

ELV *journal*

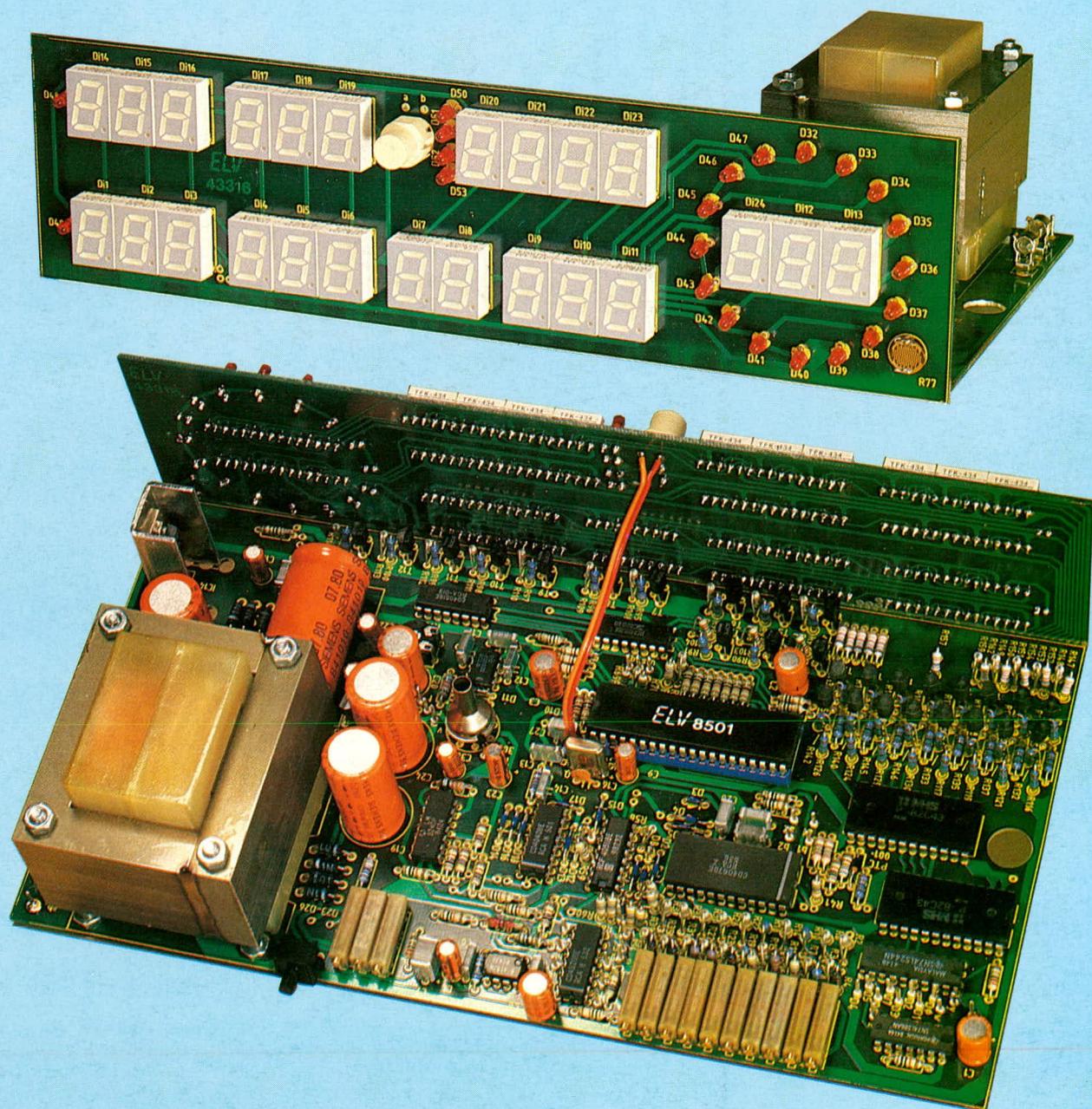
Nr. 44

Mit
Platinenfolien

Fachmagazin der Amateure und Profis für angewandte Elektronik

DM 4,50

ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000



Mit
Platinenfolien

In dieser Ausgabe:

ELV-Serie 7000:

NF-Stereo-Leistungsverstärker NFV 7000

Komfort-Wetterstation WS 7000

ELV-Serie
Kfz-Elektronik:

Echtwert-Ökonometrier

Autoradio-Diebstahlalarm

Video-Überspiel-Verstärker

Antennenverstärker

ELV-Grundlagen:
Gehör-Mikrofon-Kopfhörer, Teil 4

In dem hier vorliegenden vierten Teil der Artikelserie „Gehör-Mikrofon-Kopfhörer“ werden die elektroakustischen Wandler ausführlich beschrieben.

4. Elektroakustische Wandler

Diese Aufsatzreihe begann in ihrem ersten Teil mit einer ganz allgemeinen Betrachtung über die elektroakustische Übertragung von Schall (s. a. Bild 1.1). Die für die Luftschallübertragung wichtigsten Schallwandler (Mikrofone, Lautsprecher, Kopfhörer) wurden dort bereits erwähnt. Der nachfolgende vierte Teil befaßt sich ausführlicher mit diesem Thema.

Unter elektroakustischen Wandlern oder Schallwandlern versteht man ganz allgemein Systeme, die Schallenergie in elektrische Energie und umgekehrt elektrische Energie in Schallenergie umzuwandeln vermögen; die ersteren bezeichnet man als Schallempfänger, die letzteren als Schallsender. Diese Umwandlung erfolgt i. a. unter Zwischenschaltung eines schwingfähigen mechanischen Systems, dessen Hauptbestandteil – zumindest bei nahezu allen Wandlern für Luftschall – eine Membran bildet. Dieses mechanische System wird bei den Schallempfängern durch ein Schallfeld und bei den Schallsendern durch elektrische oder magnetische Kräfte zu erzwungenen Schwingungen angeregt.

Den Vorgang der Energieumwandlung kann man somit in zwei Teile gliedern:

- Umwandlung von Schallenergie in mechanische Energie (oder umgekehrt) – und
- Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie (oder umgekehrt)

Zu a):

Beim Schallempfänger (z. B. beim Mikrofon) wird das mechanische System über die Membran vom Schallfeld angeregt. Hierbei ist zu unterscheiden, ob die auf das mechanische System einwirkende Kraft unmittelbar vom Schalldruck oder aber vom Schalldruckgefälle (= Schalldruckgradient) abhängt. Man spricht demzufolge entweder von einem Druckempfänger oder aber von einem Druckgradientenempfänger. Letztere zeichnen sich i. a. durch gerichtete Empfangseigenschaften aus.

Beim Schallsender (z. B. beim Lautsprecher oder Kopfhörer) wird das mechanische System durch elektrische oder magnetische Kräfte in Schwingungen versetzt. Von der Energie dieser mechanischen Schwingungen soll der Schallsender möglichst viel in Form von Schall abstrahlen.

Zu b):

Für die Umwandlung von mechanischer in elektrischer Energie (oder umgekehrt) gibt

es verschiedene Möglichkeiten. Unter Hinweis auf die Art dieses zweiten Energieumwandlungsschrittes unterteilt man generell die elektroakustischen Wandler nach demjenigen elektrischen oder magnetischen Vorgang, der unmittelbar eine Kraft auf das mechanische System ausübt (Schallsender), oder umgekehrt durch die Bewegung des mechanischen Systems hervorgerufen wird (Schallempfänger). – Diese Einteilung, nämlich nach der Art der mechanisch-elektrischen Umwandlung, kennzeichnet die Hauptmerkmale der verschiedenen elektroakustischen Wandler am besten. In der Praxis unterscheidet man daher zwischen

- elektromagnetischen,
- elektrodynamischen,
- magnetostriktiven,
- elektrostatischen – und
- piezoelektrischen Schallwandlern.

Die Schallempfänger werden darüber hinaus noch danach beurteilt, welcher mechanischen Bewegungsgröße die erzeugte elektrische Größe entspricht, nämlich entweder dem Ausschlag oder der Geschwindigkeit. Richtet sich die elektrische Größe nach dem Schwingungsausschlag des mechanischen Systems, so spricht man von einem Elongationsempfänger (Elongationsmikrofon); folgt dagegen die elektrische Größe der Schwinggeschwindigkeit, so handelt es sich um einen Geschwindigkeitsempfänger (Geschwindigkeitsmikrofon).

Schallwandler, die in beiden Richtungen, d. h. sowohl als Sender als auch als Empfänger betrieben werden können, heißen reversible Wandler. Ist ein Schallwandler nur in einer Richtung betriebsfähig, wie das z. B. bei den früheren Kohlemikrofonen in Fernsprechern oder sehr viel später beim Transistormikrofon der Fall war, so bezeichnet man ihn als irreversibel. Die irreversiblen Wandler üben lediglich eine Steuerung aus, wobei die von ihnen abgegebene elektrische Energie aus einer gesonderten Quelle stammt. Die zur Bewegung des Steuerorgans benötigte Energie wird dem Schallfeld entnommen. Man bezeichnet Wandler dieser Art auch als aktive Wandler. Die reversiblen Wandler heißen dementsprechend auch passive Schallwandler. Qualitäts-Schallwandler arbeiten i. a. stets nach dem Prinzip der reversiblen oder passiven Wandler.

Das Ausmaß, in dem es einem Schallwandler gelingt, akustische Energie in elektrische Energie oder umgekehrt elektrische

Energie in akustische Energie umzusetzen, wird durch den Wandler-Wirkungsgrad gekennzeichnet; er wird in Prozent (%) angegeben. Sieht man von ganz speziellen Ausführungen einmal ab, so sind die mit elektroakustischen Wandlern im Luftschallbereich erzielbaren Wirkungsgrade ausgesprochen niedrig. –

4.1 Wandlerprinzip

Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich auf die – für die Praxis wichtigeren – reversiblen Schallwandler.

4.1.1 Elektromagnetische Schallwandler

Elektromagnetische Schallwandler bestehen in ihrer einfachsten Ausführung aus einem Permanentmagneten mit mindestens einer Wicklung und einem beweglichen Anker aus Weicheisen, der i. a. mit einer Membran mechanisch gekoppelt ist, s. Bild 4.1. Die aus dem Magneten und dem Anker gebildete Anordnung stellt einen magnetischen Kreis dar, der durch einen Luftspalt von der Gesamtbreite a unterbrochen ist. Der Permanentmagnet sorgt für die Vormagnetisierung des Magnetkreises. Fließt ein elektrischer Strom (Symbol: i) durch die Wicklung, so wird der Anker und mit ihm auch die daran mechanisch angekoppelte Membran – je nach der Polarität des Stromes – vom Magneten angezogen bzw. abgestoßen. Die Kraftwirkung (Symbol: F) auf den Anker ist dem Quadrat des gesamten magnetischen Flusses (Symbol: Φ) proportional: $F \sim \Phi^2$. Ist der Strom i ein Wechselstrom von der Frequenz f ($= \omega/2\pi$), so erfolgt auch die Anziehung bzw. Abstoßung des Ankers mit einer sich periodisch ändernden Wechselkraft. Infolge der quadratischen Beziehung zwischen der Kraft und dem Magnetfluß wird neben der Ankerbewegung im Rhythmus der Erregerfrequenz f des Spulenstromes noch eine weitere Wechselkraft wirksam, die sich mit der doppelten Frequenz $2f$ ändert. Durch diese zweite Wechselkraft-Komponente entstehen nichtlineare Verzerrungen (Klirrfaktor!). Um diese Verzerrungen vernachlässigbar klein zu halten, muß die Vormagnetisierung Φ_0 durch den Permanentmagneten so hoch bemessen werden, daß sie sehr viel größer ist als der durch den Spulenwechselstrom im Höchsthalle erzeugte Wechselfluß $\Phi \sim$.

Breibt man das gleiche elektromagnetische Wandler-System als Schallempfänger, wobei man es zusammen mit seiner angekoppelten Membran in ein Schallfeld bringt, so wird sein Anker in Schwingungen versetzt; in der Spulenwicklung wird

von Dr. Ivar Veit
SENNHEISER electronic KG,
3002 Wedemark

dabei eine – je nach der Intensität des Schallfeldes – entsprechend hohe Wechselspannung induziert. Die Höhe dieser Wechselspannung ist um so größer, je höher die Gleichfeld-Vormagnetisierung (Φ_0) des Magnetkreises ist. – Ohne ein permanentes Magnetfeld arbeiten elektromagnetische Schallwandler nicht.

Bei dem im Bild 4.1a gezeigten rotationssymmetrischen System, und das gleiche gilt auch für die sogenannten Doppeljochsysteme, wird der magnetische Kreis über einen Weicheisen-Anker geschlossen, der den gesamten Gleichfluß Φ_0 aufnehmen muß. – Bei einer moderneren Ausführungsform für elektromagnetische Wandler, dem sogenannten Vierpolsystem (s. Bild 4.1b), geht nur der Wechselfluß durch das bewegliche Element, und zwar einen drehbaren Zungenanker. Dieser Zungenanker befindet sich im Nullzweig einer magnetischen Brückenordnung und wird daher vom Gleichfluß nicht durchflossen. Er kann daher sehr dünn und leicht ausgeführt werden. Magnetische Schallwandler mit einem Vierpolsystem lassen sich außerordentlich klein aufbauen. Derartige Systeme werden heute in nahezu allen Hörgeräten als Wiedergabewandler verwendet. Begünstigt wird ihre Anwendung in diesem Bereich durch ihren „relativ guten“ elektroakustischen Wirkungsgrad.

4.1.2 Elektrodynamische Schallwandler

Der elektrodynamische Schallwandler besteht im Prinzip aus einem feststehenden permanenten Magnetfeld und einem darin beweglichen elektrischen Leiter, der in der Praxis entweder zu einer Schwingspule aufgewickelt ist oder aber aus einer leichten Metallfolie besteht, wie z. B. beim Bändchenmikrofon. Man vermeidet bei diesem Wandlerprinzip den Umweg über die Erzeugung eines magnetischen Wechselflusses in einem Eisenkern. Inhomogenitäten des Magnetfeldes, wie sie bei der Bewegung eines Ankers entstehen können, z. B. bei Luftspaltänderungen, treten hier nicht auf. Sorgt man konstruktiv dafür, daß der bewegliche Leiter auch bei den größten noch auszuführenden Amplituden im homogenen Teil des permanenten Magnetfeldes bleibt, so lassen sich nach diesem Wandler-

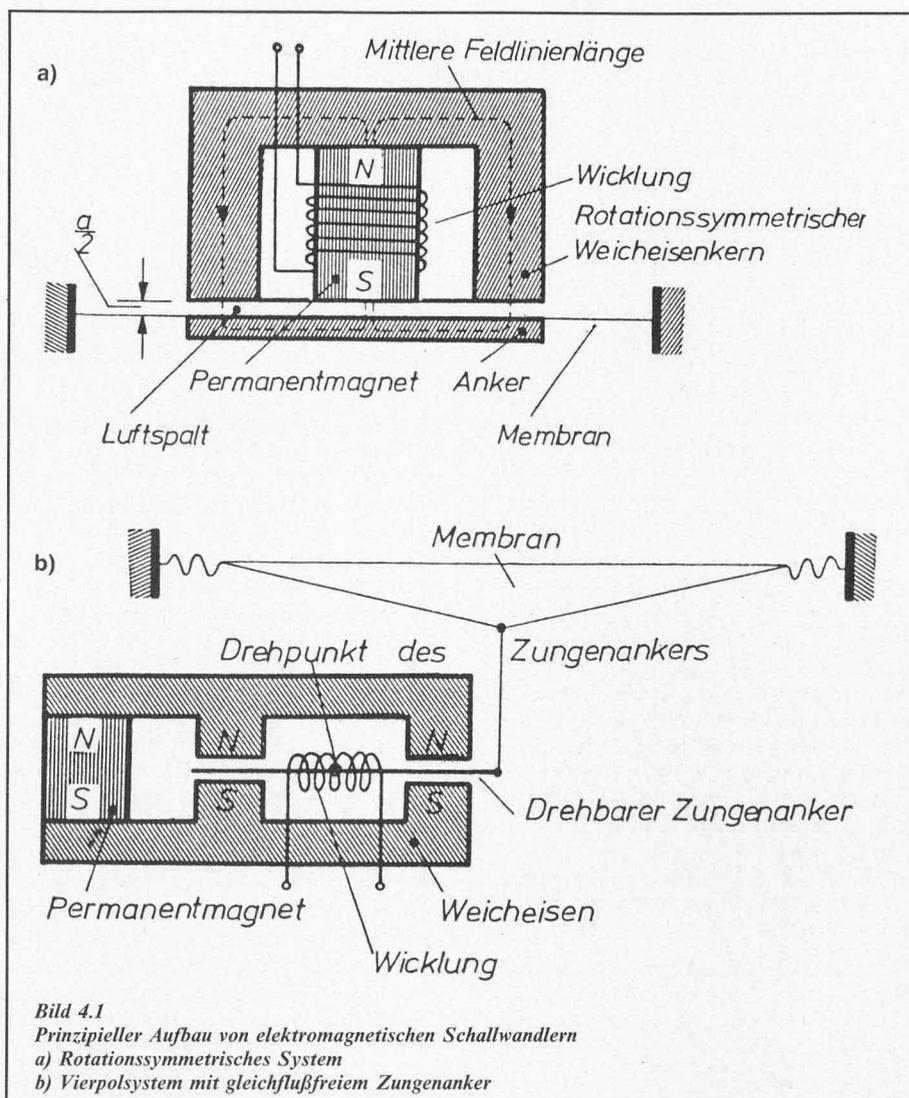


Bild 4.1

Prinzipieller Aufbau von elektromagnetischen Schallwandlern

a) Rotationssymmetrisches System

b) Vierpolsystem mit gleichflußfreiem Zungenanker

prinzip besonders verzerrungsarme Schallwandler aufbauen. Zwischen der erzeugten Wechselkraft F und dem eingespeisten Wechselstrom i besteht beim elektrodynamischen Schallsender ein linearer Zusammenhang. Das gleiche gilt auch für die Beziehung zwischen der im bewegten Leiter eines elektrodynamischen Schallempfängers induzierten Wechselspannung u und der mechanischen Bewegungsgeschwindigkeit v .

Bei den meisten praktischen Ausführungen besteht der bewegliche Leiter aus einer Schwingspule, die schwingfähig aufgehängt in einen Topfmagneten hineintaucht, s. Bild 4.2. Man spricht daher auch von einer Tauchspule. Unmittelbar an der Schwing- oder Tauchspule ist die Membran befestigt.

Die weitaus meisten Lautsprecher und Kopfhörer arbeiten heute nach dem elektro-

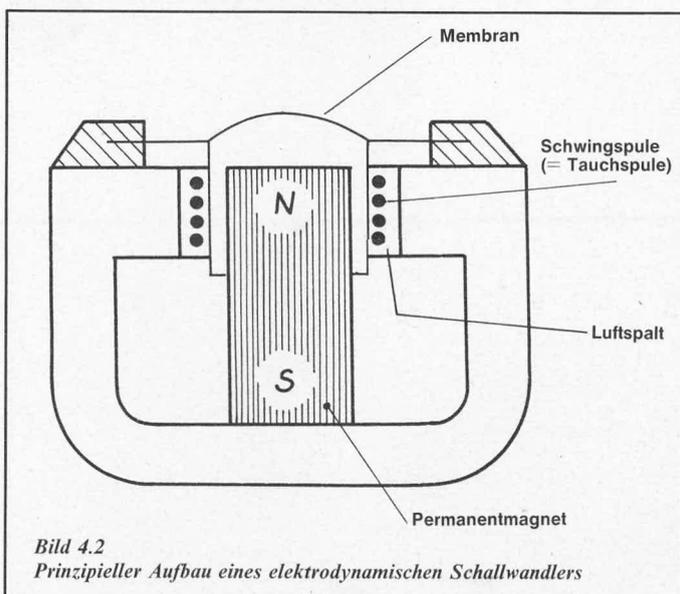


Bild 4.2

Prinzipieller Aufbau eines elektrodynamischen Schallwandlers

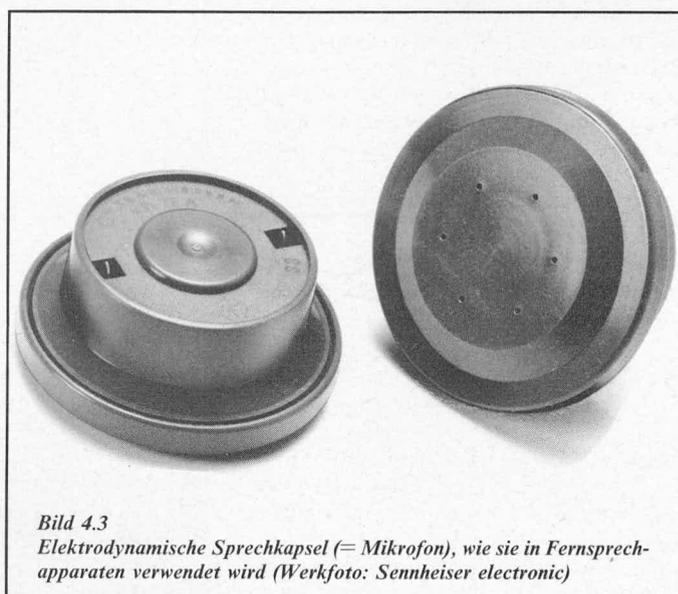


Bild 4.3

Elektrodynamische Sprechkapsel (= Mikrofon), wie sie in Fernsprechanlagen verwendet wird (Werkfoto: Sennheiser electronic)

dynamischen Wandlerprinzip. Auch das Tauchspulmikrofon, ein überall geschätztes und gern verwendetes Qualitätsmikrofon, ist ein elektrodynamischer Schallwandler. In den nächsten beiden Folgen dieser Aufsatzreihe wird über dynamische Mikrofone und Kopfhörer noch sehr ausführlich berichtet werden. – Ferner finden elektrodynamische Hör- und Sprechkapseln (s. a. Bild 4.3) eine sehr weit verbreitete Anwendung in Fernsprechapparaten. Zu den dynamischen Schallwandlern gehört auch das schon weiter oben erwähnte Bändchenmikrofon. Der bewegliche elektrische Leiter übernimmt in diesem Falle gleichzeitig die Funktion der Membran. Er besteht aus einem dünnen, leichten Metallbändchen – meist aus Aluminium – das zwischen den Polen eines Permanentmagneten schwingfähig angeordnet ist.

4.1.3 Magnetostriktive Schallwandler

Bei magnetostriktiven Schallwandlern wird der sogenannte magnetostriktive Effekt ausgenutzt. Danach erfahren Körper aus ferromagnetischem Material (z. B. Nickel) eine Längenänderung, sobald man sie in ein Magnetfeld bringt. Umgekehrt ändert sich die Magnetisierung innerhalb eines ferromagnetischen Körpers, sobald an ihm Kräfte angreifen, die eine Längenänderung verursachen. Umschließt man einen solchen Körper mit einer Spule, so wird in dieser dabei eine elektrische Spannung induziert, deren Höhe ein Maß für die Längenänderung ist.

Die Magnetostriktion eignet sich insofern sehr gut zum Aufbau reversibler Schallwandler. Die relativen Längenänderungen sind dabei allerdings außerordentlich klein $\Delta l/l \approx 10^{-6}$. Dafür können aber die auftretenden Kräfte sehr groß werden. Magnetostriktive Schallwandler finden daher ihren hauptsächlichsten Einsatz im Bereich des Wasserschalls. Dort werden sie im Frequenzbereich zwischen etwa 10 und 500 kHz eingesetzt. Da sie i. a. stets in ihrer mechanischen Eigenfrequenz (= Resonanzfrequenz) betrieben werden, erreicht man mit ihnen (im Wasser!) ungewöhnlich hohe elektroakustische Wirkungsgrade.

Die Magnetostriktion hat physikalisch gesehen eine gewisse Analogie in der Piezoelektrizität. Von der Funktion her jedoch sind die magnetostriktiven Wandler direkt vergleichbar mit den elektromagnetischen Schallwandlern: Die magnetostriktive Längenänderung ist nämlich ebenfalls proportional dem Quadrat der Magnetisierung. Für eine einwandfreie Funktion ist das Vorhandensein einer Gleichfeld-Vormagnetisierung unablässig.

Für den Luftschallbereich haben magnetostriktive Schallwandler keine große Bedeutung.

4.1.4 Elektrostatische Schallwandler

Elektrostatische (oder auch: Dielektrische) Schallwandler sind im Prinzip Kondensatoren, die i. a. aus einer sehr dünnen, schwingfähig gelagerten Membranelektrode und einer starren Gegenelektrode bestehen, siehe Bild 4.4. Legt man an ein solches Kondensatorsystem eine elektrische Spannung u , so entsteht eine Kraftwirkung auf die Membranelektrode, die dem Quadrat

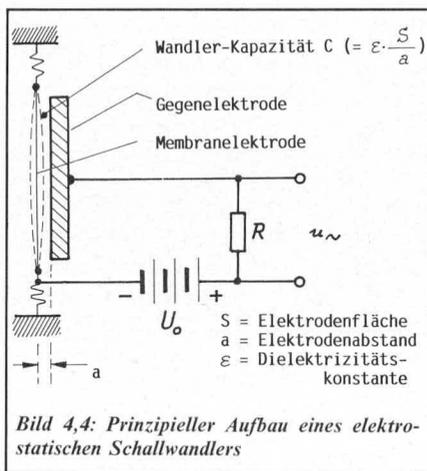


Bild 4.4: Prinzipieller Aufbau eines elektrostatistischen Schallwandlers

der angelegten elektrischen Spannung proportional ist: $F \sim u^2$. D. h. auch hier besteht – ähnlich wie beim elektromagnetischen Wandler – zwischen der erzeugten elektrostatischen Kraft und der sie erzeugenden elektrischen Spannung eine quadratische Beziehung. Um diese zu linearisieren und auf diese Weise das Auftreten von nichtlinearen Verzerrungen zu vermeiden, legt man an die Elektroden der Wandler-Kapazität eine im Verhältnis zur Signal (wechsel-)spannung möglichst hohe Gleichspannung an; man erzeugt damit ein elektrostatisches Gleichfeld, das den quadratischen Einfluß nicht mehr zur Wirkung kommen läßt.

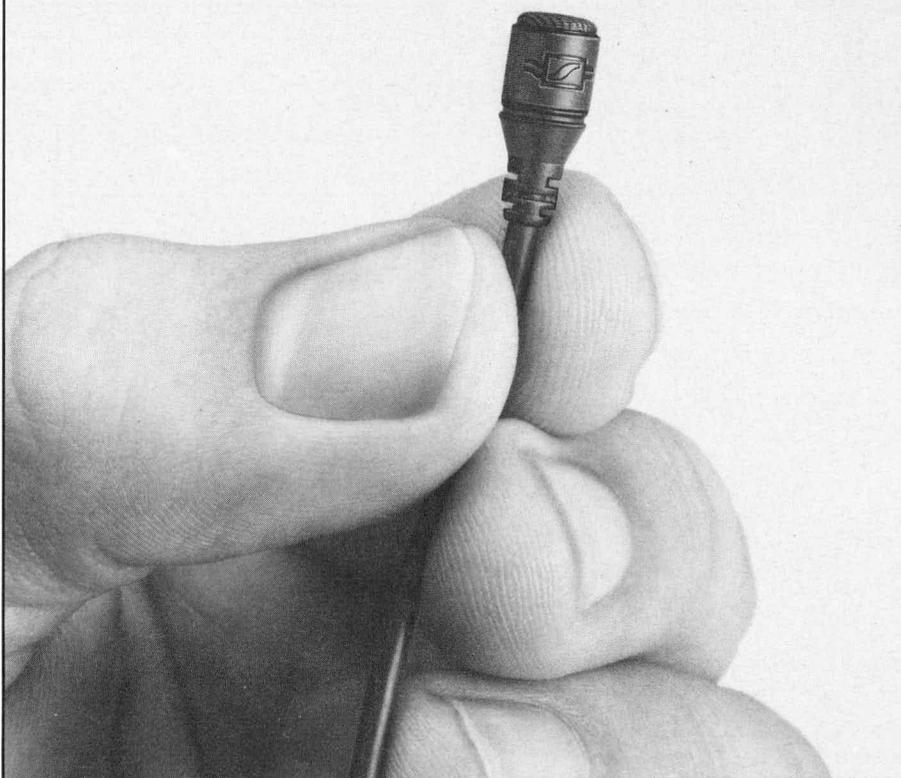
Im Empfangsbetrieb unterscheidet man bei den elektrostatistischen Schallwandlern (= Kondensatormikrofone) grundsätzlich zwei verschiedene Betriebsarten, nämlich a) die Niederfrequenz- oder NF-Schaltung und b) die Hochfrequenz- oder HF-Schaltung.

Über die letztere wird in der nächsten Folge dieser Reihe noch ausführlich berichtet werden. Hier sei zunächst nur die NF-Schaltung betrachtet; in dieser Betriebsart benötigen auch die elektrostatistischen Schallempfänger ein permanentes Gleichfeld. Die Funktion ist folgende: In der Niederfrequenz-Schaltung wird die Wandler-Kapazität C – sie liegt zwischen etwa 10 und 200 pF – über einen Widerstand R (siehe dazu auch das Bild 4.4) auf den Wert der Vor- oder Polarisationsspannung U_0 aufgeladen. Wird das Mikrofon beschallt, so ändert sich im Rhythmus der Schallfrequenz die Mikrofonkapazität C und mit ihr der Strom durch den Widerstand R . Der dadurch hervorgerufene Wechselspannungsabfall an diesem Widerstand (= Mikrofon-Signalspannung u_{\sim}) wird einem nachfolgenden Niederfrequenz-Vorverstärker zugeführt. Damit auch noch sehr tiefe Frequenzen übertragen werden können, müssen der Widerstand R und der Eingangswiderstand R_{Eingang} des Vorverstärkers sehr hochohmig (einige hundert M Ω) sein. Der Vorverstärker war früher i. a. mit Elektronenröhren bestückt; heute übernehmen Feldeffekttransistoren diese Aufgabe.

Zusammenfassend kann daher festgehalten werden: Ohne ein permanentes Gleichfeld arbeiten elektrostatistische Schallwandler – normalerweise – nicht.

Die Bereitstellung der meist doch recht hohen Polarisationsspannung (z. B.: 100 . . . 200 V) ist in der Praxis nicht immer sehr leicht zu bewerkstelligen, z. B. bei extrem kleinen und portabel einsetzbaren Kondensatormikrofonen. In dieser Hinsicht eröffnete die Einführung der Elektret-Technik völlig

Bild 4.5: Hochwertiges Miniatur-Ansteck-Mikrofon Typ MKE 2 (Durchmesser: ca. 6 mm) mit kugelförmiger Richtcharakteristik, das sowohl zur drahtgebundenen als auch drahtlosen Tonübertragung eingesetzt wird. Übertragungsfrequenzbereich: 40 Hz . . . 20 kHz (Werkfoto: Sennheiser electronic).



neue Möglichkeiten. Man konnte nun Kondensatormikrofone bauen, die keine zusätzliche Polarisationsspannung mehr benötigten. Das erforderliche elektrostatische Gleichfeld ist im Elektretmaterial – das sind spezielle Kunststoffe, z. B. Polycarbonate, Polyhalogen-Kohlenwasserstoffe, etc. – permanent „enthalten“. Elektrete lassen sich als dünne Folien herstellen und elektrostatisch polarisieren. Durch besondere Polarisationsverfahren kann man in derartigen Materialien bleibende elektrische Ladungen „einfrieren“. Die Bezeichnung Elektret ist als elektrisches Analogon zum Magneten gewählt worden.

Elektret-Kondensator-Mikrofone lassen sich mit außerordentlich kleinen Abmessungen und dennoch hervorragender Übertragungsqualität herstellen. Bild 4.5 zeigt als Beispiel ein sehr kleines und hochwertiges Ansteck-Elektretmikrofon (Typ MKE 2), wie es gern bei Reportagen oder Diskussionsrunden verwendet wird. Es wird an der Kleidung befestigt und gewährleistet somit einen gleichbleibenden Abstand zwischen dem Mikrofon und dem Mund des Sprechers – unabhängig von dessen Bewegungen. Über die technischen Details von Elektretmikrofonen wird im Teil 5 noch die Rede sein.

4.1.5 Piezoelektrische Schallwandler

Bei den piezoelektrischen Schallwandlern findet der piezoelektrische Effekt seine praktische Anwendung. Dieser Effekt

wurde ursprünglich bei kristallinen Stoffen (z. B.: Quarz, Seignettesalz) beobachtet: Bei mechanischen Deformationen derselben treten an deren Oberfläche elektrische Ladungen auf (= direkter Piezoeffekt); diese Tatsache findet ihre Nutzenanwendung beim Aufbau piezoelektrischer Schallempfänger. Umgekehrt kann man ein solches kristallines Material durch Anlegen einer elektrischen Spannung mechanisch verformen (= reziproker Piezoeffekt); dieser Effekt wird beim Aufbau von piezoelektrischen Schallsendern ausgenutzt. – Heute kennt man neben den piezokristallinen Stoffen auch diverse polykristalline Keramiken (z. B.: Bariumtitanat, Bleizirkonattitanat), die elektrisch polarisierbar sind. Moderne Piezo-Schallwandler sind überwiegend mit piezokeramischen Schwingelementen aufgebaut.

Von der Funktion her unterscheidet man grundsätzlich zwischen dem longitudinalen Piezoeffekt (hier schwingt der Kristall in Richtung des angelegten elektrischen Feldes) und dem transversalen Piezoeffekt (hier schwingt der Kristall quer zur Richtung des angelegten elektrischen Feldes), siehe Bild 4.6a und b. – Die Darstellung des Piezoeffekts ist in diesem Bilde stark schematisiert; Δd bzw. Δl symbolisieren dabei nur die Gesamtänderung der Schwingabmessung in der betreffenden Richtung. Die Kompression bzw. Dilatation tritt stets beidseitig in Erscheinung.

Bild 4.6c zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines piezokeramischen Kleinstmikrofons, wie es u. a. auch bei Hörgeräten eingesetzt wird.

In jüngster Zeit sind die piezoelektrischen Materialien um eine neue Werkstoffvariante bereichert worden. Es handelt sich dabei um ganz bestimmte polarisierbare Kunststoffe. Der bekannteste davon ist das Polyvinylidenefluorid (abgekürzt: PVDF oder PVF₂). Dieses Material läßt sich auch als Folie mit einer Stärke bis zu etwa 10 μm – und kleiner – herstellen, so daß man häufig auch von „Piezopolymerfolien“ spricht. Eine beidseitig metallisierte PVDF-Folie zeigt im Hörfrequenzbereich allerdings nur den transversalen Piezoeffekt (siehe Bild 4.7a). Um damit eine schallwandelnde Wirkung zu erzielen, gibt man der Folie zweckmäßigerweise eine gewölbte Gestalt, so wie das z. B. im Bild 4.7b gezeigt wird.

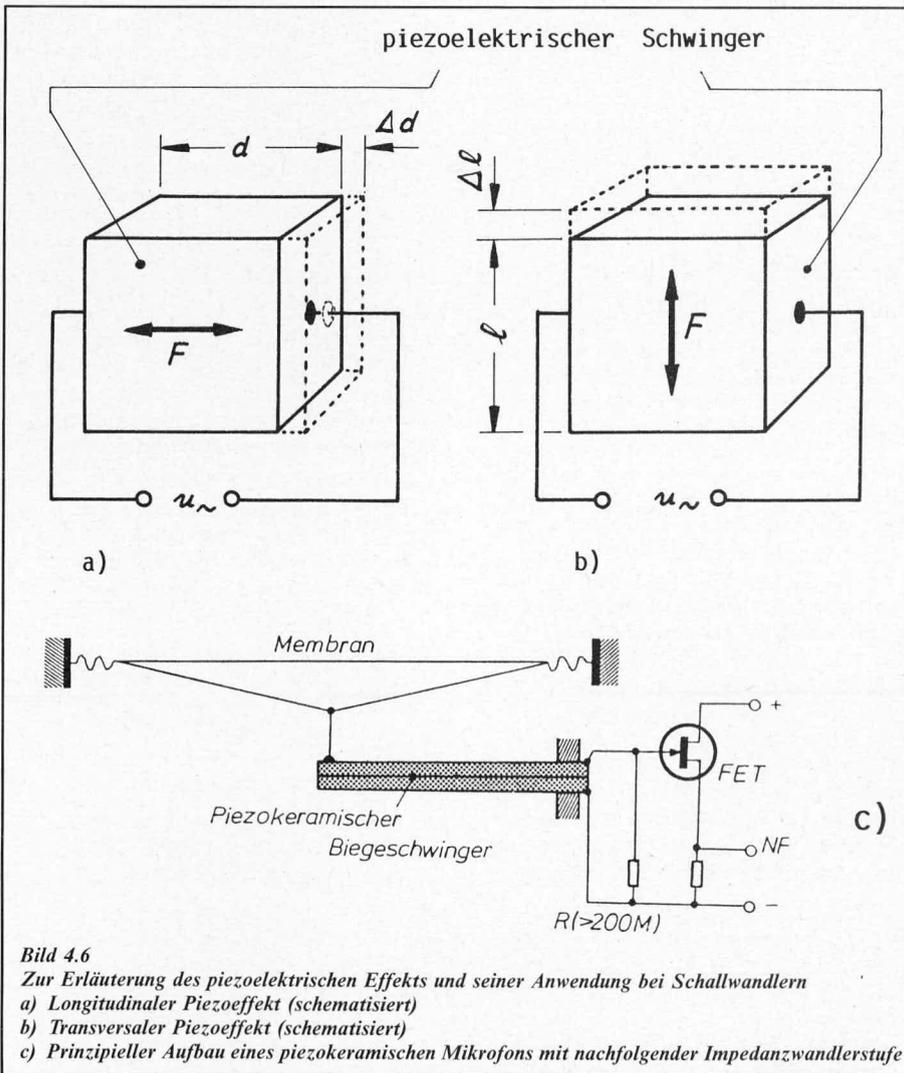


Bild 4.6

Zur Erläuterung des piezoelektrischen Effekts und seiner Anwendung bei Schallwandlern

a) Longitudinaler Piezoeffekt (schematisiert)

b) Transversaler Piezoeffekt (schematisiert)

c) Prinzipieller Aufbau eines piezokeramischen Mikrofons mit nachfolgender Impedanzwandlerstufe

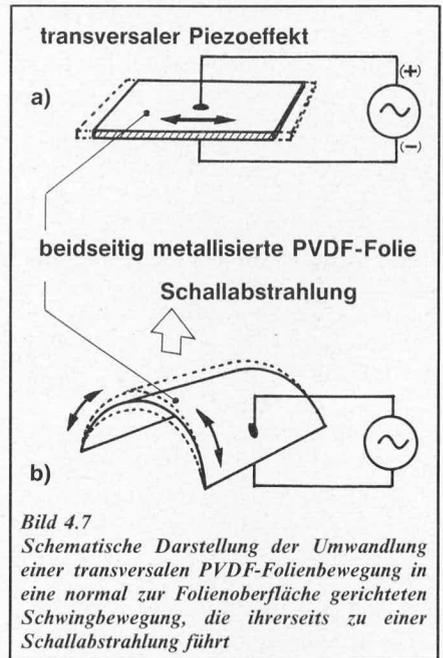


Bild 4.7

Schematische Darstellung der Umwandlung einer transversalen PVDF-Folienbewegung in eine normal zur Folienoberfläche gerichteten Schwingbewegung, die ihrerseits zu einer Schallabstrahlung führt

4.2 Übertragungs-Kenngrößen von Schallwandlern

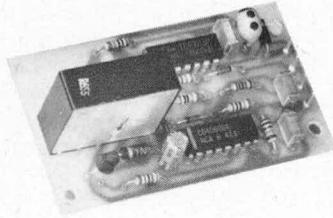
Zur quantitativen Beschreibung der Übertragungseigenschaften von Schallsendern und -empfängern gibt es eine Reihe von Kenngrößen. Das sind vor allem

- der Übertragungsfaktor bzw. das Übertragungsmaß – und
- die Richtcharakteristik bzw. das Richtdiagramm,

die sowohl von Mikrofonen als auch von Lautsprechern bzw. Kopfhörern gemessen und angegeben werden. Da diese Größen i. a. auch noch frequenzabhängig sind, gibt man davon üblicherweise auch noch die Frequenzgänge an. Darüber hinaus kann es aus verschiedenen Gründen sinnvoll sein, die Übertragungseigenschaften sowohl unter Freifeld- als auch unter Diffrusfeldbedingungen zu bestimmen. Die einzuhaltenen Meßbedingungen sind in den einschlägigen Normen festgeschrieben.

Über die hier bereits genannten wie auch einige weitere Kenngrößen wird im Rahmen der beiden noch folgenden Beiträge über Mikrofone und Kopfhörer noch ausführlich berichtet werden, und zwar illustriert durch konkrete Beispiele.

Autoradio-Diebstahlalarm



Durch diese leicht aufzubauende Schaltung wird ein Alarm ausgelöst, sobald das Autoradio von Unbefugten ausgebaut wird.

Allgemeines

Die Minderheit der Autos steht des Nachts geschützt in einer abgeschlossenen Garage. Für die Mehrheit ist die Straße bzw. ein ebenfalls meist unbewachter Parkplatz nächtliche Ruhestätte. Im Schutze der Dunkelheit hat dann so manches Autoradio auf unrechtmäßige Weise seinen Besitzer gewechselt. Gerade Autoradios zählen hierbei mit zu den am häufigsten entwendeten Gegenständen bei Kfz-Einbrüchen.

Im ELV-Labor wurde daher eine kleine, aber hochwirksame Schaltung entwickelt, die beim unrechtmäßigen Ausbau des Autoradios die Hupe für ca. 30 Sekunden lang im 1 Hz-Rhythmus ertönen läßt und so zum Schutz des Eigentums beiträgt.

Zur Schaltung

Mit dem IC 1 des Typs CD 4060 ist ein Oszillator/Teiler aufgebaut, dessen Grundfrequenz bei ca. 140 Hz liegt (zu messen an Pin 9 des IC 1). Der exakte Wert kann ohne weiteres um ca. 10% schwanken.

Bei eingeschalteter Zündung liegt am Platinenanschlußpunkt „c“ die volle Versorgungsspannung an (ca. +12 V), so daß über R 2 und D 4 Pin 13 des Gatters N 3 „high“-Potential führt. N 3 und N 4 bilden zusammen ein Flip-Flop (also einen digitalen Speicher), dessen Ausgang (Pin 10) den Reseteingang (Pin 12) des IC 1 ansteuert.

Liegt an Pin 13 also „high“-Potential, so trägt die Spannung am Ausgang (Pin 10 des Gatters N 4) ebenfalls ca. +12 V (also auch „high“-Potential). Hierdurch ist das IC 1 permanent im Reset-Modus, d. h., daß der 140 Hz-Oszillator gestoppt ist.

Wird die Zündung ausgeschaltet, geht die Spannung am Platinenanschlußpunkt „c“ auf ca. 0 V zurück. Gleichfalls auch die Spannung an Pin 13 des Gatters N 3.

Der Ausgang (Pin 10) des Speichers N 3/N 4 ändert sich hierbei nicht, da das „high“-Signal an Pin 13 digital abgespeichert wurde.

Hierbei sind wir davon ausgegangen, daß der Platinenanschlußpunkt „d“ am Metallgehäuse des Autoradios angeklemt wurde, das Massepotential und damit 0 V führt. Die Eingänge (Pin 1, 2) des Gatters N 1 liegen somit auf 0 V, der Ausgang (Pin 3 des Gatters N 1) sowie die beiden Eingänge (Pin 5, 6 von N 2) führen ca. +12 V und der Ausgang (Pin 4) des Gatters N 2 0 V.

Wird jetzt bei ausgeschalteter Zündung das Autoradio ausgebaut, muß zwangsläufig der am Metall-Autoradiogehäuse angeschlossene Platinenanschlußpunkt „d“ abgetrennt werden. Hierdurch wird über R 1 die Spannung an den Eingängen (Pin 1, 2) des Gatters N 1 auf ca. +12 V angehoben. Der Ausgang von N 1 sowie der Ausgang von N 2 wechseln ihren Zustand (Pin 4 von N 2 geht von 0 V auf ca. +12 V). Über C 4/R 7 wird ein positiver Impuls auf den zweiten Speichereingang (Pin 8) des Flip-Flops N 3/N 4 gegeben.

Der Ausgang (Pin 10) des Gatters N 4 wechselt hierdurch von ca. +12 V auf 0 V und das IC 1 ist über seinen Reset-Eingang (Pin 12) freigegeben (wenn Pin 12 des IC 1 0 V führt, beginnt der Oszillator mit ca. 140 Hz zu schwingen).

Auch wenn jetzt der Platinenanschlußpunkt „d“ sofort wieder mit der Kfz-Masse verbunden wird, ändert dies an dem Alarm nichts mehr, da der Impuls über N 3/N 4 abgespeichert wurde.

An Pin 6 des IC 1 stehen jetzt 1 Hz-Impulse an, d. h., daß der Ausgang 0,5 Sekunden 0 V und weitere 0,5 Sekunden ca. +10 V führt. Der Transistor T 1, der seinerseits wiederum das Leistungsrelais Re 1 schaltet, wird somit über R 8 im 1 Hz-Rhythmus angesteuert.

Die Schaltleistung von Re 1 ist so hoch, daß im allgemeinen eine Hupe ohne zusätzliches Schaltrelais angeschlossen werden kann, wobei allerdings ein maximaler Schaltstrom von 8 A nicht überschritten werden darf. Bei höheren Schaltströmen ist das Printrelais Re 1 zum Schalten eines weiteren, meist schon vorhandenen Leistungsrelais für die Hupe einzusetzen. In diesem Fall wird also nicht der Versorgungsstrom für die Hupe über die Kontakte von Re 1 geführt, sondern lediglich der Strom eines evtl. bereits vorhandenen oder gegebenenfalls zusätzlich einzubauenden Leistungsrelais, dessen Kontakte wiederum dann den Versorgungsstrom für die Hupe schalten.

Die beiden Platinenanschlußpunkte „e“ und „f“ des Schaltkontaktes re 1, werden einfach parallel zu einem vorhandenen Hupenschalter angeschlossen.

Ca. 30 Sekunden nach der Alarmauslösung erscheint an Pin 2 des IC 1 ein „high“-Si-

gnal, das über D 5 den Eingang Pin 13 des Gatters N 3 ansteuert, wodurch das Flip-Flop (N 3/N 4) zurückgesetzt wird. Der Ausgang (Pin 10 des Gatters N 4) wechselt von 0 V auf ca. +12 V und das IC 1 wird über Pin 12 zurückgesetzt. Das Warnsignal verstummt, gleichgültig, ob der Platinenanschlußpunkt „d“ am Autoradio angeklemt ist oder nicht.

Sobald die Zündung eingeschaltet ist, erfolgt ein Zurücksetzen der Schaltung ohne Verzögerung, d. h., daß das Autoradio selbstverständlich aus- bzw. eingebaut werden kann, ohne daß ein Alarm ausgelöst wird.

Da die Schaltung in CMOS-Technik aufgebaut wurde, liegt die Stromaufnahme im Ruhezustand bei ca. 0,1 mA und ist somit auf die Kapazität eines Auto-Akkus bezogen vollkommen vernachlässigbar. Der Verbrauch dieser Schaltung im ganzen Jahr ist ungefähr gleichzusetzen mit einer Scheinwerfereinschaltzeit von ca. 5 Minuten.

Zum Nachbau

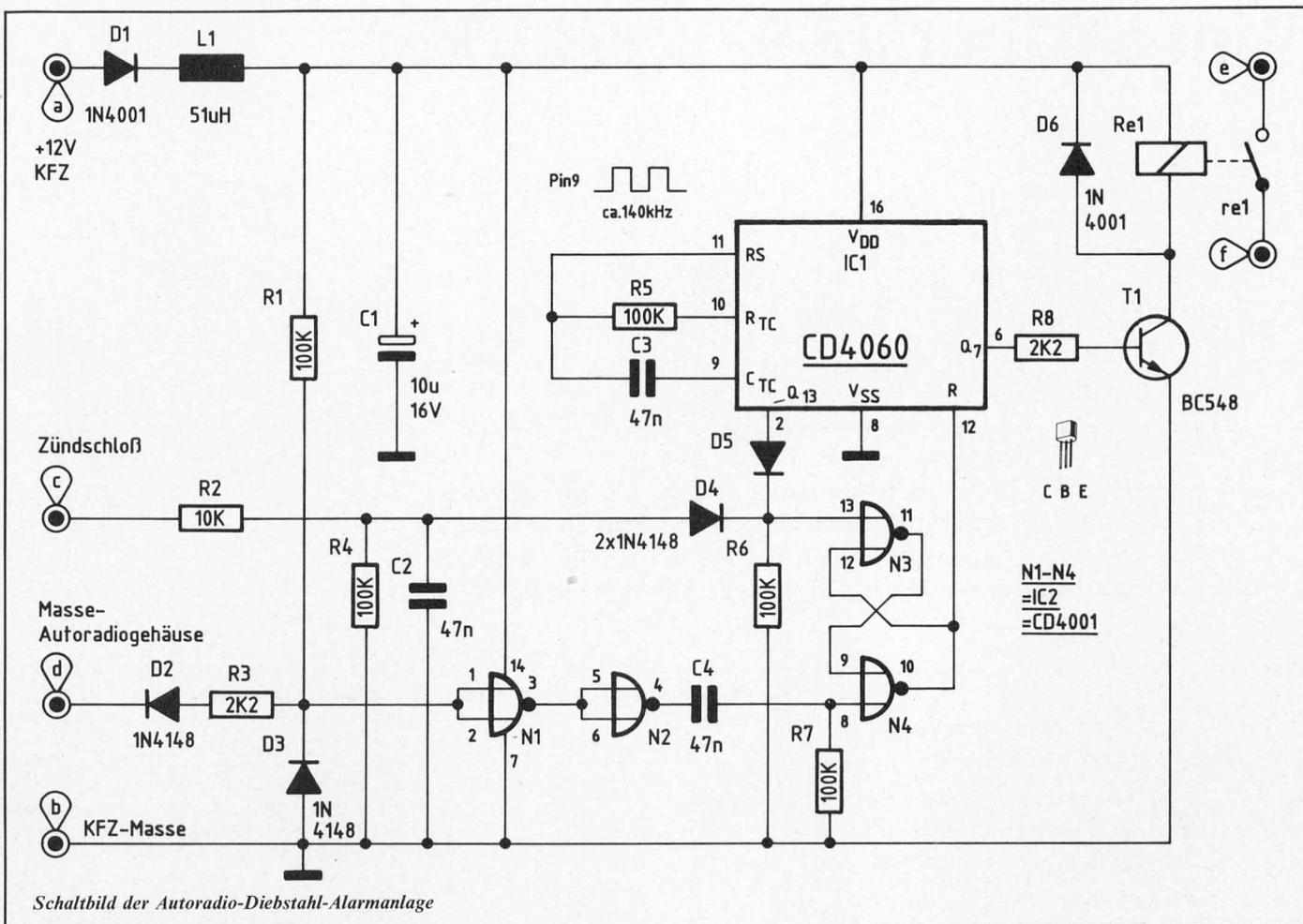
Zunächst werden die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Das Relais sollte als letztes eingesetzt werden, da es das höchste Bauelement ist und die Bestückung der übrigen Bauteile behindern könnte.

Die Schaltung selbst kann in ein passendes Kunststoffgehäuse eingebaut werden, wobei die räumliche Anordnung so erfolgen sollte, daß die Zuleitung zum Anschluß der Hupe an die Platinenanschlußpunkte „e“ und „f“ nicht unnötig lang wird.

An den Platinenanschlußpunkt „b“ wird die Kfz-Masse und an den Platinenanschlußpunkt „a“ die positive Kfz-Bordspannung angelegt, die zweckmäßigerweise hinter einer Sicherung, die permanent Spannung führt, abgenommen wird.

Der Platinenanschlußpunkt „c“ wird hinter dem Zündschloß angeklemt (bei den meisten Fahrzeugen Klemme 15).

Der Platinenanschlußpunkt „d“ wird direkt mit dem Metall-Chassis (Gehäuse) des zu schützenden Autoradios verbunden, wobei man möglichst eine Verbindungsstelle wählt, die bei einem evtl. unbefugten Ausbau des Autoradios nicht sofort als Sicherungskontakt erkannt wird. Außerdem



empfehlenswert, diese Leitung dünn und sehr kurz zu bemessen, damit sie bei einem gewaltsamen Ausbau des Autoradios frühzeitig abreißt.

Sowohl die Länge als auch der Querschnitt der Zuleitungen zu den Anschlußpunkten „a bis c“ spielen eine untergeordnete Rolle, da nur kleine Ströme fließen. Die Zuleitungen zu den Anschlußpunkten „e“ und „d“ hingegen sollten möglichst kurz und einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm² (besser 4 mm²) aufweisen.

Stückliste:
Autoradio-Diebstahlalarm

Halbleiter

IC 1	.....	CD 4060
IC 2	.....	CD 4001
T 1	.....	BC 548
D 1, D 6	.....	1 N 4001
D 2-D 5	.....	1 N 4148

Kondensatoren

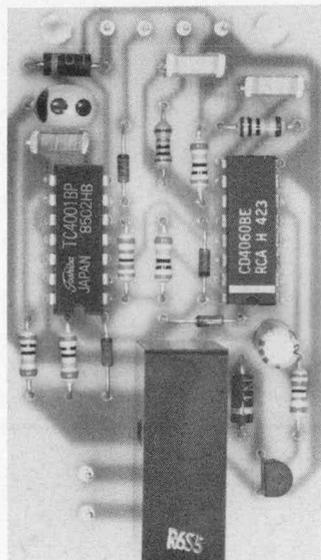
C 1	.....	10 µF/16 V
C 2-C 4	.....	47 nF

Widerstände

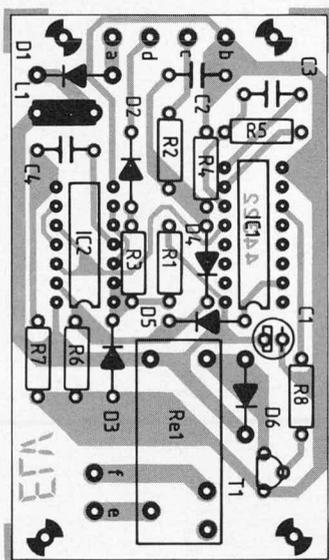
R 1, R 4-R 7	.....	100 kΩ
R 2	.....	10 kΩ
R 3, R 8	.....	2,2 kΩ

Sonstiges

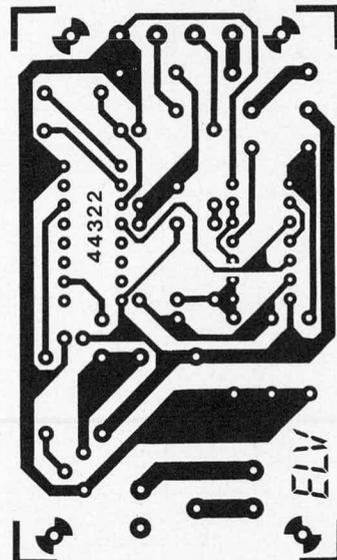
Re 1	.....	Siemens Kartenrelais, 1 x Um, 8 A, stehend
L 1	.....	Spule 51 µH
6	.....	Lötstifte



Ansicht der fertig bestückten Platine der Autoradio-Diebstahl-Alarmanlage

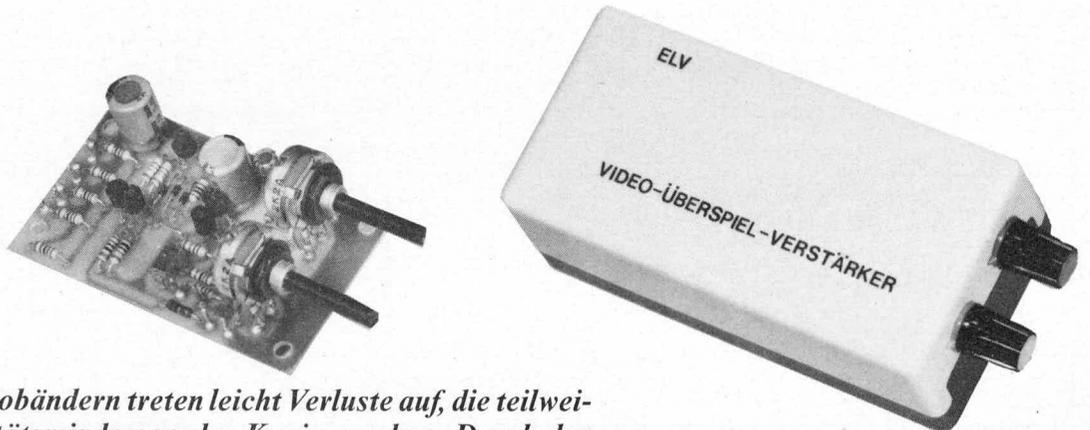


Bestückungsseite der Platine der Autoradio-Diebstahl-Alarmanlage



Leiterbahnseite der Platine der Autoradio-Diebstahl-Alarmanlage

Video-Überspiel-Verstärker



Beim Kopieren von Videobändern treten leicht Verluste auf, die teilweise eine deutliche Qualitätsminderung der Kopie ergeben. Durch den hier vorgestellten Video-Überspiel-Verstärker mit vier (!) Ausgängen, wird der Aussteuerungsbereich vergrößert und der Kontrastumfang der Kopie steigt.

Allgemeines

Ein wesentliches Kriterium bei der Beurteilung der Qualität von Videoaufzeichnungen ist die Bildauflösung bzw. Bildschärfe, die in direktem Zusammenhang mit der Bandbreite steht, die ein Video-Rekorder verarbeiten kann. Beim Überspielen treten nun Qualitätsverluste auf, da sich die Bandbreite systembedingt reduziert, d. h., daß im oberen Frequenzbereich das Signal stärker absinkt als im mittleren und unteren Frequenzbereich.

Hier kann ein Konturregler eine Verbesserung herbeiführen, indem nur die oberen Frequenzbereiche angehoben, d. h. beeinflußt werden. Die Randschärfe (Kontur) wird verbessert.

Des weiteren können Qualitätsverluste durch Absinken des gesamten Aussteuerpegels hervorgerufen werden, und dies insbesondere dann, wenn zwei oder mehr Video-Rekorder bzw. ein Video-Rekorder und ein Farbfernsehgerät (Monitor) gleichzeitig an den Ausgang des Master-Gerätes angeschlossen werden.

Mit dem Pegelregler kann die gesamte Verstärkung angehoben werden zur Vergrößerung des Aussteuerbereiches, wodurch sich der Kontrastumfang der Kopie erhöht.

Eine maximale Verstärkung zuzüglich einer maximalen Anhebung der oberen Frequenzen ist nicht unbedingt mit maximaler Qualität gleichzusetzen. Vielmehr kann auch eine Übersteuerung eintreten, wodurch die Qualität ebenfalls absinkt.

Zu Beginn einer Video-Aufzeichnung sollten daher sowohl Pegelregler als auch Konturregler auf Minimum gestellt werden. Durch langsames „Aufdrehen“ zuerst des einen und anschließend des anderen Reglers, kann bei gleichzeitigem Anschluß eines Farbfernsehgerätes als Monitor die optimale Bildqualität eingestellt werden.

Insgesamt stehen bei dem hier vorgestellten Video-Überspiel-Verstärker 4 voneinander entkoppelte Ausgänge zur Verfügung. Es können somit gleichzeitig 4 Video-Rekor-

der oder 3 Video-Rekorder und ein Farbfernsehgerät... gleichzeitig angeschlossen werden. Selbstverständlich ist auch der Anschluß eines einzelnen Video-Rekorders möglich.

Zur Schaltung

Mit den beiden Fetteffekttransistoren T1 und T2 ist eine FET-Differenzverstärkerstufe aufgebaut, die sich durch hohen Eingangswiderstand, geringste Phasenverschiebungen sowie große Bandbreite auszeichnet.

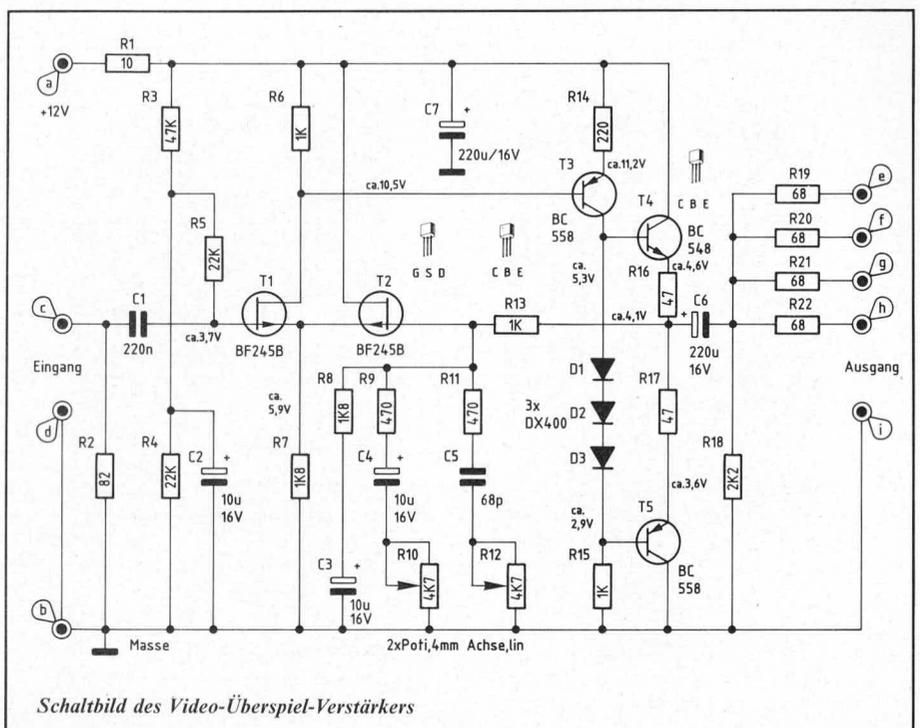
Das von der Ausgangs-AV-Buchse des Master-Video-Gerätes kommende Video-Signal gelangt über C1 auf den Steuereingang (Gate) von T1. R3 bis R5 sowie C2 dienen zur gleichspannungsmäßigen Arbeitspunkteinstellung.

Dem Gate des zweiten, zur Differenzverstärkerstufe gehörenden FET's T2, wird

das vom Verstärkerausgang über R13 rückgekoppelte Signal zugeführt. Über R8/C3 wird eine Spannungsteilung vorgenommen, damit das Eingangssignal mindestens um den Faktor 2 verstärkt wird.

Bevor das Eingangssignal zum Ausgang gelangt, wird es zunächst über T3 und die nachfolgende Gegentaktendstufe weiter verstärkt.

Aufgrund der direkten Rückkopplung sämtlicher Verstärkerstufen (über R13) wird eine außerordentlich hohe Stabilität der gesamten Anordnung hinsichtlich Phasenlage, Bandbreite und Verstärkungsfaktor erreicht. Hierzu trägt in besonderem Maße auch die sorgfältige Leiterbahnführung bei. Speziell im höheren Frequenzbereich ist die praktische Ausführung des Layouts von Bedeutung, um unkontrollierte Schwingneigungen zu vermeiden.



Schaltbild des Video-Überspiel-Verstärkers

Die Ruhestromeinstellung der Endstufe erfolgt automatisch über die kapazitätsarmen Dioden D 1 bis D 3 in Verbindung mit den Emitter-Widerständen R 16 und R 17.

Das bis zum Verbindungspunkt R 16/R 17 hochstabile Video-Signal wird über den sehr niederohmigen Elko C 6 ausgekoppelt und mittels R 19 bis R 22 auf die 4 Ausgänge verteilt.

Die AV-Eingänge von Video-Rekordern bzw. entsprechenden Monitoren, sind im allgemeinen mit Eingangswiderständen im Bereich zwischen 68 Ω und 82 Ω (typ. 75 Ω) abgeschlossen, so daß sich beim Anschluß an den Video-Überspiel-Verstärker eine Signalabschwächung um 50 % ergibt.

Da der Verstärker jedoch eine Minimumverstärkung von 2 besitzt, erhalten am Ausgang angeschlossene Geräte somit mindestens 100 % des Eingangssignales.

Mit dem Pegelregler-Poti (R 10) kann nun eine zusätzliche Verstärkung vorgenommen werden.

Ein weiteres Poti (R 12), der Konturregler, dient zur Anhebung des oberen Frequenzbereiches, wodurch sich die Randschärfe erhöhen läßt.

Werden mehrere Ausgänge benutzt, kann über den Pegelregler die Verstärkung, falls erforderlich, angehoben werden.

Die erforderliche Bandbreite von 50 Hz bis 5 MHz wird von der hier vorgestellten Schaltung bei weitem übertroffen. Die Leistungsbandbreite liegt bei ca. 20 Hz bis 25 MHz.

Zum Betrieb benötigt die Schaltung eine Spannung von 12 V (10 V bis 15 V), die über R 1 und C 7 entkoppelt und gepuffert wird.

Der Strombedarf liegt bei ca. 50 mA.

Manche Video-Rekorder besitzen einen entsprechenden 12 V-Ausgang, der u. U. für den Betrieb dieses Video-Überspiel-Verstärkers geeignet ist. Hierzu sollte man jedoch im Einzelfall die Herstellerangaben des in Frage kommenden Video-Rekorders beachten.

Zum Nachbau

Der Nachbau wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen. Die Bauelemente sind mit möglichst kurzen Anschlußbeinen auf die Platine zu setzen und zu verlöten. Die beiden Pegelregler sind zur Erzielung eines etwas größeren Abstandes von der Leiterplatte auf Lötstifte zu setzen. D. h. es werden zunächst 6 Lötstifte in die entsprechenden Bohrungen eingesetzt, um anschließend daran die beiden Pegelregler zu befestigen.

Die Platine ist zum Einbau in ein passendes Kunststoffgehäuse geeignet.

Da es eine Vielzahl von verschiedenen Steckern und Buchsen in der Video-Technik gibt, haben wir bewußt darauf verzichtet, eine bestimmte Stecker/Buchsen-Kombination vorzuschlagen. Am einfachsten beschafft man sich ein Video-Überspielkabel, das zur Verbindung der in Frage kommenden Video-Rekorder geeignet ist. Diese Zuleitung wird an beliebiger Stelle aufgetrennt und der hier vorgestellte Video-Überspiel-Verstärker eingefügt. Sollen mehrere Video-Rekorder bzw. noch ein Monitor mit angeschlossen werden, so beschafft man hierfür gleichermaßen entsprechend geeignete Überspielkabel, wobei dann jeweils nur eine Kabelhälfte zur Verbindung eines Video-Rekorders erforderlich ist (an

die Ausgänge des Video-Überspiel-Verstärkers werden die Zuleitungen direkt angelötet).

Die Audio-Signale werden bei dem hier vorgestellten Überspiel-Verfahren direkt miteinander verbunden, d. h., das Audio-Ausgangssignal des Master-Video-Rekorders steuert direkt die Audio-Eingänge der übrigen Video-Rekorder an. Lediglich das Video-Signal wird über den Verstärker geleitet (im Audio-Bereich sind keine nennenswerten Verluste zu erwarten, da die nachfolgenden Eingänge normalerweise hochohmig sind).

Stückliste:

Video-Überspiel-Verstärker

Halbleiter

T 1, T 2	BF 245 B
T 3, T 5	BC 558
T 4	BC 548
D 1-D 3	DX 400

Kondensatoren

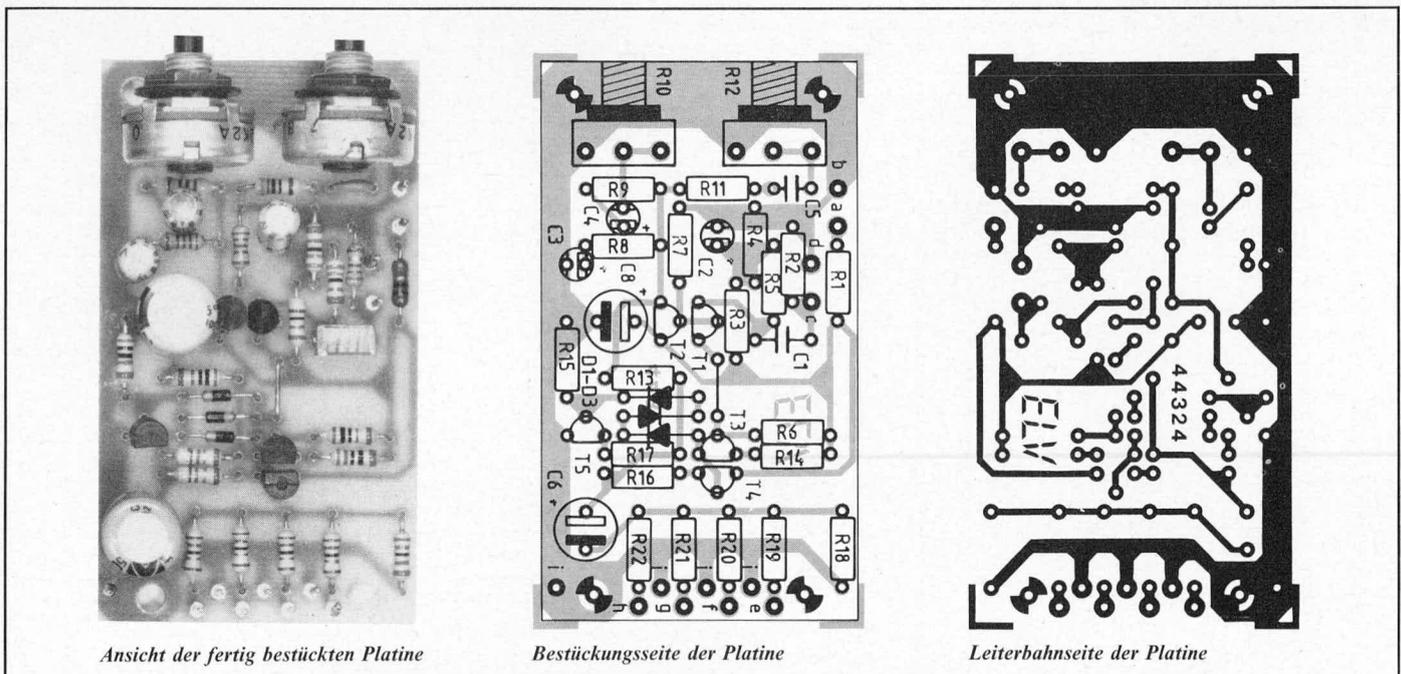
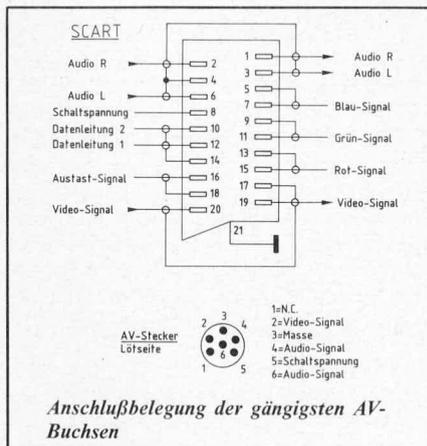
C 1	220 nF
C 2-C 4	10 μ F/16 V
C 5	68 pF
C 6, C 7	220 μ F/16 V

Widerstände

R 1	10 Ω
R 2	82 Ω
R 3	47 k Ω
R 4, R 5	22 k Ω
R 6, R 13, R 15	1 k Ω
R 7, R 8	1,8 k Ω
R 9, R 11	470 Ω
R 10, R 12	4,7 k Ω , Poti, 4 mm Achse, lin
R 14	220 Ω
R 16, R 17	47 Ω
R 18	2,2 k Ω
R 19-R 22	68 Ω

Sonstiges

- 9 Lötstifte
- 2 Spannungsdrehknöpfe, 10 mm
- 2 Deckel, 10 mm
- 2 Pfeilscheiben, 10 mm



Ansicht der fertig bestückten Platine

Bestückungsseite der Platine

Leiterbahnseite der Platine

Antennenverstärker

Ausgelegt für die Bereiche LW, MW, KW sowie UKW, überstreicht dieser einfach aufzubauende Antennenverstärker den gesamten Rundfunk-Frequenzbereich von 150 kHz bis 108 MHz. Die Verstärkung beträgt ca. 15 dB bei einer Versorgungsspannung zwischen 10 V und 15 V (z. B. 12 V Kfz-Bordnetz).



Zur Schaltung

Über C3 gelangt das HF-Eingangssignal auf die Basis des ersten Verstärkertransistors T1 des Typs BF 224.

Der Arbeitspunkt dieser Verstärkerstufe wird mit R1 festgelegt. Der durch R1 in die Basis von T1 fließende Strom ist so bemessen, daß multipliziert mit dem Gleichstromverstärkungsfaktor von T1 sich ein Kollektorstrom von ca. 2 mA einstellt. Dieser Strom fließt auch durch L2 und R3.

Der im Emitterkreis eingefügte Gegenkoppelwiderstand R4 sorgt für eine zusätzliche Stabilisierung, während C5 im oberen Frequenzbereich diese Gegenkoppelung teilweise aufhebt und somit eine Verstärkungsanhebung bewirkt.

Die Induktivität L2 trägt zum linearen Verstärkungsverlauf auch bei höheren Frequenzen bei.

Das verstärkte HF-Signal wird über C6 ausgekoppelt und auf die zweite, weitgehend identisch aufgebaute Verstärkerstufe gegeben.

Die Dimensionierung dieser zweiten Stufe ist so ausgelegt, daß im Kollektorkreis ca. 5 mA fließen, wodurch sich eine niedrigere Ausgangsimpedanz ergibt.

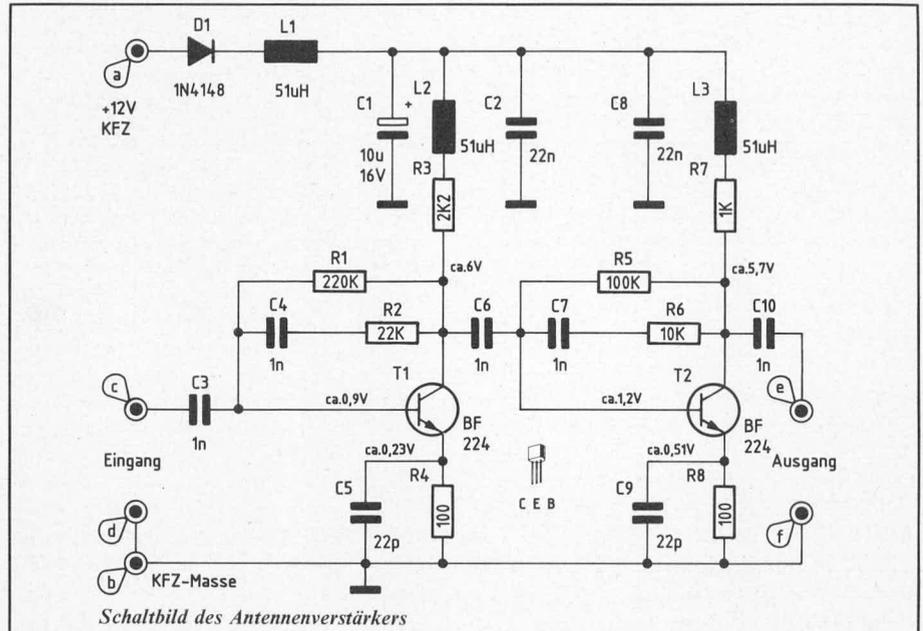
Die Versorgungsspannung wird über D1, L1 und C1 entkoppelt und gepuffert. Für die HF-Siebung sorgen C2 und C8.

Zum Nachbau

Der Aufbau wird auf einer kleinen Leiterplatte mit den Abmessungen 40 mm x 40 mm in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen.

Da der Vorverstärker bis hinauf zu Frequenzen oberhalb 100 MHz arbeitet, sind einige Besonderheiten zu beachten:

Sämtliche Anschlußbeinchen der Bauelemente müssen so kurz wie möglich eingelötet werden. Widerstände und Kondensatoren werden, wie auch bei den meisten



übrigen Schaltungen, direkt auf die Platine gesetzt, d. h. zwischen Bauteilegehäuse und Bestückungsseite der Leiterplatte ist kein Zwischenraum mehr vorhanden. Bei den Transistoren T1 und T2 ist ein Sicherheitsabstand von 3 bis 5 mm zwischen Gehäuseunterseite und Leiterplatte zu belassen, damit beim Einlöten diese Bauelemente nicht überhitzt und beschädigt werden.

Die Platinenabmessungen sind so gehalten, daß der betriebsfertige Baustein in ein kleines Kunststoffgehäuse eingebaut werden kann.

Eingang und Ausgang werden direkt in die Antennenzuleitung eingefügt. Verwendung findet ausschließlich geeignete Antennenzuleitung.

Die Versorgungsspannungszuführung kann über eine „normale“ 2adrige isolierte Zuleitung erfolgen.

Wird die Schaltung in einem Kfz eingesetzt,

empfiehlt sich der Einbau in ein HF-dichtes Metallgehäuse, das mit der Schaltungsmasse zu verbinden ist. Auf diese Weise können Störeinstrahlungen z. B. durch die Zündanlage vermieden werden.

Die Anordnung des Antennenverstärkers sollte in möglichst räumlicher Nähe zur Antenne vorgenommen werden, damit die Zuleitung, die das unverstärkte Antennensignal führt, so kurz wie möglich ist.

Grundsätzlich kann jedoch auch der Antennenverstärker direkt vor den zu versorgenden Empfänger gesetzt werden, wobei die Anordnung an der Antenne die günstigere ist, da im zweiten Fall die auf der Antennenzuleitung auftretenden Rauschteile mit verstärkt werden.

Der Strombedarf der Schaltung liegt bei ca. 7 mA. Bei einem Kfz-Einbau sollte die Schaltung bei ausgeschalteter Zündung ebenfalls von der Versorgungsspannung getrennt werden.

Stückliste: Antennenverstärker

Halbleiter

T 1, T 2 BF 224
D 1 1 N 4148

Kondensatoren

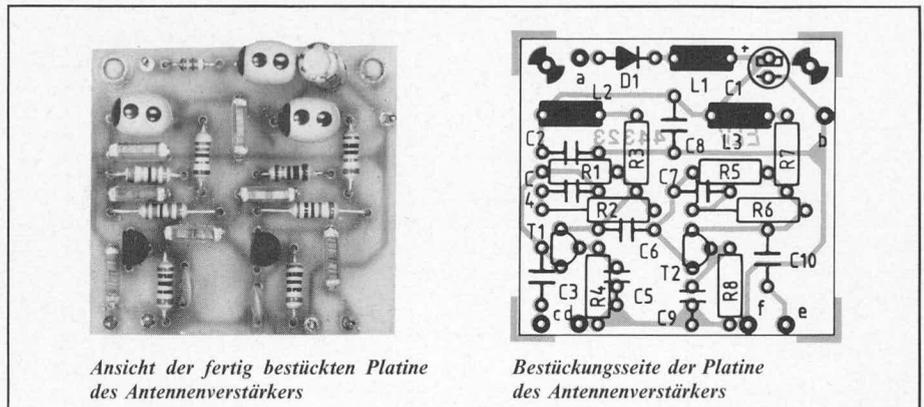
C 1 10 µF/16 V
C 2, C 8 22 nF
C 3, C 4, C 6, C 7, C 10 1 nF
C 5, C 9 22 pF

Widerstände

R 1 220 kΩ
R 2 22 kΩ
R 3 2,2 kΩ
R 4, R 8 100 Ω
R 5 100 kΩ
R 6 10 kΩ
R 7 1 kΩ

Sonstiges

L 1-L 3, L 4 51 µH
6 Lötlötlitze



ELV-Serie 7000:

NF-Leistungsverstärker NFV 7000

HiFi-Stereo-Leistungsverstärker 2 x 25/40 Watt

umschaltbar auf Monobetrieb 1 x 50/80 Watt



Im Gehäuse der ELV-Serie 7000 stellen wir Ihnen einen hochwertigen HiFi-Stereo-NF-Leistungsverstärker vor, dessen Nachbau günstig zu realisieren ist.

Als besonderes Feature besitzt das Gerät die Möglichkeit zur Leistungsverdoppelung bei Monobetrieb durch Betätigen eines auf der Rückseite angeordneten Kippschalters.

Allgemeines

Leistungsverstärker gibt es bereits in großer Zahl und in den verschiedensten Ausführungsformen. Die Angebote hinsichtlich Preis und Leistung sind hierbei recht differenziert. So kann es vorkommen, daß ein 100 W-Verstärker preisgünstiger angeboten wird, als ein 20 W-Verstärker. Hierbei sollte man jedoch nicht vergessen, daß in vielen Fällen die elektronischen Bauelemente für den reinen Verstärker nur einen Bruchteil des Gesamtpreises eines vollständigen Verstärkers ausmachen. Leistungskühlkörper, Netztransformatoren, Gleichrichtung und Siebung sowie das Gehäuse machen u. U. den weitaus größten Kostenanteil bei der Erstellung eines kompletten Verstärkers aus.

Speziell auch der Kühlung der Endstufen ist Aufmerksamkeit zu schenken, da hier aus Ersparnisgründen leicht zu kleine Kühlflächen vorgesehen werden.

Ein einzelner Fingerkühlkörper kann bei optimaler Anordnung und einer Temperatur von z. B. 100°C vielleicht 10 bis 15 W abstrahlen. Wird er ungünstig eingebaut (schlechte Wärmeabfuhr, geringe Konvektion), kann sich der abstrahlende Wert z. B. auf 5 W reduzieren.

Ein verhältnismäßig großer Kühlkörper wie z. B. der SK 88 (siehe ELV Super-Netzgerät SNT 7000), hingegen kann bei gleicher Temperatur zwischen 60 und 80 W abgeben. Aber auch hier ist eine optimale Anordnung hinsichtlich Belüftung vorausgesetzt. Beim Einsatz eines zusätzlichen Ventilators, kann die Leistungsabgabe erheblich gesteigert werden (100% und mehr).

Vorstehende Ausführungen lassen erkennen, daß die Problematik beim Verstärkerbau vielschichtig ist. Rechnerische, d. h. theoretische Verstärkerleistungen machen noch keinen guten Klang aus. Vielmehr ist ein Verstärkersystem in seiner Gesamtheit einschließlich Netzteil, Kühlung usw. zu bewerten, um zu vergleichbaren Aussagen zu gelangen.

Im ELV-Labor wurde daher ein Leistungsverstärker einschließlich Netzteil, Gleichrichtung, Siebung, Gehäuse usw. entwickelt, bei dem die einzelnen Details aufeinander abgestimmt sind.

Der Verstärker ist so konzipiert, daß wahlweise 4 Ω oder 8 Ω Lautsprecher für Stereo-Betrieb angeschlossen werden können.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die beiden Gegentakt-Stereo-Endstufen über einen an der Rückseite angeordneten Kippschalter zusammen in Brückenschaltung zu betreiben. Hierdurch verdoppelt sich die Ausgangsleistung, wobei dann allerdings ausschließlich Lautsprecher mit einer Mindestimpedanz von 8 Ω (bis 16 Ω) anzuschließen sind.

Die Eingangsempfindlichkeit beträgt ca. 500 mV_{eff} bei einer Eingangsimpedanz von 22 k Ω .

Zur Schaltung

Voraussetzung für das Erreichen einer NF-Ausgangsleistung von 25 W an 4 Ω bei einem HiFi-Verstärker ist eine Spannung von mindestens 30 V (\pm 15 V) bei einem zu verarbeitenden Spitzenstrom von ca. 4 A pro Endstufe.

Technische Daten (typ.)

NFV 7000:

Stereobetrieb:

Dauerleistung an 4 Ω 2 x 25 W

Musikleistung an 4 Ω 2 x 40 W

Dauerleistung an 8 Ω 2 x 20 W

Musikleistung an 8 Ω 2 x 30 W

Klirrfaktor:

(20 W/4 Ω /1 kHz) 0,2 %

Bandbreite (-3 dB): ... 10 Hz bis 100 kHz

Leistungsbandbreite: ... 5 Hz bis 200 kHz

Eingangsempfindlichkeit: 500 mV_{eff}

Eingangsimpedanz: 22 k Ω

Mono-Betrieb:

(Brückenschaltung/8 Ω bis 16 Ω)

Dauerleistung an 8 Ω : 50 W

Musikleistung an 8 Ω : 80 W

Klirrfaktor:

(35 W/8 Ω /1 kHz) 0,3 %

Bandbreite (-3 dB): ... 10 Hz bis 100 kHz

Leistungsbandbreite: ... 5 Hz bis 200 kHz

Eingangsempfindlichkeit: 500 mV_{eff}

Eingangsimpedanz: 22 k Ω

Damit genügend Sicherheitsreserven und eine erhöhte Musikleistung zur Verfügung stehen, wurde bei der in diesem Artikel beschriebenen Verstärkerversion eine Versorgungsspannung von \pm 17,5 V (35 V) gewählt.

Die damit erreichbaren Ausgangsleistungen erfordern einen Netztrafo, der ca. 100 W abzugeben in der Lage sein sollte, damit auch der Dauerbetrieb sichergestellt ist. Einen entsprechenden Transformator im Gehäuse der ELV-Serie 7000 unterzubringen, ist bereits etwas problematisch, zumal innerhalb des Gehäuses noch eine

ausreichende Konvektion möglich sein sollte. Wir haben uns daher für den Einsatz von 2 Transformatoren entschieden, deren Primärwicklungen parallel und deren Sekundärwicklungen in Reihe geschaltet werden. Durch die günstige Bauform ergibt sich nicht nur eine gleichmäßige Wärmeverteilung innerhalb des Gehäuses, sondern außerdem eine günstige Gewichtsverteilung, denn auch dieses ist bei einem so großen Transformator nicht unterzubewerten.

Bei der Gleichrichtung und Siebung sind jeweils 2 Dioden und 2 Kondensatoren parallel geschaltet, um den Innenwiderstand und die Restwelligkeit auch bei voller Belastung gering zu halten.

Damit die Endstufe spannungsmäßig nicht überlastet wird, ist eine elektronische Stabilisierungsschaltung mit T 1, T 3, T 5 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut, die die positive Versorgungsspannung auf ca. + 17,5 V konstant hält.

Für die negative Versorgungsspannung von - 17,5 V ist eine „spiegelbildliche“ Stabilisierungsschaltung aufgebaut.

Auf eine Besonderheit soll in diesem Zusammenhang noch kurz eingegangen werden:

Für Impulsbetrieb sowie Belastungen in der Größenordnung von ca. 50 % ist diese Versorgungsspannung exakt stabil. Bei Dauerbelastungen größer als ca. 50 % sinkt diese Spannung geringfügig ab. Auf diese Weise wird die Dauerleistung einer jeden der beiden Endstufen auf ca. 25 W begrenzt. Dies ist ein genauso einfaches wie wirksames Verfahren, Überhitzungen zu vermeiden.

Doch kommen wir jetzt zur Funktionsbeschreibung des eigentlichen Leistungsverstärkers:

Da die beiden Stereoendstufen weitgehend identisch aufgebaut wurden, wollen wir uns zunächst auf die Beschreibung der mit dem IC 1 aufgebauten Endstufe konzentrieren.

Das IC 1 des Typs TDA 2006 der Firma TELEFUNKEN electronic stellt einen kompletten hochintegrierten Leistungsverstärker dar. Als Besonderheit besitzt dieses IC eine automatische Ruhestromeinstellung sowie Schutzschaltungen hinsichtlich Ausgangskurzschluß sowie thermischer Überlastung.

Das NF-Eingangssignal gelangt über C 9 auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 1) des IC 1.

Der Ausgang (Pin 4) treibt direkt einen angeschlossenen Lautsprecher. Eine Rückkopplung erfolgt über den Spannungsteiler R 12/R 13 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2).

Durch die Spannungsteilung im Verhältnis von 22 k Ω zu 680 Ω ergibt sich eine Gesamtverstärkung von 30 dB, so daß eine Eingangsspannung von weniger als 500 mV_{eff} zur Vollaussteuerung der Endstufe ausreicht.

Da das IC 1 des Typs TDA 2006 nicht in der Lage ist die angestrebte Ausgangsleistung von 25/40 W zu liefern, wurde die Schaltung wie folgt erweitert:

In die beiden Versorgungsleitungen des IC 1 ist jeweils ein Widerstand von 1 Ω eingefügt. R 14 ist mit der Basis des Leistungstransistors T 7 und R 15 mit der Basis des Leistungstransistors T 8 verbunden. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Bleibt der Ausgangsstrom des IC 1 unterhalb ca. 0,5 A, so ist auch der Spannungsabfall an R 14/R 15 kleiner als 0,5 V. Die beiden Endstufentransistoren T 7 und T 8 sind gesperrt (es fließt auch kein Ruhestrom durch diese beiden Transistoren). Das IC 1 liefert somit die gesamte Ausgangsleistung, und zwar bis zu einer Größenordnung von ca. 1 W.

Sobald die erforderlichen Ausgangsströme größere Werte annehmen, steigen die Spannungsabfälle an R 14/R 15 soweit an, daß die Endstufentransistoren T 7/T 8 leitend werden. Fließt in der positiven Halbwelle z. B. ein Spitzenstrom von 3 A, so wird ab ca. 0,6 A (Spannungsabfall an R 14 ca. 0,6 V) T 7 leitend und liefert den über 0,6 A hinausgehenden Strom. T 8 ist hierbei gesperrt, da in der positiven Halbwelle nur durch R 14 und nicht durch R 15 Strom fließt (von einem geringen, zu vernachlässigenden Reststrom durch R 15 einmal abgesehen).

In der negativen Halbwelle sperrt T 7 und T 8 liefert den über ca. 0,6 A hinausgehenden negativen Endstufenstrom.

Da der in die Endstufe fließende Stromanteil des IC 1 in der Größenordnung von ca. 0,6 A liegt, spielen Übernahmeverzerrungen der zusätzlichen Endstufentransistoren T 7 und T 8 praktisch keine Rolle mehr.

Die Kondensatoren C 7, C 10 bis C 13 sowie der Widerstand R 24 dienen zur Schwingneigungsunterdrückung, während D 7 und D 8 reine Schutzfunktion für die Endstufe besitzen.

Auf eine weitere Besonderheit wollen wir in diesem Zusammenhang noch hinweisen:

Die maximal vom IC 1 zu verarbeitende Versorgungsspannung liegt bei 30 V. Im vorliegenden Fall wird das IC spannungsmäßig bis zu 35 V belastet. Dies ist ohne weiteres möglich, da in der vorliegenden Schaltungsversion dem IC nicht die volle Leistung abverlangt wird, wodurch die Spannungsbelastbarkeit steigt.

Die zweite Endstufe ist weitgehend identisch aufgebaut. Das NF-Eingangssignal wird hier über C 14 eingekoppelt.

Sollen beide Endverstärker einen gemeinsamen Brückenverstärker zur Verdoppelung der Ausgangsleistung bilden, so ist der Schalter S 2 (a + b) zu schließen, wobei dann der Eingang 1 (Platinenanschlußpunkt „g“) als Steuereingang dient und der Eingang 2 unbeschaltet bleibt.

Der mit dem IC 1 aufgebaute Verstärker arbeitet jetzt unverändert, während der mit dem IC 2 aufgebaute Verstärker sein Signal vom Ausgang des IC 1 über R 21 zugeführt bekommt.

Da das Verhältnis von R 21 zu R 19 exakt 1 : 1 beträgt, wird hier eine Verstärkung von - 1 vorgenommen, so daß am Ausgang des IC 2 (Pin 4) das um 180° phasenverschobene Ausgangssignal ansteht.

Der Lautsprecher wird nun allerdings nicht von einem Ausgang nach Masse, sondern zwischen beiden Verstärkerausgänge angeschlossen. Hierdurch ergibt sich eine doppelt so große maximale Ausgangsspannung. Bei gleicher Lautsprecherimpedanz würde dies eine Vervierfachung der Ausgangsleistung bedeuten. Dies ist aufgrund der Verstärkerkonzeption weder vom Netzteil noch von den Endstufen zu verkraften, so daß die minimale Lautsprecherimpedanz 8 Ω betragen muß. Daraus resultiert deshalb eine Halbierung des maximal fließenden Stromes. Es bleibt insgesamt eine Leistungsverdoppelung gegenüber Stereobetrieb übrig.

Da der nicht invertierende (+) Eingang des IC 2 in dieser Betriebsart offen bleibt, wird über S 2a zu R 17 ein weiterer niederohmiger Widerstand parallel geschaltet, um Schwingneigungen und Brummeinstreuungen zu unterdrücken.

Der zur Spannungsteilung bei Stereobetrieb verwendete Widerstand R 18 spielt in Brückenschaltung keine Rolle, da die Spannung an Pin 2 beim Betrieb als Inverter ungefähr 0 V beträgt und durch R 18 somit kein Strom nach Masse abfließt. Aus Stabilitätsgründen ist R 18 in jedem Fall erforderlich.

Die räumliche Anordnung der IC's 1 und 2 sollte so erfolgen, daß sie in guter thermischer Verbindung zur jeweils zugehörigen Endstufe stehen. Auf diese Weise wird ein zusätzlicher thermischer Schutz der gesamten Endstufe durch das betreffende IC bewirkt. Erfolgt nämlich eine Überhitzung von z. B. T 7 und T 8, so erhitzt sich auch das dazwischen angeordnete IC 1 und schaltet ab.

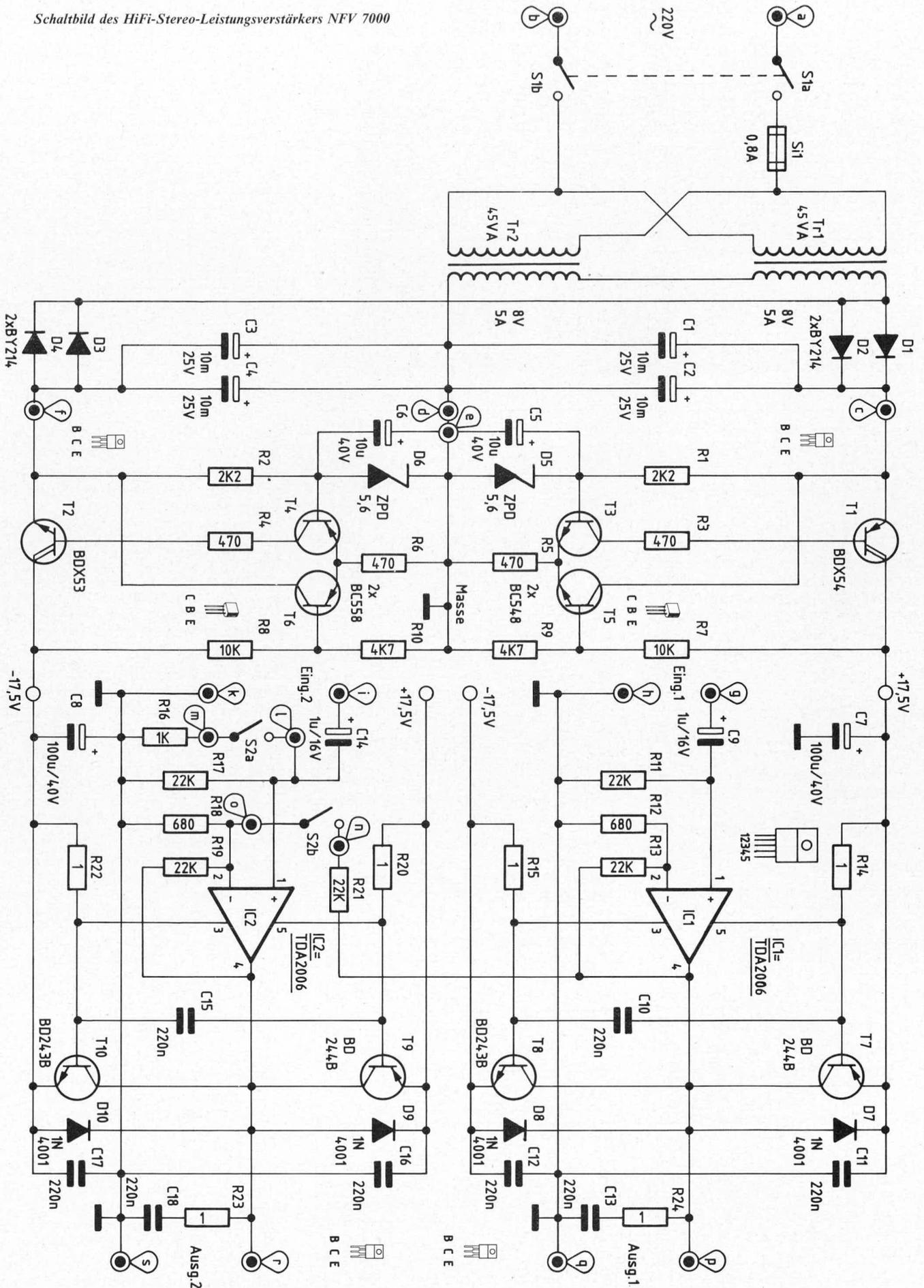
Abschließend soll noch erwähnt werden, daß zwar das IC 1 eine Kurzschlußsicherung besitzt, die jedoch aufgrund der gewählten Schaltungstechnik nicht für die Endstufentransistoren T 7 und T 8 gilt. Hier besteht kein Kurzschlußschutz. Der Vorteil liegt aber in einem sehr geringen Innenwiderstand der Endstufe unter Ausnutzung der gesamten Versorgungsspannung.

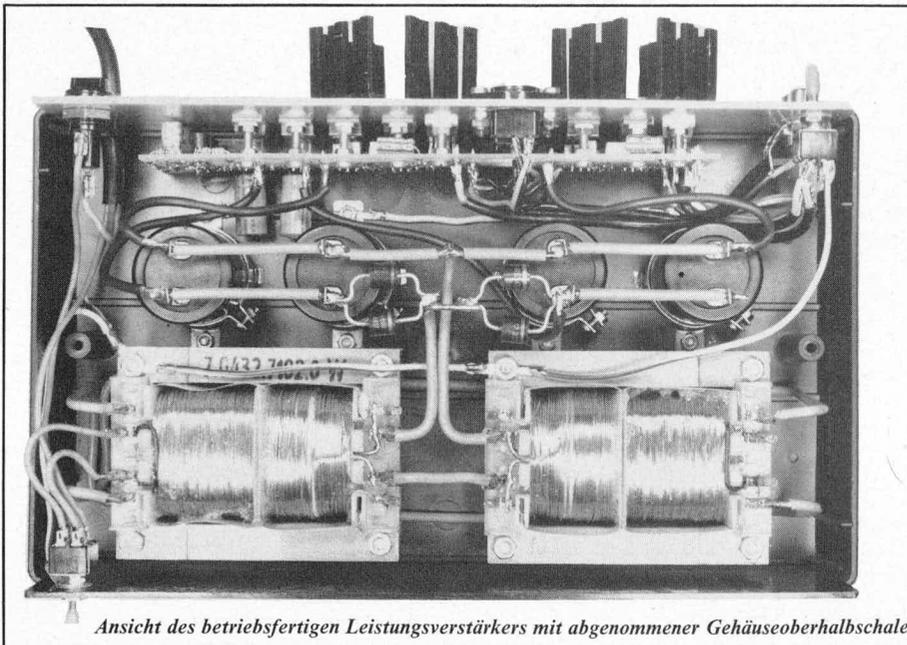
Zum Nachbau

An den Nachbau dieses hochwertigen Leistungsverstärkers sollten sich aufgrund der aufwendigen Gestaltung nur die etwas erfahreneren Elektroniker unter unseren Lesern heranwagen.

Zunächst wird die Platine anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise bestückt, wobei allerdings die Leistungshalbleiter (T 1, T 2, T 7 bis T 10 sowie IC 1 und IC 2) in umgekehrter Form eingelötet werden, und zwar so, daß ihre Rückseite beim späteren Ansetzen der Leiterplatte an die Alu-Rückwand mit dieser in direktem thermischen Kontakt stehen. Bevor diese Halbleiter mit der Platine verlötet werden, sind 8 Schrauben M 3 x 20 mm von der Leiterbahnseite her durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken und auf der Bestückungsseite fest zu verschrauben. Anschließend werden 8 weitere Muttern bis zu einer Distanz von ca. 10 mm aufgeschraubt. 8 Isoliernippel folgen. Als nächstes werden die entsprechenden Leistungshalbleiter mit ihrer Rückseite von der Bestückungsseite der Platine fortweisend über

Schaltbild des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000





Ansicht des betriebsfertigen Leistungsverstärkers mit abgenommener Gehäuseoberhalbschale

die Schrauben gesetzt und die Beinchen durch die zugehörigen Bohrungen auf der Platine gesteckt.

Nachdem die Bestückung nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Platine unter Zwischenfügen von 8 Isolierscheiben (zwischen Leistungshalbleitern und Alu-Rückwand) an die Alu-Rückwand gesetzt und mit ihr verschraubt werden. Direkt hinter eine jede Endstufe (IC 1, T 7, T 8 sowie IC 2, T 9, T 10) wird ein Fingerkühlkörper entsprechend der Abbildung zur besseren Kühlung angesetzt.

Vorher sind noch die entsprechenden Schalter und Buchsen an der Alu-Rückwand zu montieren.

Die beiden Netztransformatoren werden jeweils über 4 Schrauben M 4 x 40 mm sowie 12 Muttern, die von unten durch die Gehäuseunterhalbschale gesteckt werden, mit dem Gehäuse verbunden. Hierzu sind vorher an den entsprechenden Stellen Bohrungen in die Gehäuseunterhalbschale einzubringen.

In ähnlicher Weise werden die 4 10 000 μ F Elkos mit je 2 Schrauben M 3 x 6 mm und 2 Muttern M 3 mit der Gehäuseunterhalbschale verbunden.

Damit ist der mechanische Aufbau schon fast beendet, d. h. die Verdrahtung muß noch sorgfältig ausgeführt werden.

Die beiden Sekundärwicklungen der Transformatoren sind in Reihe zu schalten, während jeweils 2 Elkos und 2 Dioden parallel

liegen. Von dem einen Trafoanschluß führt eine Verbindungsleitung zu 2 Plus- und 2 Minusanschlüssen der 10 000 μ F Elkos (dieser Punkt ist die Schaltungsmasse). Von dem anderen Trafoanschluß gehen 2 parallel geschaltete Dioden zum Minusanschluß und 2 Dioden zum Plusanschluß der Ladeelkos. Hier ist auf die Polarität größter Wert zu legen, da bei vertauschten Anschlüssen die Elkos explodieren können (die Gefahr ist nicht zu unterschätzen).

Als nächstes werden die Elkos mit den entsprechenden Platinenanschlußpunkten über flexible isolierte Leitungen verbunden. Die positive Versorgungsspannung gelangt an den Platinenanschlußpunkt „c“, die negative Versorgungsspannung an „f“ und die Schaltungsmasse an den Platinenanschlußpunkt „d“. Letztgenannter Schaltungspunkt stellt die Verbindung von 2 negativen und 2 positiven Elkoanschlüssen sowie eines Trafoanschlusses dar.

Danach werden die Eingangs- und Ausgangsleitungen mit den entsprechenden Schaltern und Buchsen entsprechend dem Schaltbild verbunden.

Die dritte, für Brückenbetrieb ausgelegte Lautsprecherbuchse wird nicht wie die beiden übrigen mit einem Anschluß an die Schaltungsmasse angeschlossen, sondern an den Platinenpunkt „p“ und mit dem zweiten an „r“, während die Lautsprecherbuchse für den Verstärkerausgang 1 mit ihrem Mittelpunkt an Platinenpunkt „q“ und mit dem zweiten Anschluß an „p“ an-

zuschließen ist. Der Mittelpunkt der Lautsprecherbuchse für Verstärker 2 wird an den Platinenpunkt „s“ und der zweite Anschluß an „r“ gelegt.

Die Sekundärwicklungen der beiden Transformatoren sind in der Mitte miteinander zu verbinden.

Bei den Primärwicklungen ist der Anschluß „überkreuz“ erforderlich, damit die Reihenschaltung der Sekundärwicklungen später die doppelte Spannung ergibt. Bei verkehrter Polarität bzw. Phasenlage ist die Ausgangsspannung der beiden in Reihe geschalteten Sekundärwicklungen ca. 0 V, so daß in diesem Falle eine der beiden Primärwicklungen umzupolen ist.

Die dreiadrige Netzzuleitung wird durch die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung durch die Alu-Rückplatte geführt. Eine der beiden netzspannungsführenden Adern wird zunächst über den ebenfalls in der Gehäuserückwand angeordneten Sicherungshalter und anschließend an den auf der Frontplatte befindlichen Ein/Ausschalter gelötet. Die zweite spannungsführende Ader wird direkt an den Netzschalter gelegt. Vom Netzschalter abgehend gelangen beide Adern auf die Primärwicklung der beiden Netztransformatoren.

Der Schutzleiter der Netzzuleitung ist mit sämtlichen von außen berührbaren Metallteilen zu verbinden (Alu-Rückwand, Verschraubungen von Netztransformatoren, Elkos, Kippschaltherhäse usw.).

Inbetriebnahme

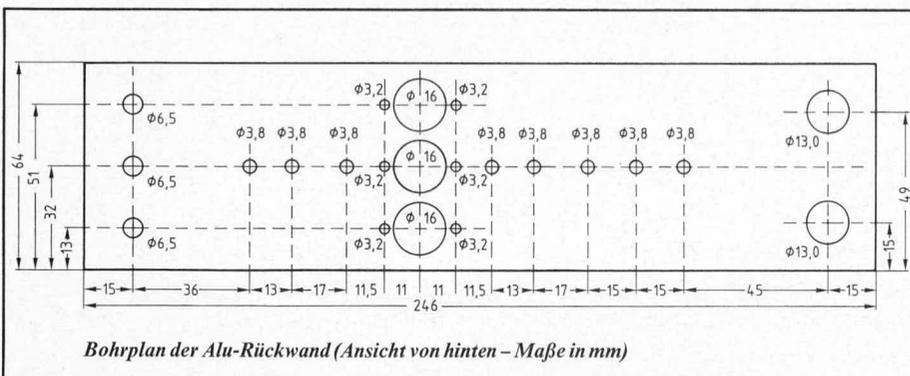
Bei korrektem Aufbau ist die Inbetriebnahme des Verstärkers recht einfach, da keinerlei Abgleichpunkte vorhanden und keinerlei Abgleicharbeiten auszuführen sind.

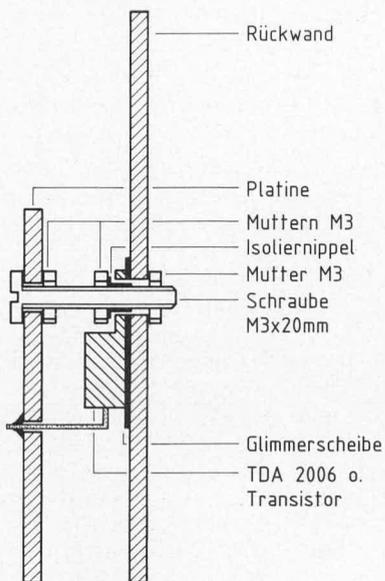
Es empfiehlt sich jedoch unbedingt, das erste Einschalten nur für einige wenige Sekunden vorzunehmen, um anschließend nach unmittelbar wieder ausgeschaltetem Gerät evtl. thermische Überhitzungen von Gleichrichterioden, Ladeelkos oder Leistungshalbleitern festzustellen und die korrekte Einbaulage nochmals sorgfältig zu überprüfen.

Ist der Test zur Zufriedenheit verlaufen, sollten sicherheitshalber einige Spannungswerte gemessen werden. Hierzu wird der Minusanschluß eines Multimeters mit der Schaltungsmasse verbunden und folgende Messungen durchgeführt:

1. Platinenanschlußpunkt „c“: + 20 V bis + 24 V
2. Platinenanschlußpunkt „f“: - 20 V bis - 24 V
3. Basis von T 3: + 5,0 V bis + 6,2 V
4. Basisanschluß von T 4: - 5,0 V bis - 6,2 V
5. Pin 5 des IC 1: + 16,0 V bis + 19,0 V
6. Pin 3 des IC 1: - 16,0 V bis - 19,0 V
7. Pin 4 des IC 1: $\pm 0,1$ V (typ. 0 V)
8. Pin 5 des IC 2 = Pin 5 des IC 1
9. Pin 3 des IC 2 = Pin 3 des IC 1
10. Pin 4 des IC 2: $\pm 0,1$ V (typ. 0 V)

Sind alle Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, steht dem Einsatz dieses hochwertigen Leistungsverstärkers nichts mehr im Wege.





Montageskizze zur Verbindung zwischen Leiterplatte, Leistungshalbleitern und Alu-Rückwand

Stückliste: NF-Leistungsverstärker

Halbleiter

IC 1, IC 2	.....	TDA 2006
T 1	.....	BDX 54
T 2	.....	BDX 53
T 3, T 5	.....	BC 548
T 4, T 6	.....	BC 558
T 7, T 9	.....	BD 244 B
T 8, T 10	.....	BD 243 B
D 1-D 4	.....	BY 214
D 5, D 6	.....	ZPD 5,6
D 7-D 10	.....	1 N 4001

R 11, R 13, R 17	.....	22 k Ω
R 12, R 18	.....	680 Ω
R 14, R 15	.....	1 Ω
R 16	.....	1 k Ω
R 19, R 21	.....	22 k Ω
R 20, R 22-R 24	.....	1 Ω

Sonstiges

S 1, S 2	.....	Kippschalter, 2 x Um
Si 1	.....	0,8 A
Tr 1, Tr 2	.....	prim: 220 V/45 VA sek: 8 V/5 A

Kondensatoren

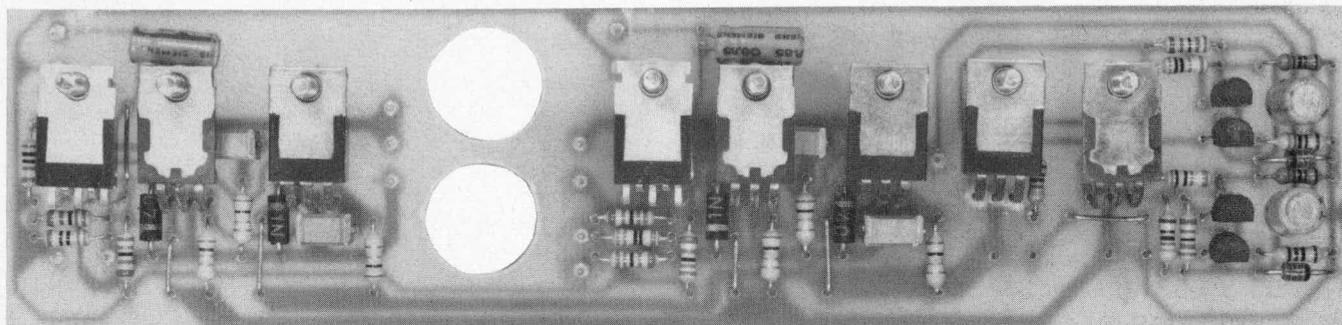
C 1-C 4	.....	10 mF/25 V
C 5, C 6	.....	10 μ F/40 V
C 7, C 8	.....	100 μ F/40 V
C 9, C 14	.....	1 μ F/16 V
C 10-C 13	.....	220 nF
C 15-C 18	.....	220 nF

18 Lötstifte

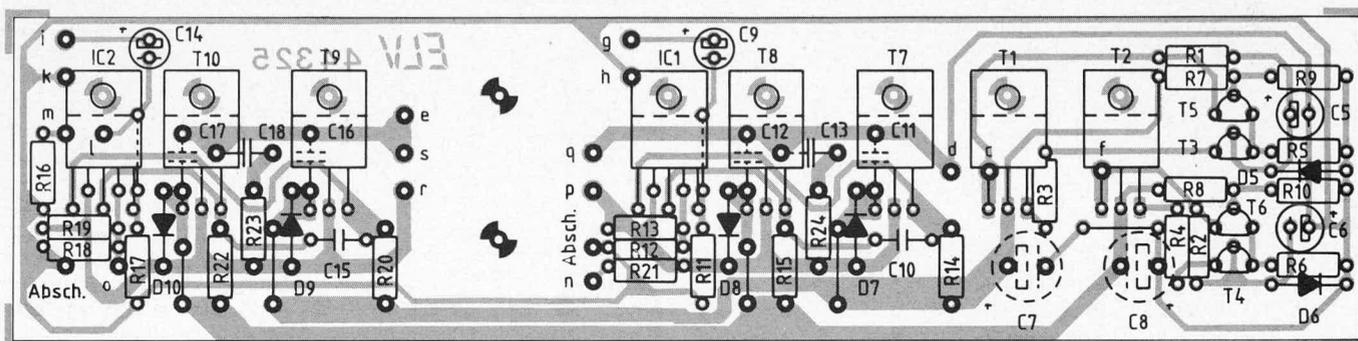
8 Schrauben M 4 x 40
8 Schrauben M 3 x 20
8 Schrauben M 3 x 6
38 M 3 Muttern
24 M 4 Muttern
8 Glimmerscheiben TO 220
8 Isolierringe TO 220
1 Lötflanke 6,2 mm
2 Lötflanken 4,2 mm
7 Lötflanken 3,2 mm
1 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²
80 cm flexible Leitung 1,5 mm ²
2 Fingerkühlkörper

Widerstände

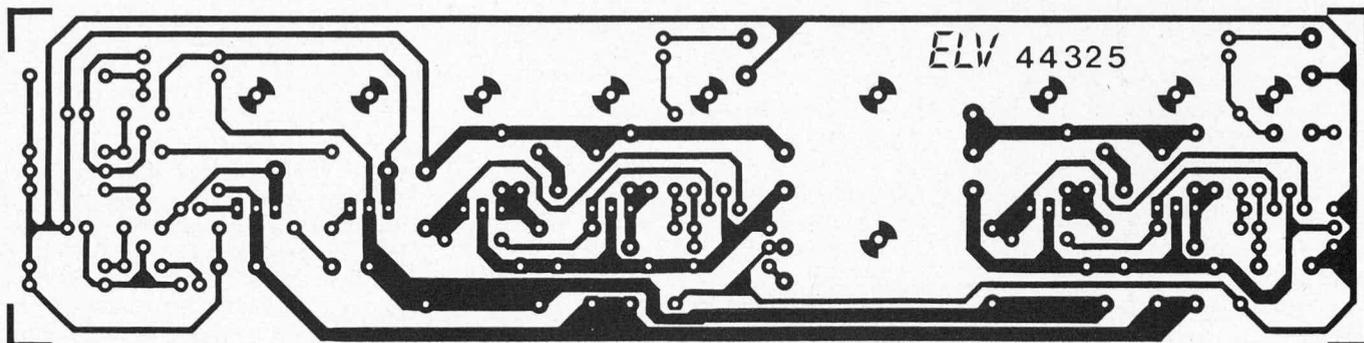
R 1, R 2	.....	2,2 k Ω
R 3-R 6	.....	470 Ω
R 7, R 8	.....	10 k Ω
R 9, R 10	.....	4,7 k Ω



Ansicht der fertig bestückten Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000

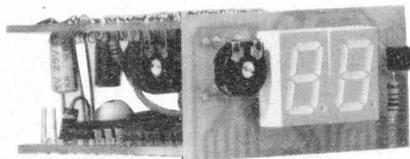
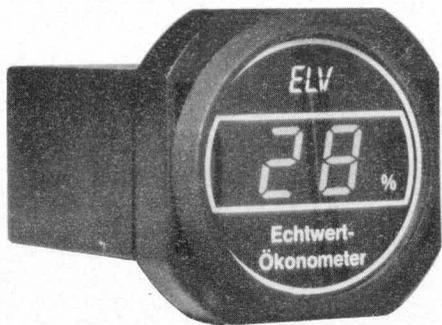


Bestückungsseite der Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000



Leiterbahnseite der Platine des HiFi-Stereo-Leistungsverstärkers NFV 7000

ELV-Serie Kfz-Elektronik: Echtwert-Ökonomet



Mit diesem Echtwert-Ökonomet wird im gesamten Betriebsbereich die Motorauslastung zwischen 0 und 100 % digital angezeigt.

Allgemeines

Ökonomet zur Anzeige einer wirtschaftlichen Fahrweise, gehören bereits häufig zur Serienausstattung vieler Fahrzeuge. Diese Geräte herkömmlicher Bauart weisen jedoch deutliche Schwachpunkte auf und zeigen in manchen Motor-Betriebszuständen falsche Werte an. In jüngster Zeit verzichten daher einige Hersteller bereits wieder auf den serienmäßigen Einbau dieser Geräte.

Das neuartige, im ELV-Labor entwickelte Echtwert-Ökonomet hingegen liefert im gesamten Betriebsbereich eines Ottomotors eine zuverlässige Anzeige der Motorauslastung zwischen 0 und 100 %.

Der Entwicklung liegen umfangreiche theoretische als auch praktische Untersuchungen zugrunde, deren Ergebnis das hier vorgestellte Echtwert-Ökonomet ist.

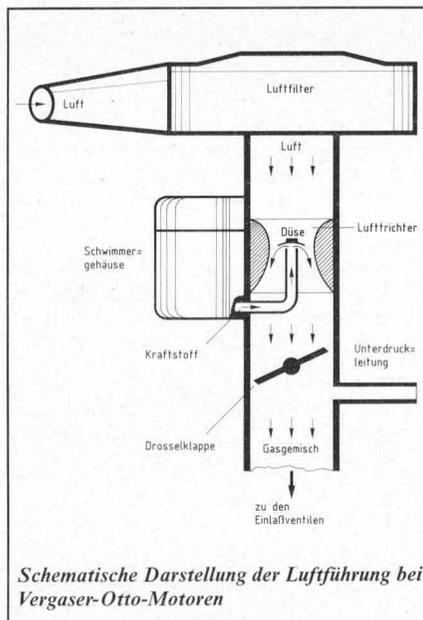
Nachfolgend sollen zum besseren Verständnis zunächst einige Grundlagen und anschließend die prinzipielle Funktionsweise der Schaltung dargestellt werden.

Grundlagen

Die derzeit in Kraftfahrzeugen gebräuchlichen Verbrennungsmotoren teilen sich in die beiden Hauptgruppen Diesel- und Ottomotor auf. Das hier vorgestellte Echtwert-Ökonomet ist speziell für den Anschluß an einen Ottomotor konzipiert und zeigt die tatsächliche Motorauslastung im Bereich zwischen 0 und 100 % auf einem 2stelligen Digital-Display an. Für Dieselmotore ist das Gerät nicht einsetzbar.

Der Ottomotor kann den Kraftstoff nicht in seinem flüssigen Zustand verbrauchen. Vielmehr muß der Treibstoff zunächst durch Vermischung mit Luft in ein brennbares Gemisch verwandelt werden. Bei

Vergasermotoren wird dieses Kraftstoff-Luft-Gemisch außerhalb der Zylinder mit Hilfe eines Vergasers hergestellt, der durch das Ansaugrohr mit den Einlaßventilen der Zylinder verbunden ist. Über den Kolbenhub wird dann das Gemisch in die Zylinder gesaugt.



Schematische Darstellung der Luftführung bei Vergaser-Otto-Motoren

Beim sogenannten Einspritzer wird der Kraftstoff mit Hilfe einer leistungsfähigen Einspritzpumpe über eine speziell geformte Einspritzdüse direkt unter hohem Druck in das Ansaugrohr eingespritzt und dabei mehr oder weniger gleichmäßig verteilt. Über den Kolbenhub wird dann das Gemisch, wie beim Vergasermotor, angesaugt.

In beiden Fällen erfolgt die Dosierung der Luftzufuhr über die sogenannte Drosselklappe, d. h., die Außenluft gelangt über

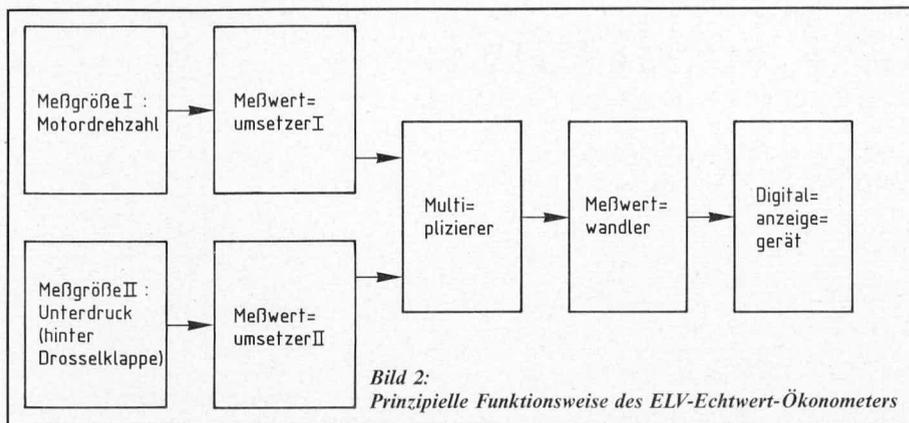
das Luftfilter, die Drosselklappe und die Einlaßventile in die Zylinder (Verbrennungsraum).

Der erforderliche Unterdruck zum Ansaugen der Luft wird ausschließlich von den sich abwärts bewegenden Zylindern hervorgerufen. Je nach Stellung der Drosselklappe ergibt sich daher hinter der Drosselklappe (zwischen Drosselklappe und Einlaßventilen) ein mehr oder weniger großer Unterdruck.

Vielfach wurde dieser Unterdruck als Ausgangsgröße für die Anzeige einer ökonomischen Fahrweise verwendet. Je weniger nämlich das Gaspedal betätigt wird, desto weniger ist auch die Drosselklappe geöffnet und desto höher ist der Unterdruck. Größerer Unterdruck bedeutet somit geringeren Verbrauch. Bei Vollgas hingegen ist die Drosselklappe nahezu vollständig geöffnet und es ist praktisch kein Unterdruck mehr vorhanden (ungünstigste Fahrweise).

Vorgenannte Ausführungen weisen jedoch erhebliche Mängel auf. Folgendes Beispiel soll zur Veranschaulichung dienen:

Fährt man im vierten Gang mit einer Geschwindigkeit von 50 kmh mit einem sehr geringen Benzinverbrauch, ist die Drosselklappe weiter geöffnet als bei einer gleichen Geschwindigkeit im dritten Gang bei erhöhter Drehzahl. Die Anzeige eines nach vorstehend beschriebenem Verfahren arbeitenden Ökonometers würde bei einem Betrieb im dritten Gang somit eine verbrauchsgünstigere Fahrweise vortäuschen, die in Wirklichkeit gar nicht vorliegt. Selbstverständlich sind auch Betriebszustände denkbar, wo man der Anzeige Glauben schenken kann, aber was nützt ein Anzeigegerät, bei dem man nicht weiß, stimmt die Anzeige oder stimmt sie nicht?



Zur Anzeige der wirtschaftlichen Fahrweise eines Kfz's ist ein Gerät sinnvoll, das eine zuverlässige Aussage hinsichtlich der Motorauslastung erlaubt, und zwar unabhängig vom gerade gewählten Fahrbereich (Gang) und ebenfalls unabhängig von der Motordrehzahl. Dies bedeutet, daß neben der Meßgröße „Unterdruck“ auch noch die Motordrehzahl mit erfaßt und verarbeitet werden muß. Genauer gesagt ist die Meßgröße „Drehzahl“ mit der Meßgröße „Unterdruck“ zu multiplizieren, wobei letztgenannte Meßgröße invers zu verarbeiten ist (größerer Unterdruck entspricht kleinerer Motorauslastung).

Genau nach diesem in Bild 2 schematisch dargestellten Verfahren arbeitet das neuartige ELV-Echtwert-Ökonometer. Die Motorauslastung wird zuverlässig im Bereich von 0 bis 100 % digital angezeigt.

Anhand folgenden Beispiels soll die sinnvolle Arbeitsweise kurz aufgezeigt werden:

Nehmen wir einmal an, daß ELV-Echtwert-Ökonometer wird in ein Fahrzeug eingebaut, dessen dritter Gang von 20 bis 80 kmh und dessen vierter Gang von 40 bis 160 kmh reicht. Wird jetzt eine konstante Geschwindigkeit von 50 kmh gefahren, die sowohl für den dritten als auch für den vierten Gang im günstigen Bereich liegt, würde auf der Digital-Anzeige in beiden Fällen ungefähr die gleiche prozentuale Motorleistung das Fahrzeug in beiden Fällen mit der gleichen Geschwindigkeit fortbewegt.

Wird jetzt die Geschwindigkeit auf 80 kmh gesteigert, so muß sich der Motor im dritten Gang bereits sehr „quälen“, d. h., die Verluste steigen aufgrund der extremen Drehzahl an. Im vierten Gang hingegen arbeitet der Motor im optimalen Bereich. Die Anzeige des ELV-Echtwert-Ökonometers trägt diesem Umstand direkt Rechnung, d. h., der angezeigte Wert der Motorauslastung ist bei einer Fahrt im dritten Gang (konstant 80 kmh) höher als im vierten Gang. Auf diese Weise läßt sich sofort erkennen, daß bei 80 kmh eine wirtschaftlichere und damit ökonomischere Art des Fahrens im vierten Gang vorliegt. Selbstverständlich verhält sich der Benzinverbrauch dazu proportional, d. h. beim Umschalten in den vierten Gang sinkt der Verbrauch.

Da auch die Kalibrierung auf einfache Weise an jedes Fahrzeug individuell angepaßt werden kann (Vollgasfahren im höchsten Gang und Anzeige auf 100 % einstellen), ist das ELV-Echtwert-Ökonometer eine sinnvolle und umweltschonende Ergänzung eines jeden Kfz's mit Ottomotor.

Praktische Ausführung

Wie aus Bild 2 zu ersehen ist, liegt die wesentliche Aufgabe eines Echtwert-Ökonometers darin, 2 unabhängig voneinander zu erfassende Meßgrößen miteinander zu multiplizieren.

Dies kann zum Beispiel in der Form erfolgen, daß sowohl der Unterdruck als auch die Motordrehzahl jeweils in eine analoge Spannung umgewandelt und anschließend analog miteinander multipliziert werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß der Unterdruck in einen Digital-Wert umgewandelt wird und anschließend mit der bereits digital in Form einer Frequenz vorliegenden Motordrehzahl jetzt ebenfalls digital zu multiplizieren ist.

Beide Verfahren erfordern einen verhältnismäßig hohen Bauteilaufwand, der dem Einbau in ein platzsparendes Kfz-Einbaugeschäft entgegensteht. Ganz abgesehen von den Bauteilekosten.

Im ELV-Labor wurde daher eine Schaltung entwickelt, die auf ebenso einfache wie preisgünstige Weise die beiden Meßgrößen erfaßt und miteinander multipliziert.

Die Meßgröße I (Drehzahl) wird nach Durchlaufen einer Impulsformierstufe direkt auf den Eingang eines 2stufigen Dezimalzählers gegeben, während die Meßgröße II (Unterdruck) zur Steuerung der Torzeit dient.

Eine sehr kurze Torzeit entspricht hierbei einem hohen Unterdruck (Leerlauf), so daß nur wenige Impulse vom Unterbrecherkontakt auf den Zähler gelangen können (kleiner Zählerstand – Anzeige: z. B. 05 %). Wird hingegen der Motor weit ausgelastet, sinkt der Unterdruck, wodurch die Torzeit ansteigt und damit gleichzeitig die Anzahl der auf den Zählereingang gelangenden Impulse (höherer Zählerstand – Anzeige: z. B. 80 %).

Wie wir aus vorstehenden Beispielen ersehen, erhöht sich die Anzeige sowohl bei steigender Drehzahl (mehr Impulse bei gleicher Torzeit) als auch bei absinkendem Unterdruck (höhere Motorauslastung).

Aufgrund der Art der Verknüpfung ist leicht zu erkennen, daß sich hier eine unmittelbare und genaue Multiplikation beider Meßwerte ergibt, wobei der Unterdruck zunächst invertiert wird (größerer Unterdruck entspricht kleinerer Motorauslastung).

Zur Schaltung

Das IC 6 des Typs CD 4518 beinhaltet zwei Dezimalzähler, deren BCD-Ausgänge direkt auf die Steuereingänge der Speicher/Dekoder/Treiber-Bausteine IC 4 und IC 5 arbeiten. Der Zählerstand kann so direkt auf einer 2stelligen Digital-Anzeige abgelesen werden.

Auf den Eingang (Pin 2 des IC 6) des ersten Dezimalzählers gelangen die vom Unterbrecherkontakt kommenden und über T 2 mit Zusatzbeschaltung geformten Impulse. Die daraus resultierende Frequenz entspricht direkt der Motordrehzahl.

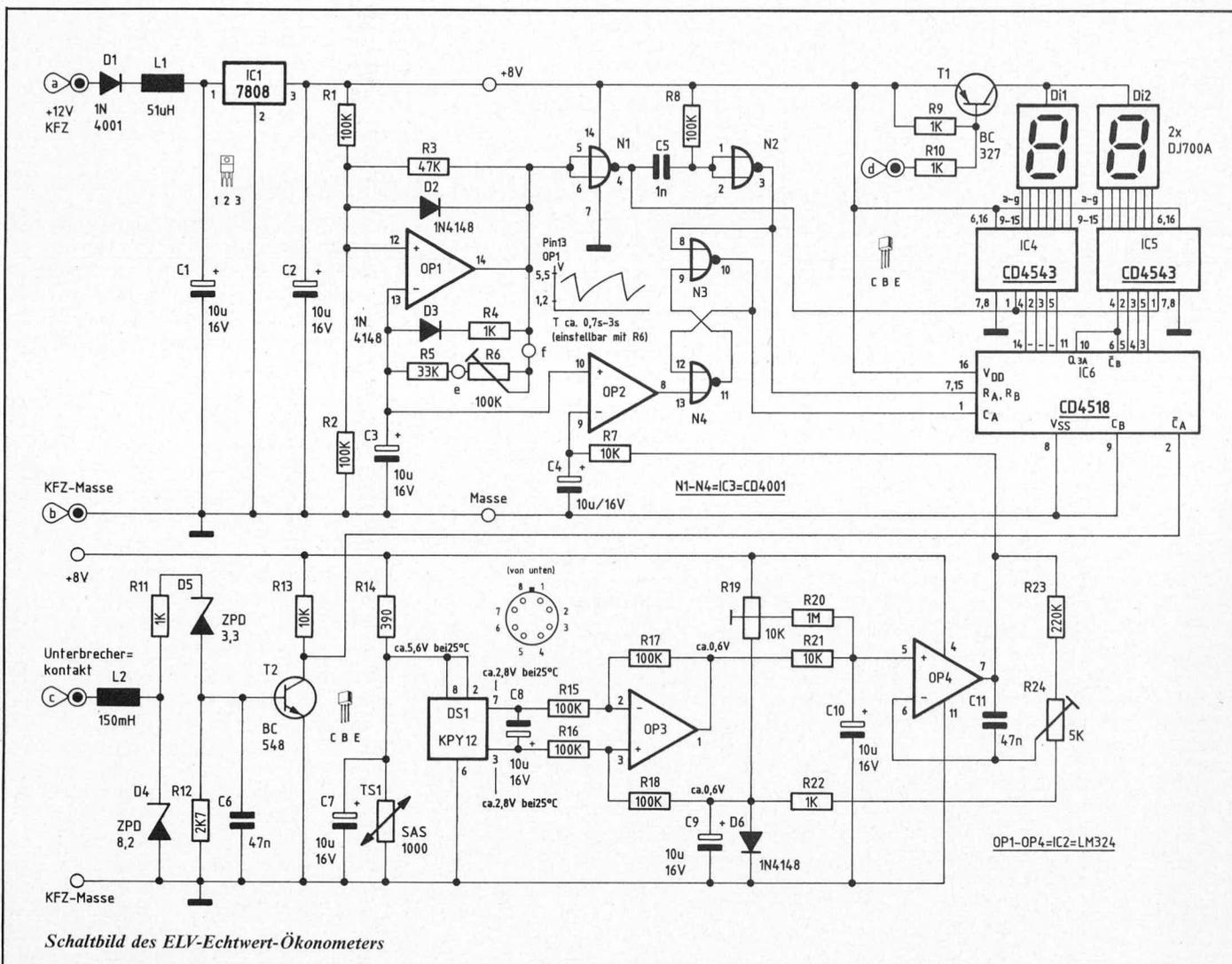
Die Torzeit, d. h. die Zeitdauer, in der die Impulse pro Messung gezählt werden, wird durch den Unterdruck gesteuert. Im einzelnen sieht die schaltungstechnische Verarbeitung wie folgt aus:

Der hinter der Drosselklappe abgenommene Unterdruck wird auf den Differenzdrucksensor der Firma Siemens des Typs KPY 12 gegeben. Dieser Drucksensor unterscheidet sich von dem bekannten Typ KPY 10 lediglich dadurch, daß er nicht den Absolutdruck (barometrischer Druck), sondern einen Differenzdruck mißt. In der Praxis bedeutet dies, daß sich die Ausgangsspannung an den Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 12 bei atmosphärischen Druckschwankungen nicht ändert. Wird nun über einen Kunststoffschlauch auf den Ansaugstutzen des Drucksensors ein Unterdruck gegeben, vergrößert sich die Absolutspannung an den Anschlußbeinchen 3 und 7 des KPY 12.

Zur Temperaturkompensation ist dem Drucksensor DS 1 der Temperatursensor TS 1 parallel geschaltet mit dem dazu in Reihe liegenden Linearisierungswiderstand R 14. Der Temperatursensor TS 1 ist in engem thermischen Kontakt mit dem Drucksensor zu bringen. Etwas Wärmeleitpaste ist hierbei hilfreich.

Über den Differenzverstärker OP 3 wird die Ausgangsspannung des Drucksensors auf einen künstlich geschaffenen Fußpunkt umgesetzt (Anode von D 6 / ca. +0,6 V oberhalb der Schaltungsmasse). Auf diesen Punkt ist auch der nachfolgende einstellbare Verstärker OP 4 bezogen (linke Seite von R 22). Über R 21 gelangt die Ausgangsspannung des OP 3 auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 5) des OP 4, der diese Spannung im Bereich zwischen 37- bis 225-fach verstärkt (je nach Stellung von R 24).

Da sowohl der Drucksensor als auch die Operationsverstärker OP 3 und OP 4 mit einer nicht zu vernachlässigenden Offsetspannung behaftet sind (auch ohne Differenzdruck kann an Pin 7 des OP 4 eine Spannung anstehen), ist eine entsprechende Offsetspannungskompensation erforderlich. Diese wird mit dem Trimmer R 19 über den Vorwiderstand R 20 eingespeist



Schaltbild des ELV-Echtwert-Ökonometers

und ist sowohl für DS 1 als auch für OP 3 und OP 4 wirksam. Gleichzeitig wird mit R 19 eine Gleichspannungsverschiebung vorgenommen, und zwar in der Form, daß der Ausgang des OP 4 (Pin 7) ohne anliegenden Differenzdruck auf + 5,0 V liegt. Bei maximal auftretendem Unterdruck (Leerlauf) sinkt die Spannung auf ca. 1,5 V bis 2 V ab.

Die Größe des Spannungshubes (5,0 V - 2,0 V = 3,0 V) wird mit R 24 eingestellt.

Die an Pin 7 des OP 4 anstehende, dem Unterdruck invers proportionale Steuerspannung gelangt über R 7 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 9) des OP 2. Dieser Operationsverstärker ist als Komparator geschaltet und vergleicht die an Pin 9 anstehende Spannung mit derjenigen an Pin 10.

OP 1 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung einen Sägezahn-/Impuls-Generator dar. Die über C 3 anstehende Sägezahn-Spannung mit einem Hub im Bereich von ca. 1,2 V bis 5,5 V, wird auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 10) des OP 2 gegeben.

Liegt der Wert der Sägezahn-Spannung an Pin 10 des OP 2 unterhalb der Spannung an Pin 9, so führt der Ausgang (Pin 8 des OP 2) „low“-Potential (ca. 0 V). In dem Moment, in dem die Sägezahn-Spannung an Pin 10 den Wert der Steuerspannung an Pin 9 des OP 2 überschreitet, wechselt der Ausgang

(Pin 8) von ca. 0 V auf ca. + 7 V. Hierdurch wird der Speicher, bestehend aus N 3/N 4, zurückgesetzt und der Ausgang (Pin 10 des Gatters N 3) führt „high“-Potential (ca. + 8 V). Hierdurch wird der Torsteuer-Eingang (Pin 1) des IC 6 gesperrt. Es werden keine weiteren Impulse vom Unterbrecherkontakt gezählt, obwohl diese Impulse noch an Pin 2 des IC 6 anstehen.

Kurze Zeit später erscheint am Ausgang des Gatters N 1 (Pin 4) ein „high“-Signal, das die IC's 4 und 5 (Pin 1) dazu veranlaßt, den Wert des Zählerstandes der beiden im IC 6 enthaltenen Dezimalzähler in ihre Speicher zu übernehmen und zur Anzeige zu bringen. Nachdem das Potential an Pin 4 des Gatters N 1 wieder auf „low“ zurückspringt, wird über C 5/R 8 mit der fallenden Flanke ein kurzer positiver Impuls am Ausgang (Pin 3) des Gatters N 2 erzeugt, der über die Steuereingänge Pin 7 und Pin 15 die beiden im IC 6 enthaltenen Dezimalzähler auf 0 zurücksetzt.

Gleichzeitig wird über Pin 8 des Gatters N 3 der Speicher N 3/N 4 gesetzt (Pin 10 von N 3 geht auf ca. 0 V) und das Tor (Pin 1 des IC 6) wird freigegeben.

Im selben Moment können die an Pin 2 des IC 6 anstehenden, der Motordrehzahl proportionalen, Impulse für eine neue Zählung registriert werden.

Gestoppt wird die Zählung in dem Moment, in dem die Sägezahn-Spannung an

C 3 die Steuerspannung an Pin 9 des OP 2 überschreitet, wie dies bereits vorstehend beschrieben wurde. Damit ist ein kompletter Funktionszyklus abgeschlossen.

Wie wir daraus sehen, bleibt das Tor um so länger geöffnet, je höher die Steuerspannung an Pin 9 des OP 2 ist (denn um so länger dauert es, bis die Sägezahn-Spannung an C 3 den Wert der Steuerspannung an Pin 9 erreicht hat).

Schaut man sich rückblickend das vielleicht etwas aufwendig erscheinende Verfahren einmal genauer an, stellt man fest, daß abgesehen vom unverzichtbaren Drucksensor ausschließlich preiswerte Bauelemente Verwendung finden.

Die Versorgungsspannung wird über D 1, L 1 sowie C 1 entkoppelt und gepuffert sowie anschließend mit Hilfe des Festspannungsreglers IC 1 stabilisiert.

Sollen die LED-Anzeigen des ELV-Echtwert-Ökonometers unregelmäßig mit voller Helligkeit aufleuchten, so kann der Transistor T 1 mit den beiden Widerständen R 9 und R 10 ersatzlos entfallen. Die Kollektor-Emitter-Strecke von T 1 ist hierbei über eine Brücke zu verbinden.

Wird eine Helligkeitsregelung gewünscht, kann hierzu die im „ELV journal“ Nr. 37 beschriebene Schaltung „Automatische Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen“ herangezogen werden. Diese Schaltung

wird auf einer separaten kleinen Leiterplatte aufgebaut und kann gleichzeitig bis zu 10 verschiedene digitale LED-Anzeige-Geräte aus der ELV-Serie Kfz-Elektronik ansteuern und die Helligkeit automatisch nachregeln. Nur in diesem Fall werden T 1, R 9, R 10 benötigt.

Zum Nachbau

Der Aufbau dieser neuartigen und interessanten Schaltung erfolgt auf drei Leiterplatten.

1. Anzeigenplatine
2. Hauptplatine mit Spannungsregler
3. Drucksensorplatine

Die Bestückung der Platinen wird in gewohnter Weise anhand der Bestückungspläne vorgenommen, wobei zuerst die passiven und dann die aktiven Bauelemente auf die Platinen zu setzen und zu verlöten sind.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und nochmals sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Hauptplatine gelötet werden, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Hauptplatine hervorsteht. Wichtig ist hierbei, daß keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Verbindungsleitungen auftreten.

Die Anschlußbeinchen des Drucksensors des Typs KPY 12 werden so nach unten abgewinkelt, daß beim anschließenden Einsetzen in die Bohrungen der Drucksensorplatine die kleine Markierungsnase senkrecht nach unten, also zur Platine hin weist. Beim späteren Zusammenbau weist somit der Ansaugstutzen des Drucksensors in Richtung Gehäuserückwand bzw. er wird durch eine Bohrung in der Gehäuserückwand hindurchgesteckt.

Der auf der Anzeigenplatine angeordnete Trimmer R 6 wird mit zwei ca. 6 cm langen isolierten flexiblen Zuleitungen mit den Platinenanschlußpunkten „e“ und „f“ auf der Drucksensorplatine verbunden.

An der Seite der Hauptplatine, die zur Gehäuserückseite hinweist, sind vier 30 mm lange Silberdrahtabschnitte einzulöten, die senkrecht nach oben weisen und anschließend durch die zugehörigen Bohrungen der Drucksensorplatine gesteckt und verlötet werden. Die Bestückungsseiten beider Leiterplatten weisen hierbei zueinander hin und liegen direkt parallel in einem Abstand von 22 mm. Dieser Abstand ergibt sich durch die Führungsnuten in dem dafür vorgesehenen Kfz-Einbaugeschäuse. Für ein entsprechendes Aufbaugeschäuse gilt der gleiche Abstand, obwohl hier keine Führungsnuten vorhanden sind.

Die positive Versorgungsspannung (Schaltungspunkt „a“), die im Bereich zwischen + 10 V und + 15 V schwanken darf, ist hinter einer Fahrzeugsicherung abzunehmen, die über das Zündschloß ein- und wieder ausgeschaltet wird.

Die Schaltungsmasse („b“) wird an die Kfz-Masse angeklemmt.

Die dritte Zuleitung („c“) wird direkt am Unterbrecherkontakt bzw. an dem entsprechenden Anschluß der Zündspule ange-

schlossen. Sofern eine elektronische Zündung eingesetzt wird und diese einen entsprechenden Steuerausgang besitzt, kann der Punkt „c“ auch hier angeschlossen werden, wobei man sich vergewissern sollte, daß der Steuerausgang eine Last von 500 Ω zu treiben in der Lage ist und eine ausreichende Spannungshöhe (12 V Hub) zur Verfügung stellt. Sind letztgenannte Forderungen nicht zu erfüllen, ist durch geringfügige schaltungstechnische Veränderungen, die ausführlich im „ELV journal“ Nr. 39 (Artikel bezüglich „Digitales Kfz-Kombi-Meßgerät“ Seite 32) beschrieben sind, vorzunehmen, so daß auch hier eine Möglichkeit zum Anschluß des ELV-Echtwert-Ökonometers gegeben ist.

Schaltungsveränderungen sind nur in sehr seltenen Fällen bei ganz speziellen elektronischen Zündeinrichtungen erforderlich. Im allgemeinen kann, wie bereits erwähnt, der Platinenanschlußpunkt „c“ direkt an den Unterbrecherkontakt der Zündanlage angeschlossen werden. Die hohe Qualität der Eingangs-Impulsformerschaltung hat sich bereits vieltausendfach bewährt sowohl im ELV-Kfz-Kombi-Meßgerät als auch im ELV-Digital-Drehzahlmesser.

Der Unterdruck wird über einen Kunststoffschlauch dem Drucksensor DS 1 zugeführt, dessen Ansaugstutzen 5 bis 10 mm auf der Gehäuserückseite hervorsteht.

Der Schlauchanschluß am Motor wird hinter der Drosselklappe vorgenommen, also im Bereich zwischen Einlaßventilen und Drosselklappe.

Die meisten Fahrzeuge besitzen an dieser Stelle bereits einen Schlauchanschluß zur Versorgung des Bremskraftverstärkers, der seine Energiezufuhr in Form von Unterdruck erhält. Bei einem weiteren Teil der Fahrzeuge spaltet sich dieser Anschluß über ein T-Stück auf, und zwar zum einen für den Bremskraftverstärker (wie im ersten Fall) und zum anderen für die Unterdruckspätverstellung der Zündanlage.

Damit nun weder die Unterdruckverstellung noch die Funktion des Bremskraftverstärkers beeinträchtigt wird, sollte der Unterdruckanschluß des ELV-Echtwert-Ökonometers ausschließlich von einem sachkundigen Fachmann durchgeführt werden. Hierbei sollte das zusätzlich einzufügende T-Stück an der neugeschaffenen Ausgangsseite (Schlauchanschluß zum Drucksensor DS 1) einen möglichst kleinen Durchmesser (wenige mm) aufweisen, der so gering bemessen ist, daß auch bei abgezogener Schlauchverbindung zum ELV-Echtwert-Ökonometer durch die eintretende Luft keine Beeinträchtigung der Funktion von Unterdruckverstellung und Bremskraftverstärker gegeben ist.

Abschließend wollen wir noch darauf hinweisen, daß zahlreiche Fahrzeuge auch vor der Drosselklappe, d. h. im Bereich zwischen Luftfilter und Drosselklappe einen Schlauchanschluß besitzen, der zur Unterdruckfrühverstellung dient. Dieser Anschluß ist jedoch für das ELV-Echtwert-Ökonometer nicht geeignet, da die Charakteristik der dort auftretenden Unterdruckkurve anders verläuft als bei Abnahme hinter der Drosselklappe.

Kalibrierung

Die Einstellung, d. h. die Kalibrierung des ELV-Echtwert-Ökonometers, ist ohne aufwendige Hilfsmittel auf einfache Weise mit einem Voltmeter möglich.

Zunächst werden die Trimmer R 6, R 19 und R 24 ungefähr in Mittelstellung gebracht.

Das Voltmeter wird jetzt mit seinem Minusanschluß an die Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“) und mit seinem Plusanschluß an Pin 7 des OP 4 angeklemmt.

Bei zunächst noch vom Drucksensor DS 1 abgenommenem Schlauchanschluß zur Unterdruckzuführung, wird mit R 19 an Pin 7 des OP 4 eine Spannung von 5,0 V eingestellt.

Als nächstes wird der Motor gestartet (Leerlauf) und der Drucksensor angeschlossen (Schlauch zur Unterdruckzuführung auf den Ansaugstutzen des Drucksensors schieben). Die Spannung an Pin 7 des OP 4 wird jetzt kleinere Werte annehmen. Sie sollte auf ungefähr 2,0 V zurückgehen. Liegt sie oberhalb 2,0 V, so ist mit R 24 die Verstärkung des OP 4 zu erhöhen, während bei Werten unterhalb 2,0 V die Verstärkung mit R 24 abzusenken ist (Drehen im Uhrzeigersinn: Verstärkung wird kleiner – Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn: Verstärkung wird größer, d. h. Linksanschlag: maximale Verstärkung).

Nachdem die Verstärkung korrigiert wurde, ist bei abgezogenem Unterdruckschlauch R 19 wieder so einzustellen, daß die Spannung an Pin 7 des OP 4 wieder 5,0 V beträgt. Anschließend ist im Leerlauf der Unterdruckschlauch wieder auf den Drucksensor zu setzen und zu prüfen, ob die gemessene Spannung auf ca. 2,0 V zurückgeht.

Die wechselseitigen Einstellungen zwischen R 19 und R 24 sind sooft auszuführen, bis der Spannungshub zwischen abgezogenem und aufgesetztem Unterdruckschlauch (Motor läuft im Leerlauf) 3,0 V beträgt. Der untere Spannungswert (2,0 V) kann hierbei ohne weiteres um 0,2 (maximal 0,5 V) abweichen, während bei abgezogenem Unterdruckschlauch 5,0 V möglichst exakt am Ausgang des OP 4 (Pin 7) anstehen sollten.

Jetzt kann das Gerät ins Fahrzeug eingebaut werden.

Die Skalenfaktoreinstellung erfolgt mit dem von der Frontseite her zu bedienenden Trimmer R 6.

Hierzu fährt man mit dem Fahrzeug, sofern es die Sicherheit und die Straßenverhältnisse zulassen, im höchsten Gang Vollgas und bittet eine zweite Person, die Anzeige auf einen Wert zwischen 98 % und 100 % (Anzeige 00) einzustellen.

Bei Fahrzeugen mit einem zusätzlichen „Schongang“, bei dem die Drehzahl bei Höchstgeschwindigkeiten niedriger ist als im nächst kleineren Gang, muß zwischen beiden Gängen ausprobiert werden, in welchem Gang das ELV-Echtwert-Ökonometer den höheren Anzeigewert aufweist, der dann 100 % entspricht. Hierbei ist zu be-

achten, daß das Gerät keine Überlaufanzeige besitzt und Werte von 105 % als 05 % ausgewiesen werden. Auf die Überlaufanzeige wird bewußt verzichtet, da bei korrekter Einstellung nie mehr als 99 % bzw. 100 % auftreten können. Wird während der Fahrt das Gas vollständig zurückgenommen, liegt die Anzeige im allgemeinen zwischen 0 und 5 %

Sollte der Einstellbereich des Trimmers R 6 nicht ausreichen, so kann der Widerstand R 5 im Bereich zwischen 10 kΩ und 100 kΩ variiert werden, um so mit R 6 den erforderlichen Einstellbereich zu erhalten.

Das Gerät arbeitet aufgrund der internen Temperaturkompensation in einem weiten Temperaturbereich von 0°C bis +70°C einwandfrei, wobei extreme Temperaturunterschiede die Anzeige nur geringfügig (wenige Prozent) beeinflussen. Im mittleren Temperaturbereich ist der Einfluß jedoch kleiner als 1 Digit (1 % vom Meßbereichsendwert).

Damit ist der Nachbau dieses interessanten und vor allem umweltfreundlichen Kfz-Zusatzgerätes bereits beendet.

Stückliste: Echtwert-Ökonometer

Halbleiter

IC 1	.....	7808
IC 2	.....	LM 324
IC 3	.....	CD 4001
IC 4, IC 5	.....	CD 4543
IC 6	.....	CD 4518
T 1	.....	BC 327
T 2	.....	BC 548
D 1	.....	1 N 4001
D 2, D 3, D 6	.....	1 N 4148
D 4	.....	ZPD 8,2
D 5	.....	ZPD 3,3
DS 1	.....	KPY 12
TS 1	.....	SAS 1000
Di 1, Di 2	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

C 1-C 4, C 7-C 10	...	10µF/16 V
C 5	.....	1 nF
C 6, C 11	.....	47 nF

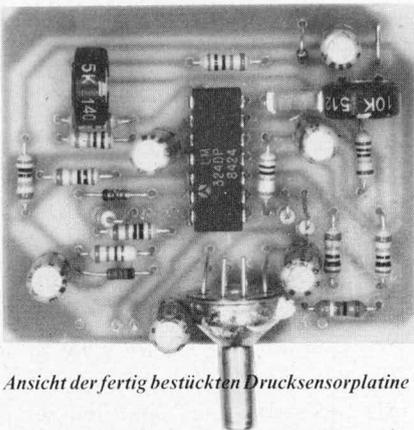
Widerstände

R 1, R 2	100 kΩ
----------	-------	--------

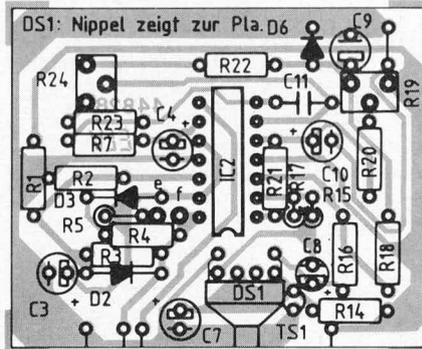
R 3	.....	47 kΩ
R 4, R 9-R 11	.....	1 kΩ
R 5	.....	33 kΩ
R 7, R 13	.....	10 kΩ
R 6	...	100 kΩ, Trimmer, liegend
R 8, R 15-R 18	.....	100 kΩ
R 12	.....	2,7 kΩ
R 14	.....	390 Ω
R 19	...	10 kΩ, Trimmer, stehend
R 20	.....	1 MΩ
R 21	.....	10 kΩ
R 22	.....	1 kΩ
R 23	.....	220 kΩ
R 24	...	5 kΩ, Trimmer, stehend

Sonstiges

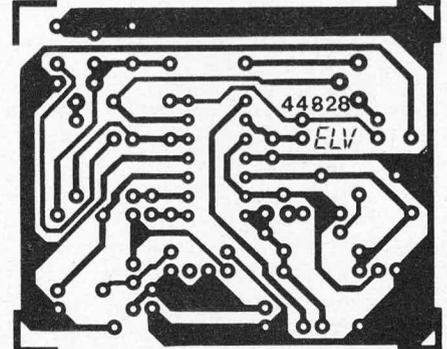
L 1	.....	51 µH Spule
L 2	.....	150 mH Spule
4 Lötstifte		
20 cm Silberdraht		
20 cm isolierter Schaltdraht		
3 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²		
3 m PVC-Schlauch, Innendurchmesser 4 mm		



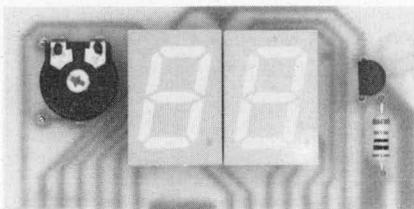
Ansicht der fertig bestückten Drucksensorplatine



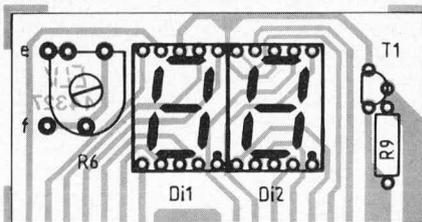
Bestückungsseite der Drucksensorplatine



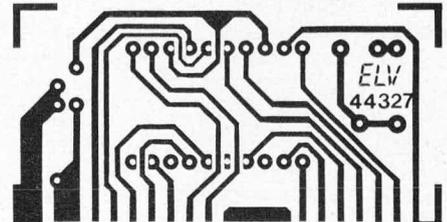
Leiterbahnseite der Drucksensorplatine



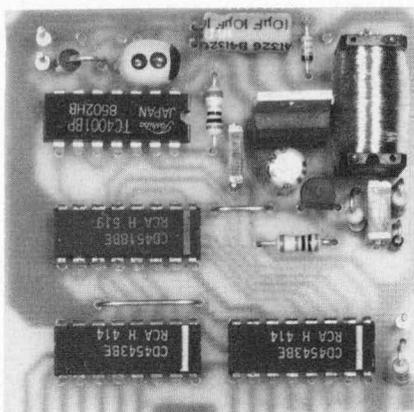
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine



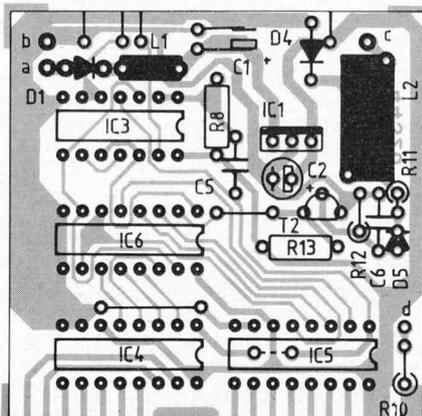
Bestückungsseite der Anzeigenplatine



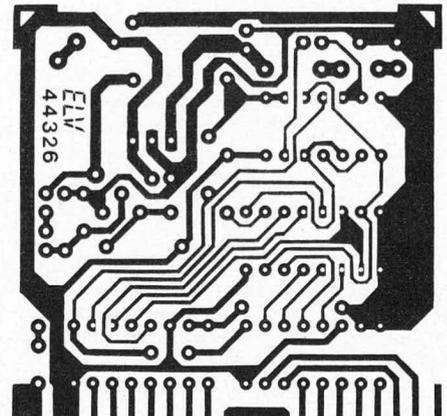
Leiterbahnseite der Anzeigenplatine



Ansicht der fertig bestückten Hauptplatine

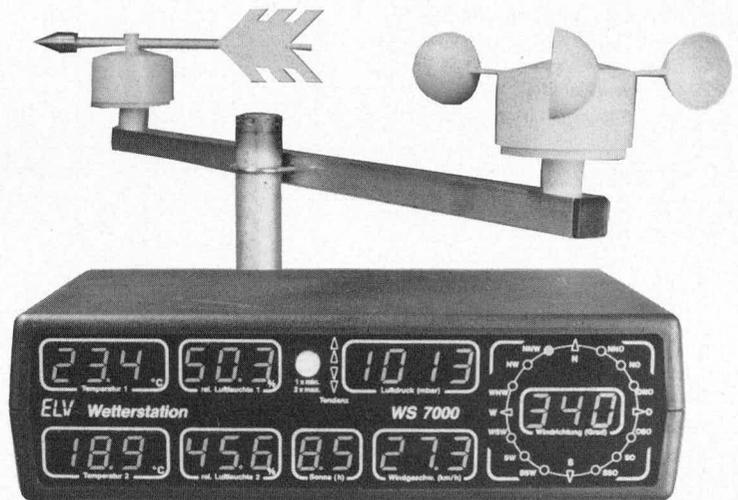


Bestückungsseite der Hauptplatine



Leiterbahnseite der Hauptplatine

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 quatzgenau 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 Windrichtungs- 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 Windrichtungs-Meßwertaufnehmers 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-

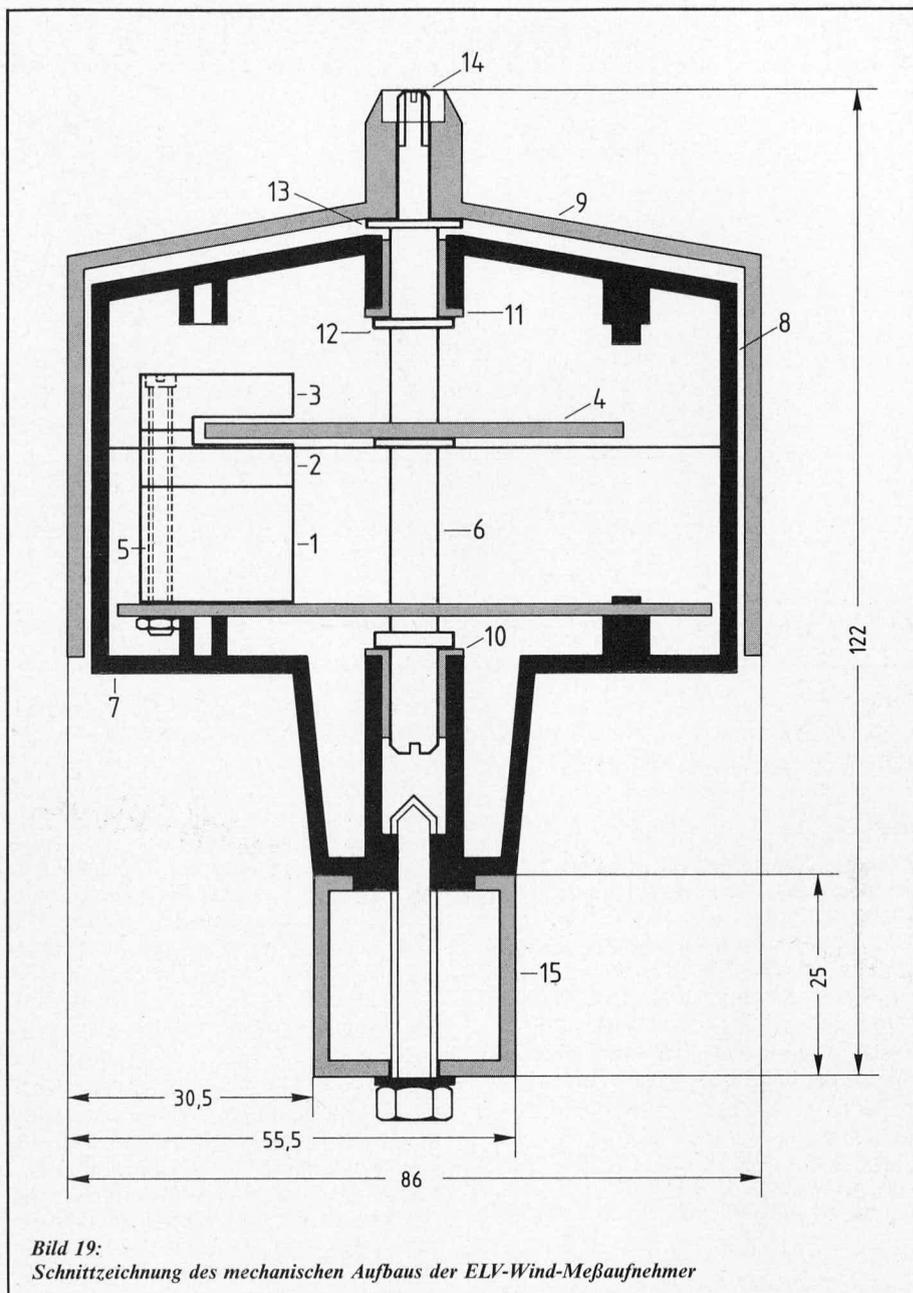


Bild 19:
Schnitzzeichnung des mechanischen Aufbaus der ELV-Wind-Meßaufnehmer

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 ± 10 V und ± 16 V (kurzzeitig ± 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:

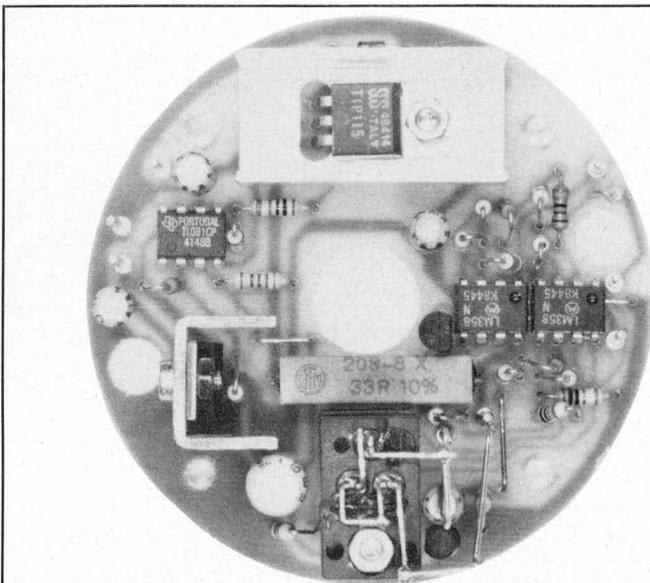


Bild 20:
Ansicht der fertig bestückten Platine des ELV-Windrichtungs-Meßwertempfängers

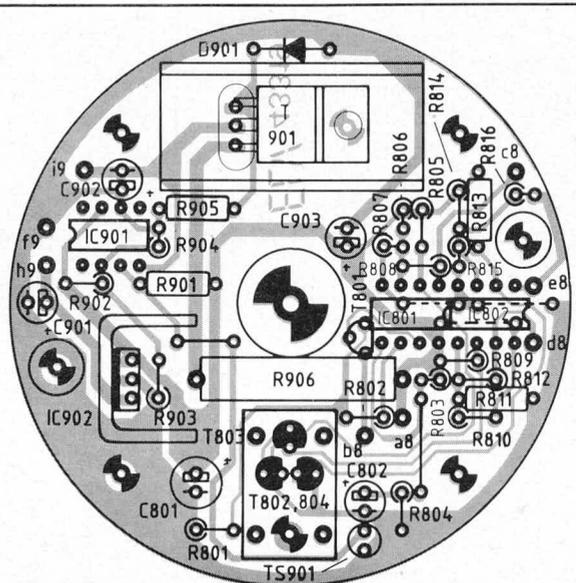


Bild 21:
Bestückungsseite der Platine des ELV-Windrichtungs-Meßwertempfängers

- 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-

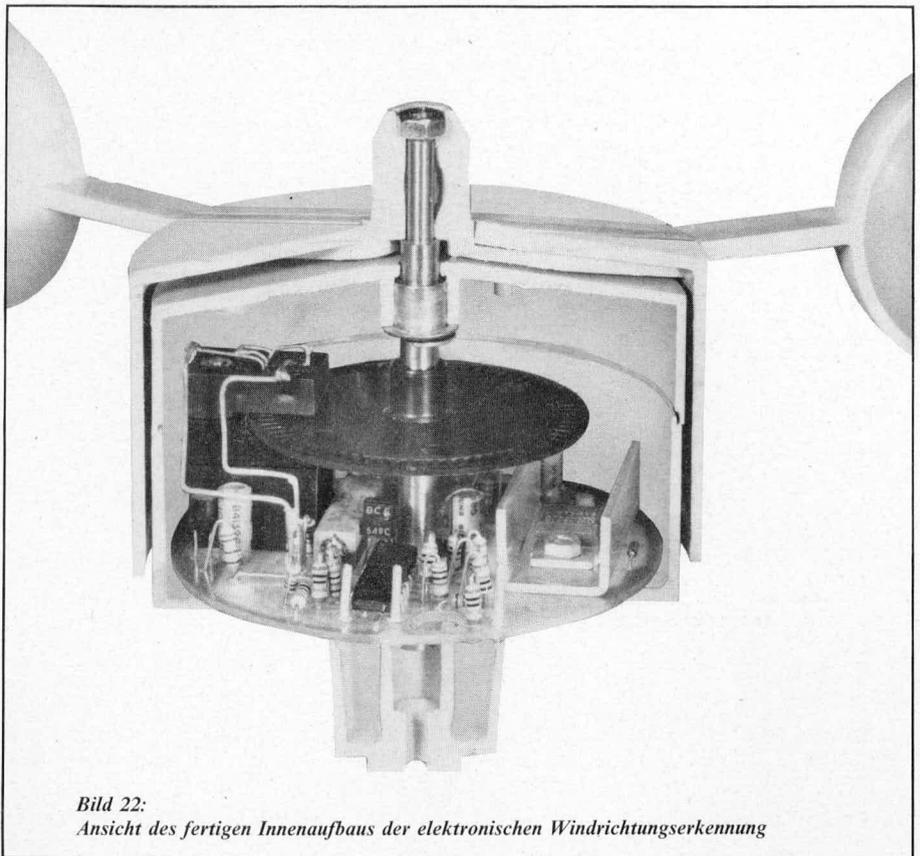


Bild 22:
Ansicht des fertigen Innenaufbaus der elektronischen Windrichtungserkennung

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 mm² 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      = $0D00
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 #800
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 VECAIT

** 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 #80A
BCC W3
JMP $F6FB

W3 INC $98
LDA $B8
STA $0259,X
LDA $B9
ORA #860
STA $B9
STA $026D,X
LDA $BA
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 #800
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
    
```

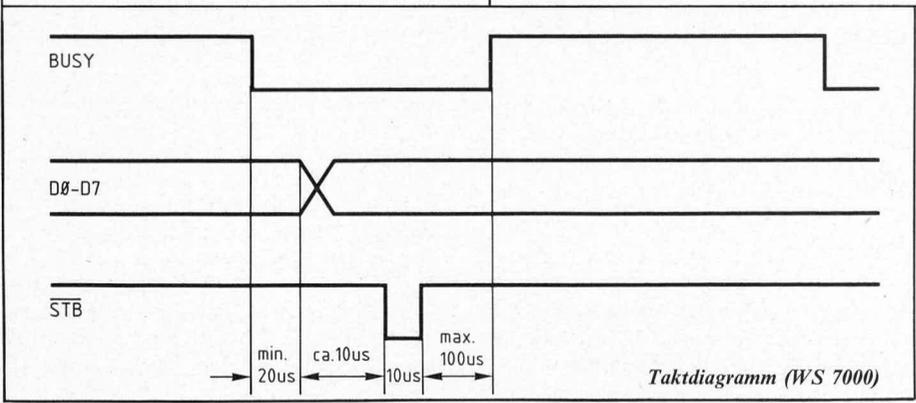
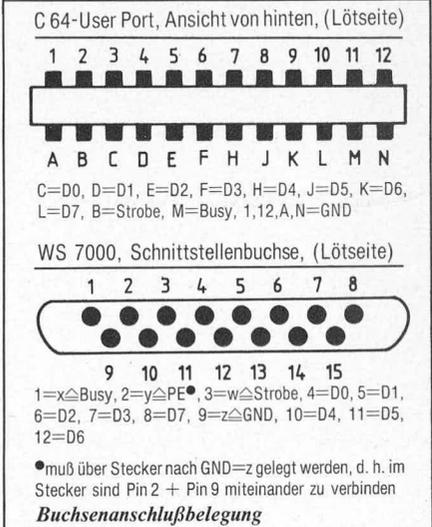
```

* ZEICHEN AUS PUFFER HOLEN *
ROUTINE LDA STATUS
AND #/10000000
BNE ROUTINE ; WARTEN BIS PUFFER VOLL
LDX READZ
LDA PUFFER,X
PHA
INC READZ
CMP #800 ; 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 #805 ; 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.

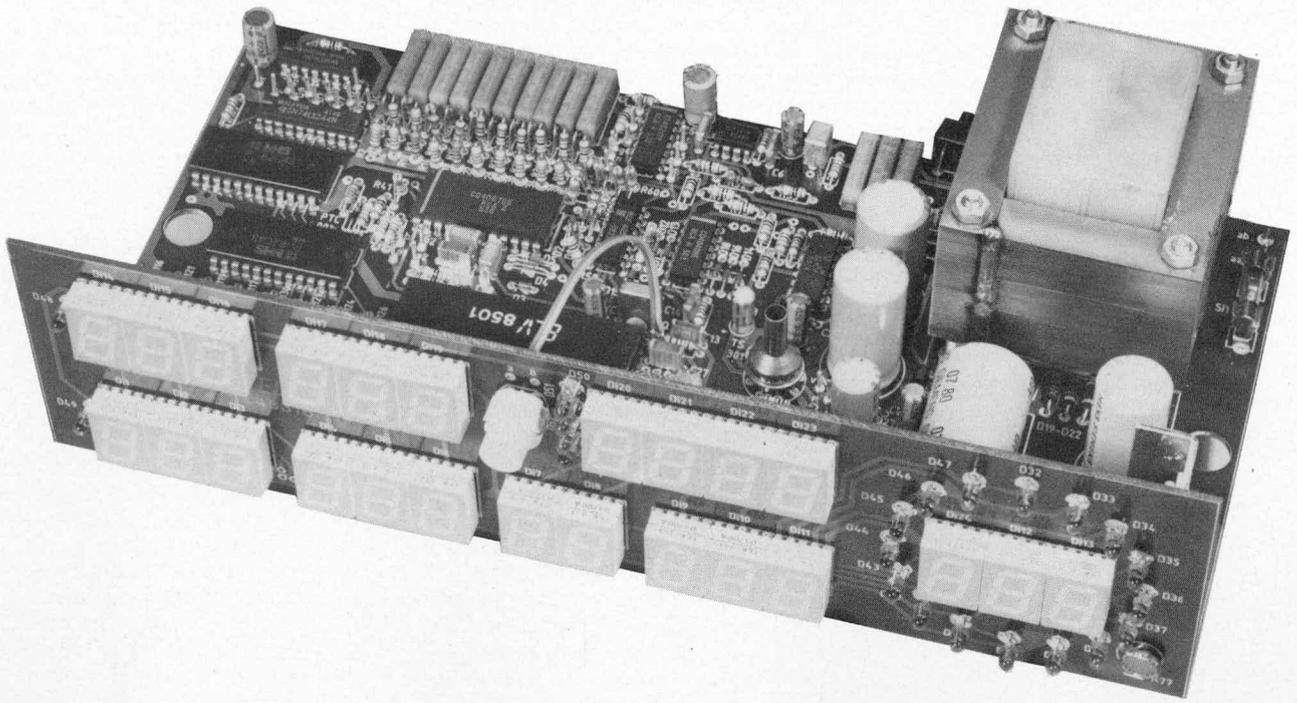


Bild 23:
Ansicht der fertig aufgebauten ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000 vor dem Einbau ins Gehäuse

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.

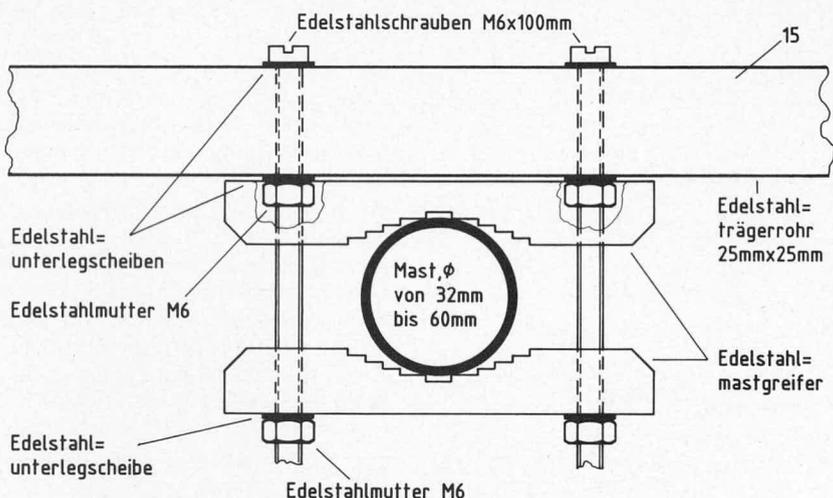


Bild 24: Montagezeichnung zur Befestigung des Vierkant-Edelstahl-Trägerrohres (für Wind-Meßaufnehmer) am Antennenmast

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.

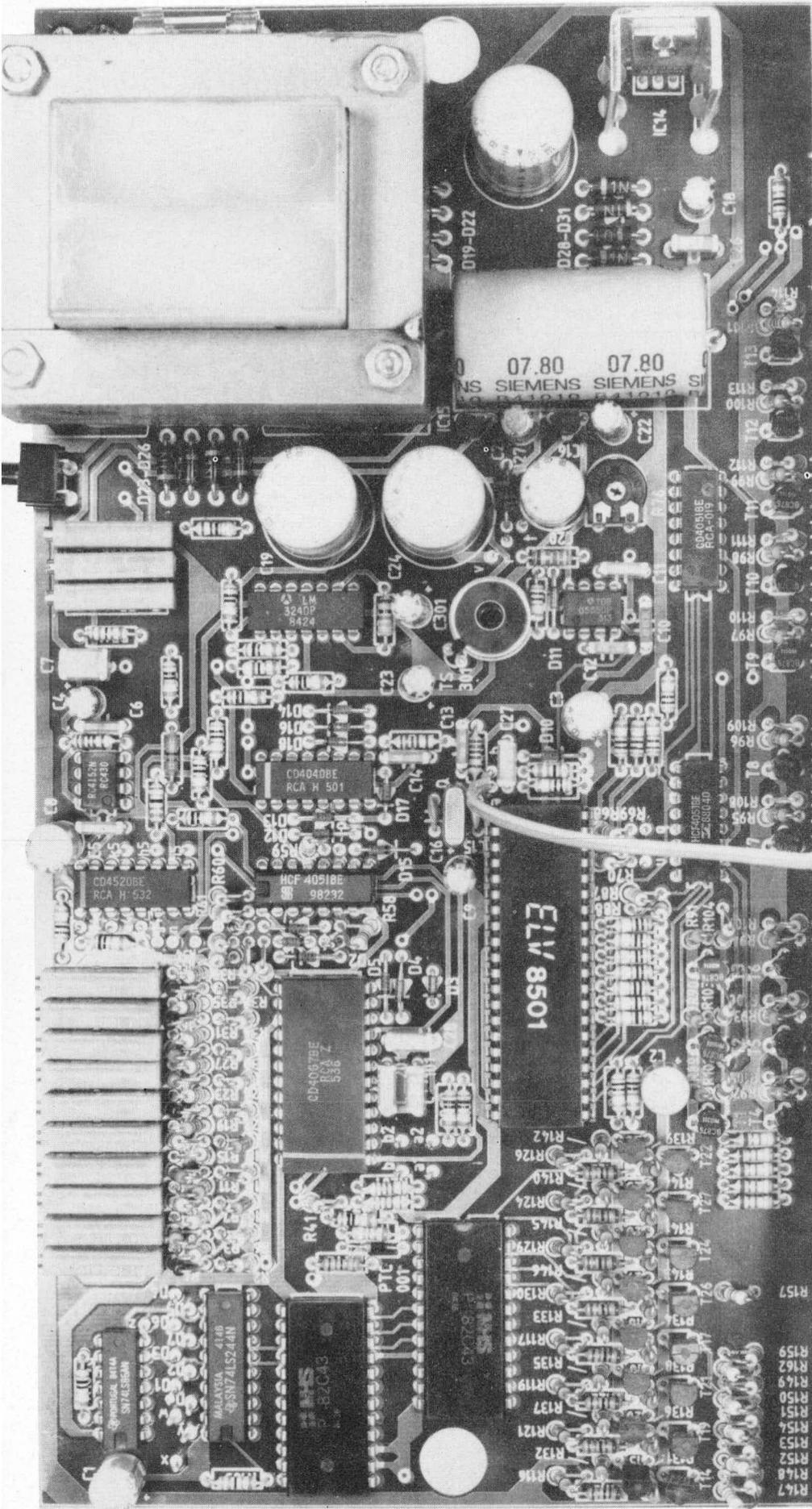


Bild 25:
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

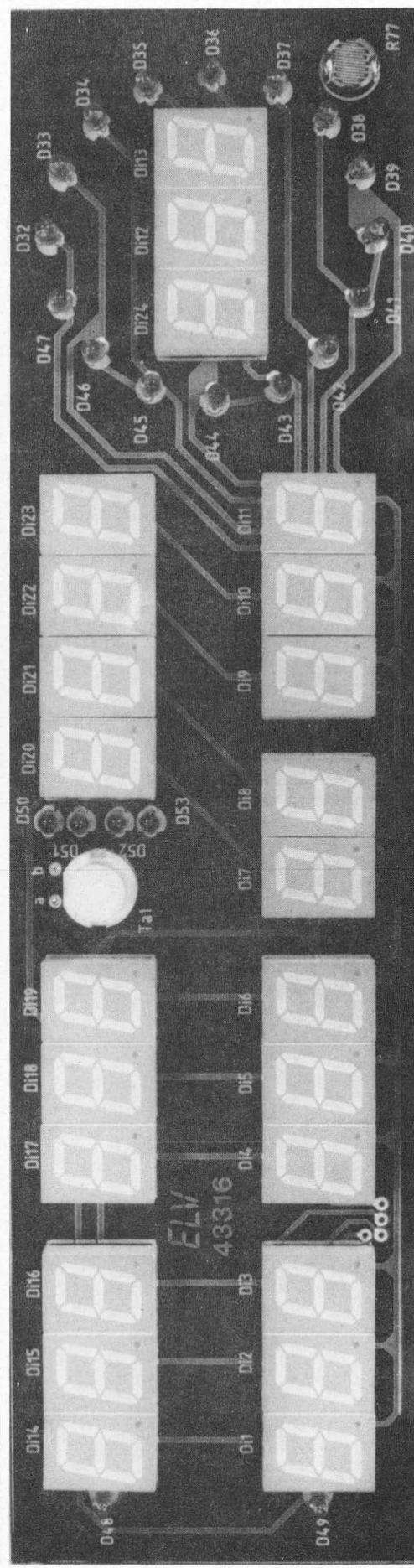


Bild 26:
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

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

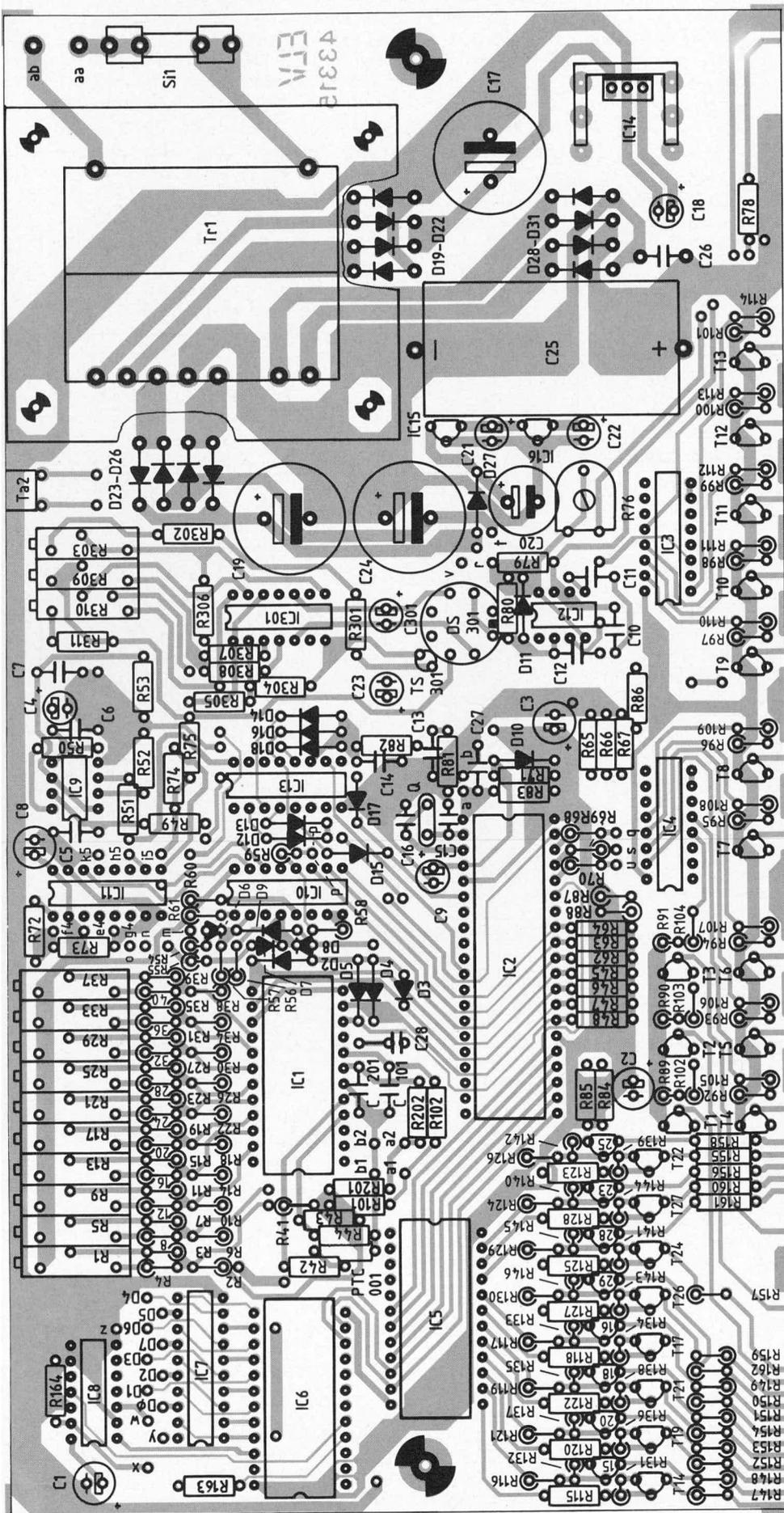


Bild 27:
Bestückungsseite der Basisplatte der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

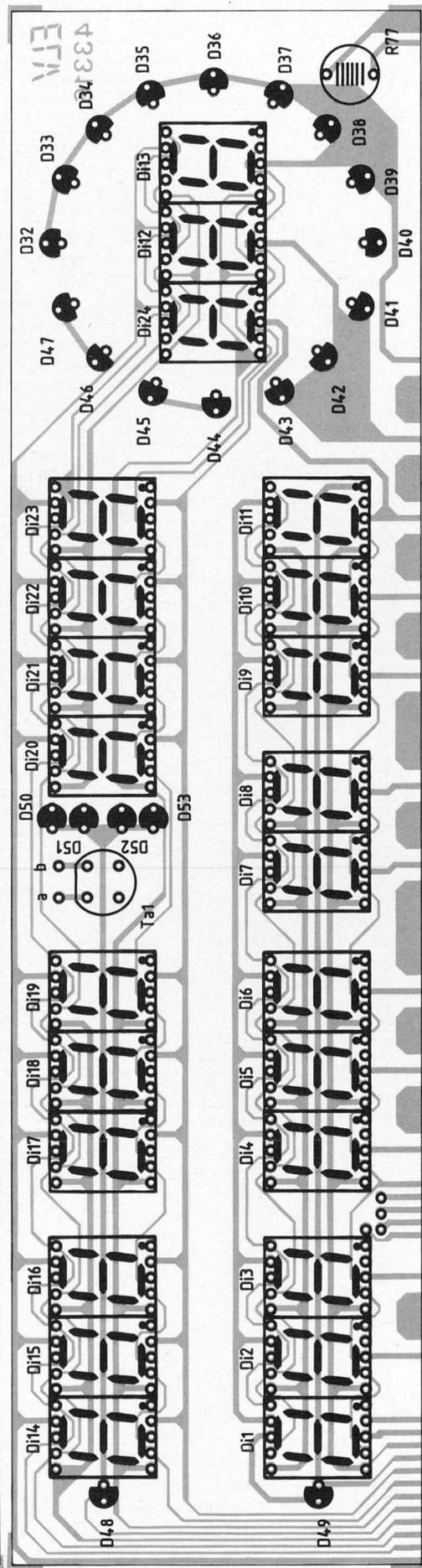


Bild 28:
Bestückungsseite der Anzeigenplatte der ELV-Komfort-Wetterstation WS 7000

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°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 (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°C und 25°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°C und 25°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 Offsettingstellung 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

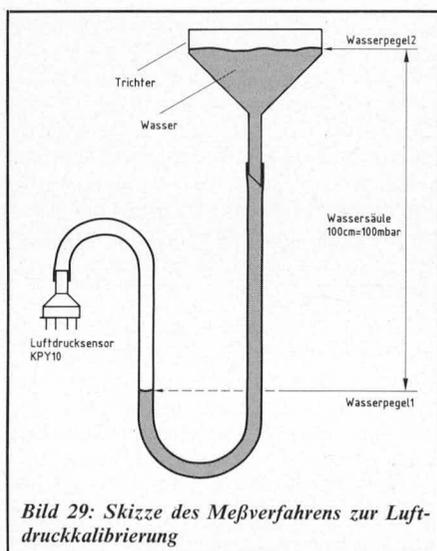


Bild 29: Skizze des Meßverfahrens zur Luftdruckkalibrierung

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 erhaltene Luftdruckwert (hier 1010 mbar) auch tatsächlich am Ort der Kalibrierung vorherrsche. 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:

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

Hierin bedeuten:

- P_i: tatsächlicher Luftdruck am Ort des Geschehens (Kalibrierort)
- P_{NN}: 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 Umschaltzeitpunkt 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.