Sonnenscheindauer
- letztes Zeichen: ODH für Carriage Return

Nicht angezeigte Speicher ergeben als Telegramm "----"  
Alle Daten folgen ohne Leerzeichen hintereinander.



**Bild 23:**  
Ansicht der fertig aufgebauten ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

Für einen langfristigen und sicheren Betrieb empfiehlt es sich, zu einem späteren Zeitpunkt, nachdem die gesamte Anlage einige Wochen im Dauerbetrieb zuverlässig gearbeitet hat, das Trägerrohr mit Gießharz auszufüllen. Vorher sind die beiden nicht benötigten Kabeldurchführungen beim Windgeschwindigkeitsaufnehmer mit Hilfe eines Lötkolbens oder etwas Klebstoff sorgfältig zu verschließen.

Die Montage des Trägerrohres (15) kann zum Beispiel ähnlich wie die Montage einer Rundfunk- oder Fernsehantenne an einem Antennenmast erfolgen. Hierzu dienen u. a. 2 u-förmig gebogene Befestigungsschellen mit sägezahnförmigen Aussparungen, die einen sicheren Halt des Trägerrohres (15) am Antennenmast sicherstellen. Die genaue Montage ist aus der Skizze in Bild 24 zu ersehen.

Der Antennenmast muß unbedingt vorchriftsmäßig (nach VDE) geerdet werden. Die Arbeiten sollten nur von einem Fachmann ausgeführt werden.

Damit ist der Aufbau dieser professionellen Wind-Meßaufnehmer bereits beendet.

### Aufbau der Basisstation

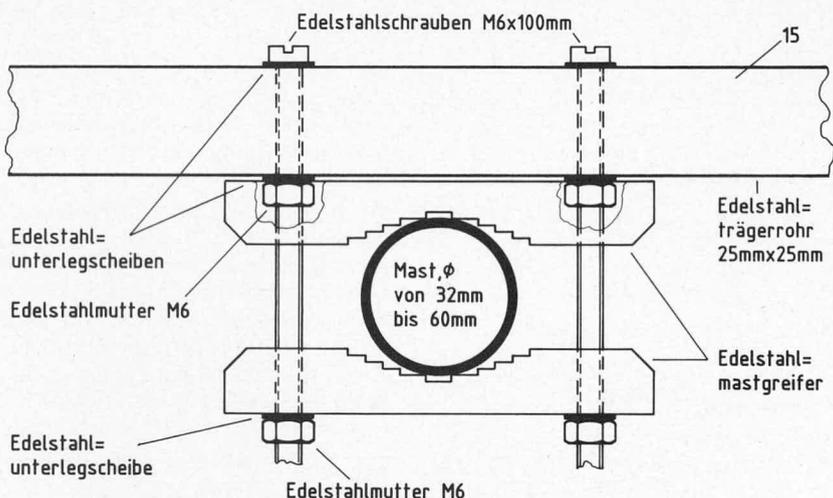
Die Basisstation beinhaltet die gesamte Elektronik zur Meßwertverarbeitung und Anzeige einschließlich des kompletten Netzteiles. Es müssen nur noch die Temperatursensoren sowie die Sensor-Teilschaltungen für Feuchte-, Sonnenscheindauer- und Windmessungen angeschlossen werden. Die Bauelemente zur Luftdruckmessung finden ebenfalls auf der Hauptplatine Platz.

Der Aufbau erfolgt auf nur zwei Leiterplatten. Bei der ELV-Komfort-Wetterstation

WS 7000 handelt es sich um ein recht komplexes System mit einer hohen Bauteilzahl, so daß der Einsatz von doppelseitig durchkontaktierten Leiterplatten sinnvoll ist. Gleichzeitig erleichtert sich dadurch der Nachbau, zumal keinerlei Brücken erforderlich sind.

Die Bestückung der Platinen wird in gewohnter Weise vorgenommen. Zunächst werden die niedrigen und anschließend die höheren und größeren Bauelemente auf die Platinen gesetzt und verlötet. Auf einige wenige Besonderheiten wollen wir im folgenden eingehen:

Der 5 Volt-Festspannungsregler (IC 14) wird senkrecht stehend montiert. Vorher wird der U-Kühlkörper mit einer Schraube M 3 x 8 mm sowie einer Mutter M 3 an den Festspannungsregler geschraubt, und zwar so, daß die 3 Anschlußbeinchen des IC 14 in Richtung des ovalen Ausschnittes des U-Kühlkörpers weisen, ohne jedoch dort hindurchgesteckt zu werden. Vielmehr bleiben die Anschlußbeinchen vollkommen gerade und stehen an der entsprechenden Stirnseite des U-Kühlkörpers hervor. Die Verbindung des IC 14 mit angeschraubtem U-Kühlkörper erfolgt mit der Platine in der Weise, daß die Beinchen soweit durch die 3 Bohrungen in der Hauptplatine gesteckt werden, daß der U-Kühlkörper fest auf der Oberseite der Hauptplatine aufsitzt. Hierdurch ergibt sich eine feste mechanische Verbindung, d. h. der U-Kühlkörper kann nicht mehr abknicken. Die zusätzlich unterhalb des U-Kühlkörpers angeordneten Leiterplattenbohrungen dienen zur besseren Belüftung in diesem Bereich, da das IC 14 recht warm wird. Die vom IC 14 zu verarbeitende Leistung ist jedoch so bemessen, daß ein langfristiger Dauerbetrieb sichergestellt ist, ohne daß das IC überlastet wird.



**Bild 24:** Montagezeichnung zur Befestigung des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohres (für Wind-Meßaufnehmer) am Antennenmast

Wird die Teilschaltung (Bild 4) zur Messung des barometrischen Luftdruckes mit aufgebaut, so finden die dafür erforderlichen Bauelemente, wie bereits erwähnt, ihren Platz ebenfalls auf der Hauptplatine. Der zum Temperatenausgleich des Drucksensors (DS 301) erforderliche Temperatursensor (TS 301) befindet sich auf der Hauptplatine in unmittelbarer räumlicher Nähe zum Drucksensor. Damit ein möglichst guter thermischer Kontakt zwischen diesen beiden Bauelementen besteht, empfiehlt es sich, an den Berührungsflächen etwas Wärmeleitpaste aufzutragen und anschließend die Beinchen des Temperatursensors so zu biegen, daß der Kopf des Temperatursensors die Seitenfläche des Drucksensors direkt berührt. Eine elektrisch leitende Verbindung zwischen Anschlußbeinchen des Temperatursensors und dem Gehäuse des Drucksensors muß jedoch vermieden werden.

Grundsätzlich sind sämtliche Lötstellen nur von der Platinenunterseite vorzunehmen. Auf der Bestückungsseite beider Platinen (Haupt- und Anzeigenplatine) ist kein Verlöten der Bauelemente erforderlich, da jede einzelne Bohrung durchkontaktiert ist, d. h. daß jedes Lötauge auf der Platinenunterseite mit dem darüberliegenden Lötauge auf der Platinenoberseite leitend verbunden ist. Wie man sich leicht vorstellen kann, ist die Herstellung entsprechender Platinen erheblich aufwendiger als die Herstellung „normaler“ d. h. einseitiger Leiterplatten.

In die Platinenanschlußpunkten, an die später die Sensorzuleitungen eingelötet werden, setzt man Lötstifte ein.

Von den Transistoren sowie den Sensoren DS 301 und TS 301 einmal abgesehen, werden die Anschlußbeinchen sämtlicher Bauelemente bei der Bestückung bis zum Anschlag durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt, d. h. die Bauelemente liegen direkt auf der Platine auf (bei stehenden Widerständen selbstverständlich nur die eine Anschlußseite). Die Transistoren sowie der Sensor DS 301 werden so eingesetzt, daß die Gehäuse einen Abstand von ca. 5 mm zur Leiterplatte besitzen. Der Temperatenausgleichssensor TS 301 hingegen besitzt einen Abstand von ca. 10 mm zur Leiterplatte. Die Leuchtdioden sowie die 7-Segment-Anzeigen weisen an ihren Anschlußbeinchen eine Verdickung auf, die eine natürliche Begrenzung der Einbauhöhe vornehmen, d. h. auch zwischen den Gehäusen dieser Bauelemente und der Leiterplatte befinden sich wenige Millimeter Abstand. Zur Verbindung des auf der Frontplatte angeordneten Tasters Ta 1 mit den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ auf der Basisplatine werden 2 ca. 150 mm lange, flexible, isolierte Leitungen verwendet.

Der leistungsfähige und damit auch verhältnismäßig schwere Netztransformator wird zweckmäßigerweise als letztes Bauteil auf die Hauptplatine gesetzt und verlötet. Eine zusätzliche Befestigung erfolgt über 4 Schrauben M 4 x 55 mm. Hierzu werden die Schrauben von der Leiterbahnseite her durch die Platine gesteckt und auf der Bestückungsseite mit je einer Mutter festge-

schraubt. 4 weitere Muttern werden soweit auf die Gewinde der Schrauben gedreht, daß der anschließend darüber gesetzte Transformator sowohl mit seiner Unterseite auf der Bestückungsseite der Platine aufliegt als auch mit seinem Blechpaket an die Muttern stößt.

Anschließend wird mit 4 weiteren Muttern der Transformator von oben festgezogen, wobei als letztes die Verlötung der Trafoanschlüsse auf der Platinenunterseite vorzunehmen ist. Das 3-adrige Netzkabel wird auf der Gehäuserückseite durch die entsprechende Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung geführt und mit seinen beiden spannungsführenden Adern direkt mit den Platinenanschlußpunkten „aa“ und „ab“ verbunden. Der Schutzleiter des Netzkabels wird zunächst über eine Lötöse mit dem Blechpaket des Netztrafos verbunden sowie mit allen von außen berührbaren Metallteilen (Buchsen usw.).

Nachdem beide Platinen anhand der Bestückungspläne bestückt und die Bauelemente auf der Platinenunterseite verlötet wurden, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Hauptplatine gelötet werden. Die Unterkante der Anzeigenplatine steht hierbei ca. 1,5 mm unterhalb der Platinenunterseite der Hauptplatine hervor. Mit einem feinen LötKolben werden die einzelnen Leiterbahnen von Haupt- und Anzeigenplatine miteinander verlötet. Zu beachten ist hierbei, daß sich keine Löt-zinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen bilden können.

Damit ist der Aufbau der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 bereits beendet und wir können uns der Inbetriebnahme und dem darauffolgenden Abgleich widmen.

### Zur Inbetriebnahme

Die erste Inbetriebnahme erfolgt ohne angeschlossene externe Sensoren.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig anhand der Bestückungspläne überprüft wurde, kann das Gerät mit der Netzwechselspannung verbunden werden.

Ein hochohmiges Spannungsmeßgerät ( $R_i \geq 1 \text{ M}\Omega$ ) wird mit seinem Minus-Eingang (Masseanschluß) mit der Schaltungsmasse der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 verbunden (z. B. U-Kühlkörper des Festspannungsreglers IC 14). Mit der positiven Meßspannungsspitze werden nun nachfolgend beschriebene Messungen durchgeführt:

- Plus-Anschluß des Kondensators C 19 (Abgriff z. B. an der Anode von D 27): + 12 V bis + 16 V
- Minus-Anschluß des Kondensators C 24 (Abgriff direkt am Kondensator auf der Platinenunterseite) -12 V bis -16 V
- Pin 1 des IC 14: + 8 V bis + 12 V
- Pin 3 des IC 14: + 4,75 V bis + 5,25 V
- Pin 3 des IC 15: + 7,5 V bis + 8,5 V
- Pin 3 des IC 16: + 4,75 V bis + 5,25 V
- Plus-Anschluß des Kondensators C 25 (Abgriff direkt am Kondensator): + 4,5 V bis + 7,5 V

Die Messungen sollten in einem möglichst

kurzen Zeitraum zügig nacheinander durchgeführt werden, damit bei einem evtl. Abweichen von den vorgegebenen Werten die Station sofort abgeschaltet werden kann. Ein Unterschreiten der Minimalwerte deutet auf eine Überlastung bzw. auf einen Kurzschluß hin, so daß bei ausgeschalteter Wetterstation zunächst der Fehler gesucht und beseitigt werden muß (Überprüfung der Leiterbahnführung und Einbaulage der gepolten Bauelemente).

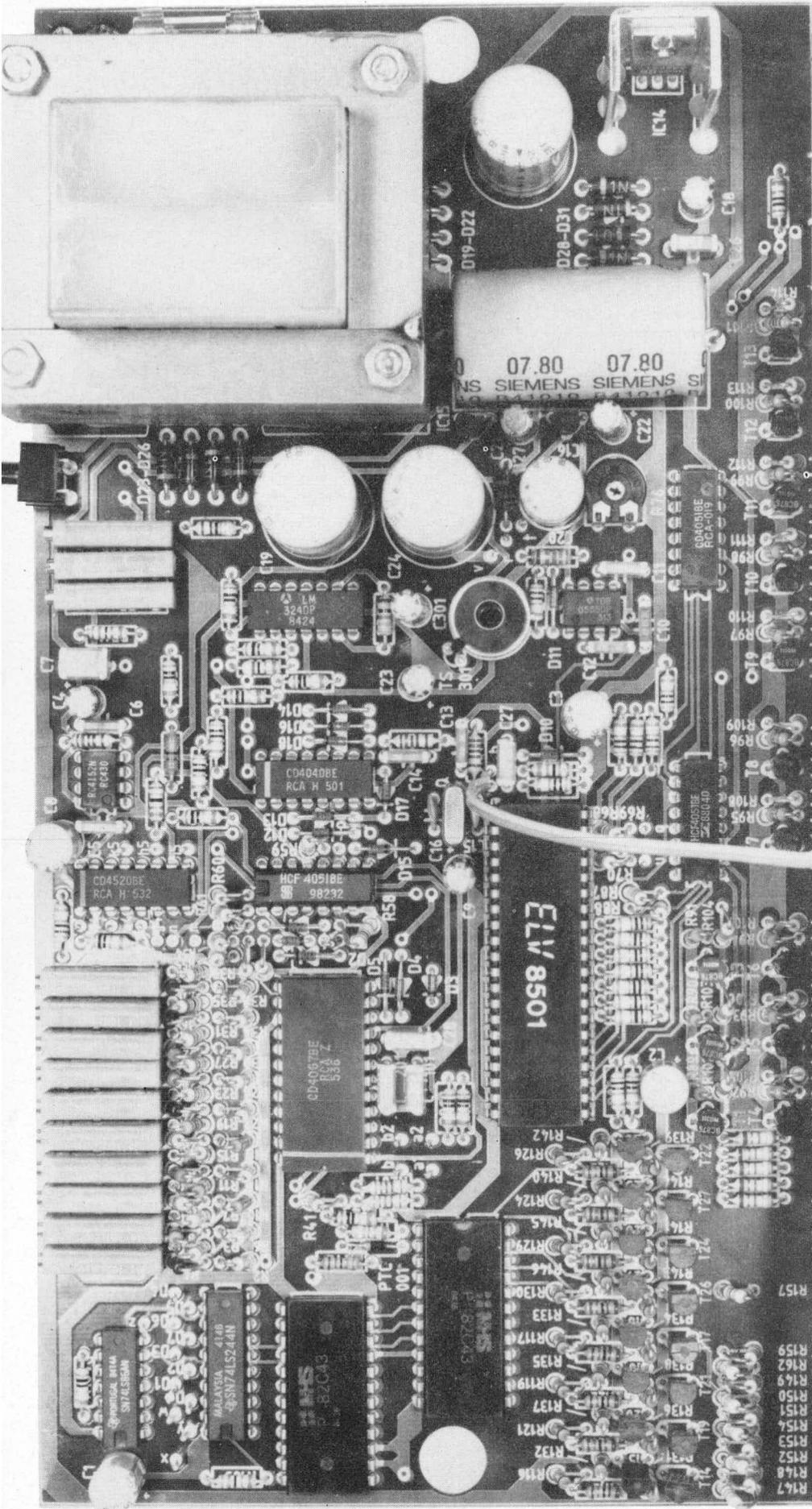
Liegen die vorstehend beschriebenen Meßwerte im vorgegebenen Rahmen, kann mit der Überprüfung der Basisstation fortgefahren werden:

- Pin 5, 26, 40 des IC 2: + 4,75 V bis + 5,25 V
- Pin 7, 20 des IC 2: 0 V
- in gleicher Weise wie die Versorgungsspannung des IC 2 geprüft wurde, kontrolliert man nachfolgend sämtliche positiven Versorgungsspannungen aller IC's sowie alle Masseverbindungen. Die entsprechenden Bezeichnungen der Anschlußbeinchen findet man im Schaltplan. Die Spannungen an den Masseanschlüssen der IC's müssen 0 V betragen, d. h. unter 20 mV liegen.
- die Spannung an den Emittoren der Segment-Treiber-Transistoren T 14 bis T 29 darf maximal 50 mV betragen (typ. 20-30 mV).
- als nächstes werden die Spindeltrimmer, die zur Kalibrierung der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 dienen, voreingestellt. R 1 wird so eingestellt, daß an Pin 2 des IC 1 eine Spannung von 1,40 V ansteht. Bei korrekter Dimensionierung der einzelnen Bauelemente (R 2 bis R 4) steht der Spindeltrimmer R 1 hierbei ungefähr in Mittelstellung. Als nächstes wird R 9 so eingestellt, daß an Pin 23 des IC 1 ebenfalls eine Spannung von 1,40 V ansteht. Gleiches gilt für die Spindeltrimmer R 13 (Meßpunkt: Pin 22 des IC 1), R 17 (Meßpunkt: Pin 21 des IC 1), R 21 (Meßpunkt: Pin 20 des IC 1), R 25 (Meßpunkt: Pin 19 des IC 1), R 29 (Meßpunkt: Pin 18 des IC 1), R 33 (Meßpunkt: Pin 17 des IC 1), sowie R 37 (Meßpunkt: Pin 16 des IC 1). Lediglich bei der Einstellung des Spindeltrimmers R 5 muß die Meßspannung, die an Pin 3 des IC 1 gemessen wird, 1,00 V betragen.

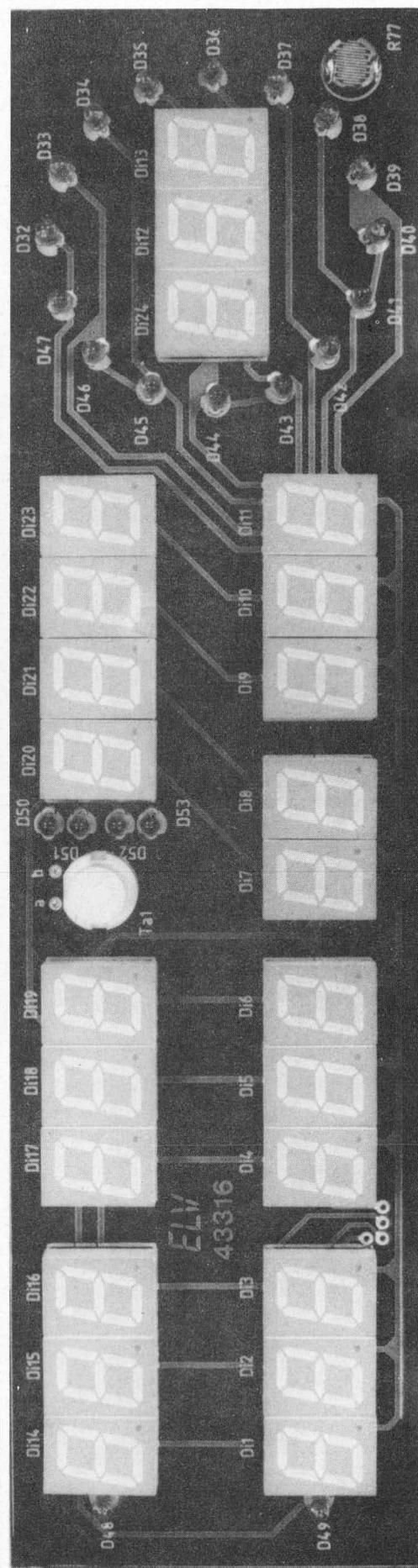
Der Trimmer R 76 zur Helligkeitsvoreinstellung der 7-Segmentanzeigen wird zunächst auf Rechtsanschlag (im Uhrzeigersinn gedreht) entsprechend maximaler Helligkeit eingestellt.

Der Spindeltrimmer R 309 zur Höhenkorrektur der Luftdruckanzeige wird auf Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn) entsprechend 0 Meter NN (Normal-Null) gedreht, während R 303 zur Temperaturkompensation des Drucksensors ungefähr in Mittelstellung gebracht wird. Mit R 310 wird an Pin 14 des OP 304 (IC 301) eine Spannung von 1,40 V eingestellt.

Mit den beschriebenen Einstellungen ist eine Grundkalibrierung der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 vorgenommen, die jedoch keineswegs die im folgenden beschriebene exakte Kalibrierung ersetzt.



**Bild 25:**  
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000



**Bild 26:**  
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

**Stückliste:**  
**W/S 7000 Grundbausatz**

**Halbleiter**

IC 1	CD 4067
IC 2	ELV 8501
IC 3, IC 4, IC 10	CD 4051
IC 5	82 C 43
IC 9	RC 4152
IC 11	CD 4520
IC 12	NE 555
IC 13	CD 4040
IC 14	7805
IC 15	78 L 08
IC 16	78 L 05
T 1-T 13	BC 876
T 14-T 29	BC 337
D 2-D 18	1 N 4148
D 19-D 31	1 N 4001
PTC	PTC 001
Di 1-Di 3, Di 14-Di 16	DJ 700 A
D 48, D 49	LED 3 mm rot
TS 101, TS 201	SAX 1000

**Kondensatoren**

C 1-C 3, C 8	100 µF/16 V
C 4, C 9, C 18	10 µF/16 V
C 5, C 10, C 11	10 nF
C 6	1,5 nF
C 7	470 nF
C 12-C 14	1 nF
C 15, C 16	22 pF
C 17, C 19, C 24	2200 µF/16 V
C 20	470 µF/16 V
C 21-C 23	10 µF/16 V
C 25	10000 µF/10 V, liegend
C 26, C 27, C 28	47 nF
C 101, C 201	47 nF

**Widerstände**

R 1, R 5, R 9	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 2, R 6, R 14	68 kΩ
R 3, R 15, R 23	180 kΩ
R 4	24 kΩ
R 7	47 kΩ
R 8	18 kΩ
R 10, R 18, R 42, R 147-R 162	33 kΩ
R 11, R 19	39 kΩ
R 12, R 20, R 45-R 48	10 kΩ
R 13, R 17, R 21	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 16, R 24, R 28	24 kΩ
R 22, R 26, R 30	68 kΩ
R 25, R 29, R 33	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 27, R 31, R 35, R 39	180 kΩ
R 32, R 36, R 40	24 kΩ
R 34, R 38, R 44	68 kΩ
R 37	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 41, R 43, R 49, R 53	100 kΩ
R 50	6,8 kΩ
R 51	5,6 kΩ
R 52	15 kΩ
R 54, R 55, R 59, R 89-R 101	4,7 kΩ
R 56-R 58, R 60-R 67	10 kΩ
R 68-R 70	4,7 kΩ
R 71	22 kΩ
R 72-R 75, R 80, R 83-R 88	10 kΩ
R 76	100 kΩ, Trimmer, liegend
R 77	LDR 07
R 78	1 kΩ
R 79	56 kΩ
R 81, R 82	6,8 kΩ
R 102-R 114	2,2 kΩ
R 115-R 146	1,5 kΩ
R 101, R 201	2,55 kΩ
R 102, R 202	100 kΩ

**Sonstiges**

Tr 1	prim: 220 V/35 VA sek: 9V/0,6A, 2x 11V/1A, 5V/1,5A
Si 1	Sicherung 250 mA
Ta 1	D 6 Taster
Ta 2	Printtaster
1 Platinensicherungshalter	
1 Quarz 6 MHz	
1 Schraube M 3 x 6	
4 Schrauben M 4 x 55	
12 Muttern M 4	
1 Mutter M 3	
20 cm flexible Leitung	
1 U-Kühlkörper SK 13	
33 Lötstifte	
1 40polige IC-Fassung	

**Erweiterungsbausatz  
Luftdruck und Tendenz**

**Halbleiter**

IC 301	LM 324
DS 301	KPY 10
TS 301	SAS 1000

D 20-D 23	DJ 700 A
D 50-D 53	LED 3 mm rot

**Kondensatoren**

C 301	1 µF/16 V
-------	-----------

**Widerstände**

R 301*	270 Ω
R 302*	1 kΩ
R 303	2 kΩ, Spindeltrimmer
R 304-R 307	100 kΩ
R 308	47 kΩ
R 309	1 kΩ, Spindeltrimmer
R 310	10 kΩ, Spindeltrimmer
R 311	2,2 kΩ

**Sonstiges**

3 m PVC-Schlauch	
1 Trichter	
* gegenüber Schaltbild geändert	

**Erweiterungsbausatz  
Feuchtemeßstelle**

**Halbleiter**

IC 401 (IC 501)	CD 4069
D 401 (D 501)	1 N 4148
FS 401 (FS 501)	LFS 10
(Di 4-Di 6) Di 17-Di 19	DJ 700 A

**Kondensatoren**

C 401 (C 501)	10 µF/16 V
---------------	------------

**Widerstände**

R 401 (R 501)	10 kΩ
R 402 (R 502)	10 kΩ

**Sonstiges**

3 m 2adrige abgeschirmte Leitung	
1 PG 9 Rohr	
1 Beutel Silicagel	

**Erweiterungsbausatz  
Sonnenscheindauer**

**Halbleiter**

IC 601	LM 358
PW 601	LDR 05
Di 7, Di 8	DJ 700 A

**Kondensatoren**

C 601	47 nF
-------	-------

**Widerstände**

R 601, T 604	2,2 kΩ
R 602, R 603	100 kΩ
R 605, R 606	10 kΩ
R 607	10 MΩ
R 608	1 MΩ

**Sonstiges**

3 m 4adrige flexible Leitung	
1 PG 9 Rohr	

**Erweiterungsbausatz  
Windrichtung**

**Halbleiter**

IC 801, IC 802	LM 358
T 801	BC 548
T 802-T 804	SFH 309
D 801-D 803	SFH 409
D 901	1 N 4148
IC 901	TL 081
IC 902	7808
T 901	TIP 115
TS 901	SAA 965
Di 12, Di 13, D 24	DJ 700 A
D 32-D 47	LED 3 mm rot

**Kondensatoren**

C 801	100 µF/16 V
C 802	10 µF/16 V
C 901-C 903	10 µF/16 V

**Widerstände**

R 801	10 Ω
R 802	10 kΩ
R 803, R 808	100 kΩ
R 804	2,7 kΩ
R 805, R 809	33 kΩ
R 806, R 807	10 kΩ
R 810, R 811	10 kΩ
R 812, R 816	100 kΩ
R 813	33 kΩ
R 814, R 815	10 kΩ
R 901	2,55 kΩ
R 902	27 kΩ
R 903	10 kΩ
R 904	68 kΩ
R 905	1 kΩ
R 906	33 Ω/4 W

**Sonstiges**

2 U-Kühlkörper SK 13	
1 Windaufnehmer-Gehäuseoberteil	
1 Windaufnehmer-Gehäuseunterteil	
1 Rotor	
1 Windfahne	
1 Metallspitze	
1 Sender-Kunststoffblock	
1 Empfänger-Kunststoffblock	
1 Distanz-Kunststoffblock	
1 Präzisions-Rasterscheibe	
1 Präzisions-Metallachse	
2 Präzisions-Gleitlager-Bundbuchse	
1 Benzing-Scheibe	
1 9 mm Unterlegscheibe	
2 Knipping-Schrauben 2,9 x 6 mm	
2 Knipping-Schrauben 2,9 x 32 mm	
1 Knipping-Schraube 5,5 x 38 mm	
2 Schrauben M 3 x 6 mm	
1 Schraube M 3 x 30 mm	
1 Edelstahlmutter M 4	
3 Muttern M 3	
6 Lötstifte	
10 cm Schaltdraht	

**Erweiterungsbausatz  
Windgeschwindigkeit**

**Halbleiter**

IC 701	LM 358
T 701	BC 548
T 702	SFH 309
D 701	SFH 409
D 901	1 N 4148
IC 901	TL 081
IC 902	7808
T 901	TIP 115
TS 901	SAA 965
Di 9-Di 11	DJ 700 A

**Kondensatoren**

C 701	100 µF/16 V
C 702	10 µF/16 V
C 901-C 903	10 µF/16 V

**Widerstände**

R 701	10 Ω
R 702	10 kΩ
R 703, R 708	100 kΩ
R 704	2,7 kΩ
R 705	33 kΩ
R 706, R 707	10 kΩ
R 901	2,55 kΩ
R 902	27 kΩ
R 903	10 kΩ
R 904	68 kΩ
R 905	1 kΩ
R 906	33 Ω/4 W

**Sonstiges**

2 U-Kühlkörper SK 13	
1 Windaufnehmergehäuse Oberteil	
1 Windaufnehmergehäuse Unterteil	
1 Rotor	
3 Rotorblätter	
1 Sender-Kunststoffblock	
1 Empfänger-Kunststoffblock	
1 Distanz-Kunststoffblock	
1 Präzisions-Rasterscheibe	
1 Präzisions-Metallachse	
2 Präzisions-Gleitlager-Bundbuchse	
1 Benzing-Scheibe	
1 9 mm Unterlegscheibe	
2 Knipping-Schrauben 2,9 x 6 mm	
2 Knipping-Schrauben 2,9 x 32 mm	
1 Knipping-Schraube 5,5 x 38 mm	
2 Schrauben M 3 x 6 mm	
1 Schraube M 3 x 30 mm	
1 Edelstahlmutter M 4	
3 Muttern M 3	
6 Lötstifte	
10 cm flexible Leitung	

**8-Bit-Parallel-Schnittstelle**

**Halbleiter**

IC 6	82 C 43
IC 7	74 LS 244
IC 8	74 LS 86

**Widerstände**

R 163	2,2 kΩ
R 164	100 kΩ

**Sonstiges**

1 15polige Subminiatur-Buchse	
1 15poliger Subminiatur-Stecker	
2 Schrauben M 3 x 6	
2 Muttern M 3	
10 cm 12adrige Flachbandleitung	



## Zur Kalibrierung

Bei der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 handelt es sich um ein komfortables und aufwendiges Wetterdatenmeßsystem, das aufgrund seiner technischen Konzeption in der Lage ist, eine hohe Präzision der ermittelten und angezeigten Meßwerte sicherzustellen. Damit die volle Leistungsfähigkeit des Gerätes aber auch tatsächlich erreicht werden kann, ist eine sorgfältige Einstellung, d. h. Kalibrierung der einzelnen Meßwertaufnehmer von ganz wesentlicher Bedeutung. Diesen Punkten wurde daher bei der Entwicklung bereits Rechnung getragen. Das ELV Ingenieurteam hat daher eine Kalibrieranleitung ausgearbeitet, die mit einfachen Mitteln für sämtliche Meßvorgänge einen zuverlässigen Abgleich erlaubt. Nachfolgend sind die einzelnen Abgleichvorgänge der Reihe nach ausführlich beschrieben.

### Abgleich der Temperaturmeßstellen

Als erstes wird für beide Temperaturmeßstellen der Nullpunkt eingestellt. Hierzu wird eine Thermoskanne aus einem Gemisch von kleingestoßenen Eiswürfeln und Wasser mindestens bis zur Hälfte gefüllt. Der Wasseranteil darf hierbei maximal  $\frac{1}{3}$  betragen, d. h. der Anteil der kleingestoßenen Eiswürfel muß unbedingt überwiegen. Wird dieses Eis-Wassergemisch kontinuierlich, d. h. nicht zu schnell gerührt, kann man davon ausgehen, daß sich eine Temperatur von genau  $0,00^{\circ}\text{C}$  einstellt. Voraussetzung ist allerdings, daß sowohl für die Eiswürfel als auch für das hinzugefügte Wasser ausschließlich destilliertes Wasser verwendet wird. Zu schnelleres Rühren ist zu vermeiden, da dies wiederum Reibung und Wärmezeugung bedeutet.

In diesem kontinuierlich gerührten Eis-Wasser-Gemisch werden nun die Temperatursensoren mindestens 5 cm tief eingetaucht, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß sie keinen direkten Kontakt zum Rand der Thermoskanne bekommen.

Nachdem die Sensoren mindestens 20 Minuten eingetaucht waren, kann mit dem Spindeltrimmer R 25 der Nullpunkt für die erste Temperaturmeßstelle und mit R 33 der Nullpunkt für die zweite Temperaturmeßstelle exakt eingestellt werden.

Das Verdrehen dieser beiden Spindeltrimmer sowie auch aller übrigen im weiteren Verlauf dieser Kalibrieranleitung beschriebenen Einstellungen muß in kleinen Schritten mit Pausen von mindestens 34 Sekunden erfolgen, da ein kompletter Meßzyklus eben diese Zeitspanne in Anspruch nimmt.

Der zweite Meßpunkt wird zur Einstellung des Skalenfaktors benötigt und wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines Fieberthermometers durchgeführt, das im allgemeinen eine Genauigkeit von  $\pm 0,1\text{ K}$  besitzt. Hierzu geht man wie folgt vor: Nachdem sowohl das Fieberthermometer als auch die Temperatursensoren 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  $36,9^{\circ}\text{C}$  einstellt. Die Temperatursensoren werden dann in den Mund genommen. Nach ca. 3 Minuten kann die An-

zeige für die Temperaturmeßstelle 1 mit dem Spindeltrimmer R 29 und die Anzeige für die Temperaturmeßstelle 2 mit dem Spindeltrimmer R 37 auf diesen Wert eingestellt werden. Auch hier muß man sich langsam an die Anzeige „herantasten“ da eine veränderte Einstellung der Spindeltrimmer aufgrund der 34sekündigen Meßzyklusdauer erst verzögert angezeigt wird.

Zur Überprüfung kann man anschließend die beiden Sensoren nochmals in das Eis-Wasser-Gemisch einbringen und kontrollieren, ob sich der Nullpunkt wieder „sauber“ einstellt. Gegebenenfalls sind die Einstellungen von Nullpunkt und Skalenfaktor nochmals zu wiederholen.

Damit ist der Abgleich der Temperaturmeßstellen bereits beendet. Aufgrund der hohen Linearität und Meßwertproduzierbarkeit ist jetzt der gesamte Meßbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+100^{\circ}\text{C}$  kalibriert.

### Abgleich der Feuchtemeßstellen

Mit der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 ist die kontinuierliche Messung der relativen Luftfeuchte über zwei vollkommen getrennt arbeitende und angezeigte Meßstellen mit hoher Genauigkeit möglich. Für die erreichte typische Genauigkeit von 1 % sind normalerweise sehr aufwendige und extrem teure Meßverfahren notwendig, die zudem in ihrer Bedienung meist kompliziert und langwierig sind.

In den ausgedehnten und sorgfältig von der Universität Oldenburg (Arbeitsgruppe Ökochenie und Umweltanalytik) durchgeführten Untersuchungen der hier eingesetzten Feuchtesensoren haben gezeigt, daß sie eine hohe Meßwertreproduzierbarkeit erreichen lassen, wobei allerdings die Kalibrierkurve, d. h. der Zusammenhang zwischen relativer Luftfeuchte und elektrischem Meßsignal nicht linear ist. Im weiteren Verlauf der Meßreihen wurde eine sog. Nenn-Kalibrierkurve entwickelt, die dem zentralen Mikroprozessor der WS 7000 bereits implementiert ist. Durch Parallelverschiebung und Drehung der Kurve der Ausgangsfunktion der tatsächlich angeschlossenen Feuchtesensorschaltungen können diese mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf die Nenn-Kalibrierkurve zurückgeführt werden.

Auch wenn vorstehende Beschreibung etwas aufwendig erscheint, so bleibt als Endergebnis die Tatsache, daß mit nur 2 einfach durchzuführenden Abgleichpunkten eine hohe Genauigkeit des angezeigten Meßergebnisses über den gesamten Meßbereich von 0 % bis nahezu 100 % relativer Luftfeuchte erreicht werden kann.

Da für die angestrebte Genauigkeit der Temperaturgang der Feuchtesensoren nicht ausreichend ist, muß eine separate Temperaturkompensation vorgenommen werden. Auch dies ist bereits per Software berücksichtigt, d. h. daß die Temperaturkompensation automatisch vom zentralen Mikroprozessor vorgenommen wird. Voraussetzung hierfür ist lediglich, daß der Temperatursensor 1 in räumlicher Nähe zum Feuchtesensor 1 anzuordnen ist, d. h. beide Sensoren (Feuchte 1 und Temperatur 1 sowie Feuchte 2 und Temperatur 2) müssen ungefähr die gleiche Temperatur besitzen.

Über die Temperaturmessung wird dann der vom Feuchtesensor kommende Meßwert automatisch im zentralen Mikroprozessorsystem umgerechnet, so daß der korrekte Meßwert der relativen Luftfeuchte auf der Anzeige erscheint. Die erste Kalibrierung für beide Feuchtesensoren erfolgt bei einer relativen Luftfeuchte von 75,5 %.

Diese Luftfeuchte kann leicht in jedem Haushalt selbst hergestellt werden. Hierzu muß man lediglich wissen, daß sich über einer gesättigten Kochsalzlösung ( $\text{NaCl}$ ) eine recht genaue und konstante relative Luftfeuchte von 75,5 % einstellt.

Diese gesättigte Kochsalzlösung erreicht man, indem in ein Wasserglas 100 g Kochsalz sowie 100 ml destilliertes Wasser eingefüllt und gut umgerührt wird. Die genaue Dosierung ist von untergeordneter Bedeutung. Es muß sich lediglich um eine gesättigte Kochsalzlösung handeln. Dies erkennt man daran, daß sich nach einer gewissen Zeit am Boden des Wasserglases eine mehr oder weniger hohe Kochsalzschicht absetzt (bei ungesättigter Kochsalzlösung ist die gesamte Salzmenge gelöst und es wird kein Bodensatz sichtbar).

Nachdem die gesättigte Kochsalzlösung angerührt wurde, deckt man das Wasserglas z.B. mit einer Alufolie möglichst luftdicht ab, wobei zuvor ungefähr in der Mitte der erste Luftfeuchtesensor hindurchgesteckt wurde. Da sich die in Haushaltsfachgeschäften erhältliche Alufolie gut allen möglichen Konturen anpaßt, kann der Feuchtesensor nahezu vollkommen luftdicht gegenüber der Außenwelt abgeschirmt über der Kochsalzlösung angeordnet werden. Sowohl die Kochsalzlösung als auch die Umgebungstemperatur sollten zwischen  $20^{\circ}\text{C}$  und  $25^{\circ}\text{C}$  liegen, wobei sich der Temperatursensor in unmittelbarer räumlicher Nähe befindet (z. B. mit einem Gummiring am Glas befestigen).

Nach ca. 2stündiger Wartezeit wird sich der angezeigte Meßwert nicht mehr verändern ( $\pm 0,5\%$  sind zulässig).

Jetzt wird mit dem Spindeltrimmer R 9 die Anzeige der relativen Luftfeuchte 1 auf 75,5 % eingestellt.

In gleicher Weise verfährt man anschließend mit dem Feuchtesensor 2, wobei dann selbstverständlich der Temperatursensor 2 am Wasserglas anzuordnen ist.

Sind diese beiden Einstellungen, die zur Parallelverschiebung der Feuchtesensorkurven dienen, durchgeführt, kann als nächstes die Einstellung des Skalenfaktors, d. h. die Drehung der Kurven bei 0 % relativer Luftfeuchte vorgenommen werden.

Hierzu bedient man sich einer körnigen, bläulichen Substanz, dem Silicagel, die Wasserdampf aus der Luft sehr effektiv bindet. In einem geschlossenen Gefäß (z. B. Wasserglas mit Alufolie abgedeckt) wird dadurch eine nahezu absolut trockene Luft mit einer relativen Luftfeuchte kleiner 0,1 % erzeugt. Auch hierbei sollte die Umgebungstemperatur im Bereich zwischen  $20^{\circ}\text{C}$  und  $25^{\circ}\text{C}$  liegen und der zu dem betreffenden Feuchtesensor gehörende Temperatursensor in räumlicher Nähe angeordnet sein.

Ca. 2 Stunden, nachdem der erste Feuchtesensor zur Messung der relativen Luftfeuchte 1 in dem Luftraum oberhalb des Silicagels eingebracht wurde, kann mit dem Spindeltrimmer R 13 die Anzeige auf einen Wert zwischen 0,1 % und 0,2 % eingestellt werden. Auf 0 % sollte die Anzeige nicht gestellt werden, da dies leicht zu einem Kalibrierfehler führen könnte, weil keine negativen Werte vom System angezeigt werden (eine Fehlkalibrierung von z. B. -5 % würde trotzdem auf der Anzeige „00.0 %“ ergeben).

Die Kalibrierung bei 0 % relativer Luftfeuchte der Feuchtemeßstelle 2 erfolgt mit dem Spindeltrimmer R 21.

Als Besonderheit wollen wir an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß anders als bei der Einstellung der Temperaturmeßstellen bei den Feuchtemeßstellen zuerst die Kalibrierung bei 75,5 % relativer Luftfeuchte und im Anschluß daran als zweiter Kalibrierpunkt die 0 % Einstellung vorgenommen wird.

Das jedem Feuchtesensorbausatz beigefügte Silicagel ist weitgehend harmlos, sollte allerdings vor Kindern sicher aufbewahrt werden.

Achtung: Das Silicagel ist nur funktionsfähig, wenn es intensiv blau gefärbt ist. Tritt ein Farbton in der Richtung blaß-violett bzw. rosa auf, so muß das Silicagel vor der Messung regeneriert werden. Hierzu wird es im Backofen auf einem Stück Alufolie solange bei ca. 200°C erhitzt, bis die intensive blaue Färbung wieder vorliegt. Im Umluft-Backofen muß das Silicagel allerdings vor Wegfliegen gesichert werden. Nach der Regeneration kann das Silicagel wieder eingesetzt werden, bis erneut die Verfärbung nach violett die Notwendigkeit der Regeneration anzeigt.

Damit ist die Einstellung der Luftfeuchtemeßstelle bereits abgeschlossen.

Nach den von der Universität Oldenburg durchgeführten ca. einjährigen Untersuchungen weisen die hier eingesetzten Luftfeuchtesensoren eine hohe Meßwertreproduzierbarkeit auf, wobei allerdings in den ersten 6 Monaten Alterungserscheinungen auftreten, die im Bereich von einigen Prozenten die Meßwerte verfälschen können. Es empfiehlt sich daher, nach ca. 6 bis 9 Monaten eine Neukalibrierung durchzuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist der Alterungsprozeß nahezu vollständig abgeschlossen, so daß nach erfolgter Neukalibrierung die Luftfeuchtesensoren langfristig ihren Dienst tun, ohne daß eine weitere Kalibrierung erforderlich wird. Beim Einsatz in „rauer“ Umgebungsluft, sollte aber trotzdem in regelmäßigen Abständen (ca. alle 2 Jahre) zumindest eine Überprüfung vorgenommen werden.

### Kalibrierung der Luftdruckmessung

Als erstes wird die Temperaturkompensation des Luftdrucksensors DS 301 des Typs KPY 10 durch Einstellung des Spindeltrimmers R 303 vorgenommen. Hierzu sind mehrere Temperaturzyklen (Kühlschrank - Raumtemperatur) vorzunehmen, wobei R 303 so einzustellen ist, daß sich der Anzeigenwert möglichst wenig

(einige wenige Digit) ändert, wenn die Temperatur schwankt.

Im einzelnen geht man wie folgt vor:

Zunächst wird das Gerät im geschlossenen Gehäuse für mindestens 2 Stunden betrieben und der angezeigte Luftdruckwert notiert. Alsdann entfernt man die Gehäuseoberhalbschale und stellt das eingeschaltete Gerät in den Kühlschrank. Nach wiederum 2 Stunden wird der Wert der Luftdruckanzeige des noch im Kühlschrank befindlichen eingeschalteten Gerätes abgelesen.

Bevor nun das Gerät aus dem Kühlschrank entfernt wird, ist die Netzwechselspannung abzuschalten. Dies ist sinnvoll, da beim Herausnehmen des stark unterkühlten Gerätes aus dem Kühlschrank sich Kondenswasser bilden könnte, das die Funktion der Schaltung stört.

Nachdem das ausgeschaltete Gerät wieder die Raumtemperatur angenommen hat und eine evtl. Betauung sich verflüchtigt hat, kann die Gehäuseoberhalbschale wieder auf das Gerät gesetzt und dieses eingeschaltet werden. Nach wiederum 2 Stunden müßte sich auf der Digitalanzeige der zu Anfang notierte Luftdruckwert wieder einstellen, vorausgesetzt, es hat in der Zwischenzeit keine tatsächliche Luftdruckschwankung stattgefunden. Der gesamte Kalibriervorgang während der Einstellung der Temperaturkompensation sollte in einer Zeit durchgeführt werden, in der der barometrische Luftdruck möglichst konstant ist (stabile Wetterlage - langanhaltendes Hoch oder auch langanhaltendes Tief).

Wurde auf der Anzeige, als sich das Gerät im Kühlschrank befand, ein größerer Wert abgelesen, bedeutet dies, daß der Einfluß des zur Kompensation dienenden Temperatursensors TS 301 noch zu gering ist und der Spindeltrimmer R 303 auf einen kleineren Wert eingestellt werden muß. Hierzu ist R 303 im Uhrzeigersinn zu drehen (rechts herum) und zwar so, daß sich die Anzeige um etwa den halben Betrag des Differenzwertes in Richtung kleinerer Werte ändert. Betrag der ursprüngliche Wert z. B. 1030 mbar und im Kühlschrank 1050 mbar, so ist R 303 so zu verstellen, daß sich die Anzeige einige Stunden nach Herausnahme des Gerätes aus dem Kühlschrank jetzt auf 1040 mbar befindet.

Jetzt wird ein neuer Temperaturzyklus durchfahren. Dazu ist der bei Raumtemperatur und geschlossenem Gehäuse angezeigte Wert wieder zu notieren und das Gerät anschließend bei abgenommener Gehäuseoberhalbschale in den Kühlschrank zu legen. Nach ca. 2 bis 3 Stunden liest man jetzt den neuen Wert auf der Anzeige ab, der dann zu notieren ist.

Der Unterschied zum angezeigten Wert vor dem Hineinlegen in den Kühlschrank müßte jetzt geringer sein, als im ersten Temperaturzyklus. Bevor das Gerät aus dem Kühlschrank entnommen wird, ist es wiederum von der Netzspannung zu trennen. Nachdem es die Raumtemperatur wieder angenommen hat, kann das Gehäuse geschlossen und das Gerät eingeschaltet werden. 2 bis 3 Stunden später müßte sich

die Anzeige wieder, von geringen Schwankungen einmal abgesehen, auf den ursprünglichen Wert vor dem Hineinlegen in den Kühlschrank, einstellen. R 303 ist jetzt so zu verdrehen, daß sich die Anzeige ungefähr auf einem Mittelwert befindet, der sich zwischen dem Wert bei Raumtemperatur und dem Wert bei der Plazierung des Gerätes im Kühlschrank befindet. Das Vorgehen ist also genauso wie beim ersten Temperaturzyklus.

Vorstehend beschriebene Einstellungen sind mehrfach, d. h. sooft durchzuführen, bis sich die Anzeige bei Temperaturschwankungen von Raumtemperatur und Kühlschranktemperatur möglichst wenig ändert, wobei Werte von besser als 10 Digit bei sorgfältiger Einstellung durchaus erreichbar sind.

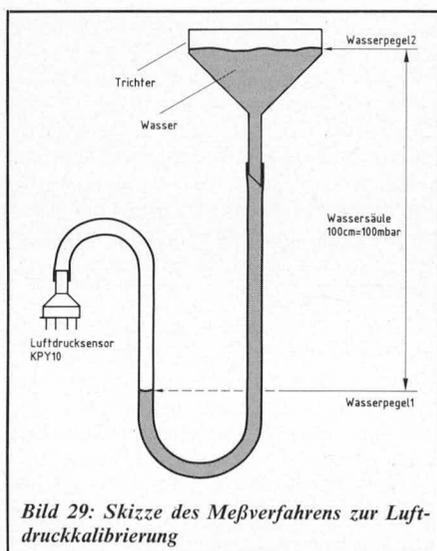
Auf den Abgleich der Temperaturkompensation kann verzichtet werden, wenn das Gerät kontinuierlich bei wenig schwankender Raumtemperatur betrieben wird. R 303 ist dann ungefähr in Mittelstellung zu bringen. Kommen wir nun zur Kalibrierung des Skalenfaktors. Hierzu ist es erforderlich, den genauen Wert des gerade herrschenden Luftdruckes zu kennen, den man z. B. regelmäßig aus dem Radio erfährt.

Außerdem ist die Kenntnis der Höhe, in der sich das Gerät befindet, erforderlich. Ist dieser Wert nicht bekannt, so kann er sicherlich bei den örtlichen Behörden erfragt werden.

Nach erfolgter Temperaturkompensation mit Hilfe des Spindeltrimmers R 303 ist die Vorgehensweise bei der eigentlichen Kalibrierung des Luftdruckmessers wie folgt:

Zunächst wird mit dem Spindeltrimmer R 310 die Ausgangsspannung an Pin 14 des OP 304 (IC 301) auf exakt 1,40 V eingestellt. Der Spindeltrimmer R 309 (Höhenkorrektur) befindet sich wie bereits unter „Grundeinstellung“ beschrieben, auf Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht -0 Ω).

Nun erfolgt die Offseteinstellung des Luftdruckmessers mit dem Spindeltrimmer R 1. Hierzu wird dem Drucksensor ein Luftdruck von exakt 1050 mbar angeboten. Dieser Druck ist deshalb gewählt worden, da er über dem normalerweise tatsächlich auftretenden größtmöglichen Luftdruck liegt. Erzeugt wird dieser Luftdruck wie folgt: Entsprechend der Skizze in Bild 29 wird auf den Luftdrucksensor ein ca. 3 m langer durchsichtiger Kunststoffschlauch aufgesetzt, an dessen anderem Ende sich ein Trichter befindet. In den Trichter wird Wasser gefüllt. An der Seite, an der sich der Schlauch auf dem Drucksensor befindet, wird er mit Daumen und Zeigefinger fest zusammengedrückt, nochmals kurz vom Luftdrucksensor abgezogen und vorsichtig etwas geöffnet, bis der Schlauch auf einer Länge von ca. 2 m mit Wasser gefüllt ist. Jetzt stülpt man den Kunststoffschlauch wieder auf den Drucksensor, wobei man sorgfältig darauf achtet, daß auf gar keinen Fall das Wasser bis zum Luftdrucksensor gelangen kann. Durch Anheben bzw. Absenken des Trichters kann man nun die Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 kontinuierlich variieren. Auf diese Weise



kann zum tatsächlich vorherrschenden barometrischen Luftdruck ein weiterer zusätzlicher Luftdruck addiert werden.

Hierzu muß man wissen, daß eine Wassersäule von 100 cm einem Luftdruck von 100 mbar entspricht (50 cm also 50 mbar). Maßgebend ist ausschließlich die Höhendifferenz der beiden Wasserspiegel und nicht die Gesamtlänge des Wassers im Kunststoffschlauch.

Wird zum Beispiel vom Wetteramt ein Luftdruck von 1010 mbar angegeben, müssen noch zum Erreichen von 1050 mbar (für den ersten Kalibrierpunkt) 40 mbar Druck hinzuaddiert werden. Dies entspricht einer Wasserpegeldifferenz entsprechend Bild 29 von exakt 40 cm. Der Trichter wird also so hoch gehalten (z. B. von einer zweiten Person), daß zwischen den beiden Wasserpegeln eine Höhendifferenz von 40 cm auftritt. Der Drucksensor hat demzufolge einen Meßdruck von 1050 mbar zu verarbeiten.

Mit dem Spindeltrimmer R 1 wird nun auf der Anzeige ein Wert von 1050 mbar eingestellt.

Ist diese Einstellung erfolgt, wird der Trichter jetzt genau 1 Meter höher, d. h. für den vorliegenden Fall auf 140 cm Wasserpegeldifferenz angehoben. Dies entspricht jetzt einem Meßdruck von 1150 mbar.

Mit dem Spindeltrimmer R 5 wird die Luftdruckanzeige auf 1150 eingestellt.

Zu Kontrollzwecken kann der Trichter nochmals auf die erste Höhendifferenz (hier 40 cm) abgesenkt und die Einstellung von R 1 überprüft werden, um anschließend nochmals angehoben zu werden und die Einstellung von R 5 zu kontrollieren.

Bei vorstehend beschriebener Kalibrierung sind wir davon ausgegangen, daß der als erstes zugrunde gelegte, vom Wetteramt erfaserte Luftdruckwert (hier 1010 mbar) auch tatsächlich am Ort der Kalibrierung vorherrschte. Da im allgemeinen die Angaben auf Meereshöhe bezogen sind, gilt diese Vorgehensweise also nur, wenn sich das Gerät auf NN (Normalnull entsprechend 0 Meter) befindet.

Liegt der Ort des Geschehens jedoch höher, so kann man auf einfache Weise den dort vorherrschenden Luftdruck selbst berech-

nen. Der Luftdruck ändert sich bis zu einer Höhe von 2000 Metern mit hinreichender Genauigkeit näherungsweise linear, d. h. er nimmt bei einer Höhenzunahme von 833 m um 100 mbar ab.

Befindet sich der Ort des Geschehens also nicht in Meereshöhe, so kann der tatsächliche Luftdruck nach folgender Formel berechnet werden:

$$P_t = P_{NN} - \frac{h}{833 \text{ m}} \cdot 100 \text{ mbar}$$

Hierin bedeuten:

- P<sub>t</sub>: tatsächlicher Luftdruck am Ort des Geschehens (Kalibrierort)
- P<sub>NN</sub>: vom Wetteramt bekanntgegebener Luftdruck in Meereshöhe (Normalnull)
- h: Höhe des Kalibrierortes über Meereshöhe. Befindet sich der Standort auf unser Beispiel bezogen in einer Höhe von 416 Metern, so beträgt der Luftdruck nicht, wie ursprünglich angenommen, 1010 mbar, sondern lediglich 1010 mbar minus 50 mbar gleich 960 mbar.

Um auf den für den ersten Kalibrierpunkt erforderlichen Druck von 1050 mbar zu kommen, müssen somit 90 mbar zusätzlicher Druck erzeugt werden, d. h. die Wasserpegeldifferenz muß 90 cm betragen.

Da für den zweiten Kalibrierpunkt 1150 mbar Luftdruck erforderlich sind, ergibt sich für den zusätzlich erforderlichen Luftdruck von 100 mbar eine Gesamtwasserpegeldifferenz von 90 cm + 100 cm = 190 cm, d. h. daß zu den vorherrschenden 960 mbar 190 mbar (entsprechend 190 cm Wassersäule) hinzugegeben werden.

Die Anzeige weist jetzt den tatsächlichen, am Aufstellort vorherrschenden Luftdruck auf.

Möchte man jedoch nicht den am Aufstellort herrschenden Luftdruck angezeigt bekommen, sondern den auf Meereshöhe bezogenen Luftdruck, so dient hierfür der Spindeltrimmer R 309, mit dem die Höhendifferenz individuell ausgeglichen werden kann. Als letzter Einstellschritt kann mit R 309 die Anzeige auf den Ausgangswert (hier 1010 mbar) gebracht werden, d. h. es wird mit R 309 derjenige Luftdruckwert eingestellt, den das Wetteramt als Luftdruckwert bezogen auf Meereshöhe (Normalnull) angesagt hat.

Durch die Einstellung von R 309 wird die Kalibrierung der Wetterstation nicht verändert, so daß jederzeit dieser Spindeltrimmer wieder bis zum Linksanschlag (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht) gebracht werden kann. Die Wetterstation zeigt dann wieder den tatsächlichen, am Ort des Geschehens herrschenden Luftdruck an.

Zwar ist die Kalibrierung dieses Luftdruckmessers verhältnismäßig aufwendig, jedoch kann sie mit einfachen Mitteln durchgeführt werden, wobei man eine hohe Genauigkeit erreichen kann.

#### Kalibrierung der Sonnenscheindauer

Die Meßschaltung zur Registrierung der Hell-/Dunkelphasen sowie zur Messung der Sonnenscheindauer erfordert im allgemeinen keine Kalibrierung.

Durch Anschluß eines Spannungsmessers an die Punkte „c“ und „b“ (Teilschaltbild 8) kann man die korrekten Schaltpunkte

überprüfen. Hierzu dunkelt man den Fotowiderstand PW 601 des Typs LDR 05 ab, um ihn anschließend gemäßiger Helligkeit (entsprechend Morgendämmerung) auszusetzen. Im abgedunkelten Zustand liegt am Platinenanschlussspunkt „b“ eine Spannung von ca. 7 V an, während bei ausreichender Helligkeit der Spannungswert auf ca. 0 V abfällt. Der tatsächliche Umschaltpunkt spielt hierbei eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist lediglich, daß zum Beispiel bei auftretendem Gewitter nicht versehentlich „Nacht“ registriert wird.

Setzt man den Fotowiderstand PW 601 direkt der Sonnenbestrahlung aus, so muß die Spannung am Platinenanschlussspunkt „c“ von ca. 0 V auf ca. +7 V ansteigen. Hierbei ist es wichtig, daß bei mittlerer Helligkeit der Spannungswert noch auf ca. 0 V bleibt und erst bei direkter Sonneneinstrahlung bzw. einer vergleichbaren großen Helligkeit der Wert auf ca. 7 V springt.

Durch Vergrößern des Widerstandes R 604 wird der Schaltvorgang bereits bei etwas geringerer Helligkeit und durch Verkleinern von R 604 bei erhöhter Helligkeit durchgeführt.

Wie bereits unter „Zum Nachbau“ ausführlich erläutert, sollte (falls überhaupt) die Schaltung erst nach einer längeren Betriebsdauer vergossen werden, um ein geringfügiges Altern der Bauelemente abzuwarten.

#### Kalibrierung der Windmeßaufnehmer

Eine Kalibrierung des Windgeschwindigkeitsmessers ist nicht erforderlich, da der Meßwertaufnehmer eine systembedingte Konstante besitzt, die der quatzgenau arbeitende zentrale Mikroprozessor per Software exakt kennt und entsprechend auswertet. Die Anzeige erfolgt daher ohne Kalibrierung im Bereich zwischen 1,5 m/s und ca. 55 m/s, entsprechend 5,6 km/h bzw. 200 km/h mit einer Genauigkeit von  $\text{typ. } \pm (0,5 \text{ m/s} + 0,8 \%) (!)$ .

Die Windrichtung wird mit einer Auflösung von 10° und einer Genauigkeit von besser als 5° ausgewertet. Zur Einstellung wird die Pfeilspitze der Wetterfahne genau anhand eines Kompasses nach Norden ausgerichtet. Anschließend wird das Gehäuseunterteil dieses Aufnehmers auf dem Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr soweit verdreht, bis die Basisstation einen Wert von 0° anzeigt. Die Zuordnung der einzelnen Bauelemente innerhalb des Windrichtungsmeßwertaufnehmers (zum Beispiel Positionierung der Rasterscheibe usw.) spielt hierbei keine Rolle mehr.

Wurde das Vierkant-Edelstahl-Trägerrohr bereits vergossen und ein Drehen des Aufnehmergehäuseunterteils ist nicht mehr möglich, so muß die gesamte Anordnung, d. h. einschließlich des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohres am Mast gedreht werden, bis auf der Anzeige der Basisstation 0°, entsprechend Norden erscheint (Spitze der Windfahne weist hierbei genau nach Norden).

Damit ist auch der Ableich dieses Schaltungsteiles beendet und dem Einsatz der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 steht nichts mehr im Wege.