



Kompakt-Leistungsmesser KLM 2000

Für die Überwachung der Leistungsaufnahme von Verbrauchern, die am 220 V-Wechselspannungsnetz betrieben werden, ist dieser digitale Leistungsmesser konzipiert, dessen gesamte Schaltung in einem Stecker-Steckdosen-Gehäuse Platz findet. Durch die kompakte Bauform ist das Gerät leicht in der Handhabung und wird einfach zwischen die Netzsteckdose und den anzuschließenden Verbraucher eingefügt.

Allgemeines

Verantwortungsbewusste Verhaltensweisen in Verbindung mit wachsendem Umweltbewußtsein spiegeln sich nicht zuletzt auch in Energiesparmaßnahmen wieder. Zur Erkennung von "Energiefressern" sowie unwirtschaftlich arbeitenden Geräten ist ein objektiv arbeitender Wirkleistungsmesser erforderlich. Von ELV wurde daher der Kompakt-Leistungsmesser KLM 2000 entwickelt, der einfach in der Handhabung ist, und auf einem 3,5stelligen LC-Display die vom angeschlossenen Verbraucher aufgenommene Wirkleistung direkt anzeigt. Die genauen technischen Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Diejenigen unter unseren Lesern, die sich für die genauen theoretischen Zusammenhänge zwischen Leistung, Spannung,

Strom, Phasenwinkel und Kurvenformverzerrungen näher interessieren, können dies in dem Artikel über das im ELV journal Nr. 32 veröffentlichte Leistungsmeßgerät LMG 7000 nachlesen, so daß wir an dieser Stelle auf eine theoretische Betrachtung verzichten wollen.

Bedienung und Funktion

Der ELV-Kompakt-Leistungsmesser KLM 2000 wird über seinen integrierten Schutzkontaktstecker direkt mit einer 220V-Schutzkontaktsteckdose verbunden. Unmittelbar danach erscheint auf dem Display die Anzeige „00.0“, wobei im Einschaltmoment eine Nullpunktabweichung bis zu 20 Digit möglich ist. Diese systembedingte Nullpunktabweichung ist auf den empfindlichen Effektivwertwandler in Verbindung mit einer hohen Auflösung

Tabelle 1

Technische Daten	
Meßbereich 1:	0-200 Watt
Auflösung:	0,1 Watt
Meßbereich 2:	0-2000 Watt
Auflösung:	1 Watt
Eingangsspannung:	180 V-250 V
Eingangsstrom:	0-10 A
Genauigkeit:	typ. 0,5 %
Überlastbarkeit:	kurzzeitig 50 %
Sicherung:	Schmelzsicherung 10 A

zurückzuführen. Nach wenigen Minuten Betriebszeit pendelt sich die Nullpunktverschiebung auf einen bleibenden Wert von typ. 2 Digit (max. 5 Digit im Raumtemperaturbereich) ein.

Mit Hilfe des auf der Frontseite angeordneten Umschalttasters kann durch einmalige Betätigung in den 2000 W-Bereich geschaltet werden (der Punkt links

neben der niederwertigsten Stelle erlischt) und durch erneute Betätigung wieder zurück in den 200 W-Bereich (der Punkt erscheint wieder auf dem Display).

Zur eigentlichen Messung wird der zu kontrollierende Verbraucher an die Schutzkontaktsteckdose des KLM 2000 angeschlossen. Wird der Verbraucher eingeschaltet, erscheint unmittelbar auf dem 3,5stelligen Display des KLM 2000 die aufgenommene Wirkleistung. Phasenwinkel und Kurvenformverzerrungen werden hierbei automatisch berücksichtigt, und das Ergebnis wird mit einer guten Genauigkeit von typ. 0,5 % angezeigt.

Bei einer Meßbereichsüberschreitung erscheint auf dem Display auf der linken Stelle die Ziffer "1", und die übrigen Digits bleiben verloschen. Befindet man sich im 200 W-Bereich, kann durch Drücken des Tasters auf den 2000 W-Bereich hochgeschaltet werden. Wird auch hier eine Überlastung registriert, ist der angeschlossene Verbraucher unverzüglich auszuschalten. Eine kurzzeitige Überlastung bis zu 50 % ist unkritisch. Längere und/oder größere Überlastungen führen zum Ansprechen der Schmelzsicherung, d. h. die Anzeige verlischt ganz.

Zum Austausch der Schmelzsicherung (10 A, flink) wird der Verbraucher abgekoppelt und das KLM 2000 aus der Netzsteckdose herausgezogen. Mit einem mittelgroßen Schraubendreher sind jetzt die vier Schrauben auf der Gehäuseunterseite ganz herauszudrehen, um anschließend das Gehäuseoberteil vorsichtig senkrecht nach oben abzuheben. Der auf der unteren Platine angeordnete Platinensicherungshalter ist jetzt frei zugänglich und die defekte Sicherung ist gegen eine neue Sicherung des gleichen Wertes und Typs zu ersetzen. Das Gehäuseoberteil wird wieder aufgesetzt und mit den vier Befestigungsschrauben fest verschraubt.

Das Gerät ist zum Betrieb im Raumtemperaturbereich ausgelegt. Grundsätzlich können jedoch auch Messungen in einem erweiterten Temperaturbereich, d. h. von 0°C bis +50°C mit dem KLM 2000 vorgenommen werden. Die hierbei auftretenden, etwas erhöhten Nullpunktabweichungen können beim Meßergebnis berücksichtigt werden, da es sich um additive Fehler handelt. Zunächst ist jedoch festzustellen, ob die Nullpunktverschiebung in positiver oder negativer Richtung erfolgte. Da die Verschiebungsrichtung nicht direkt aus der Anzeige ersichtlich ist, wird ein sehr kleiner Verbraucher angeschlossen, dessen Leistungsaufnahme möglichst kleiner als der Wert der angezeigten Nullpunktverschiebung ist. Erhöht sich der Anzeigewert jetzt, so handelt es sich um eine positive Nullpunktverschiebung, während bei kleiner werdender Anzeige

nach Einschalten des sehr kleinen Verbrauchers eine in negativer Richtung verlaufende Nullpunktverschiebung zu verzeichnen ist. Im letztgenannten Fall (also bei negativer Nullpunktverschiebung) muß der im Ruhezustand, d. h. ohne angeschlossene Last angezeigte Meßwert, zum späteren Endergebnis hinzuaddiert werden, während bei einer positiven Nullpunktverschiebung der Nullpunktwert vom Endergebnis abzuziehen ist. Diese Vorgehensweise ist natürlich nur bei extremen Temperaturverhältnissen und größeren Nullpunktabweichungen notwendig, wenn zusätzlich eine hohe Genauigkeit gefordert wird. Im Raumtemperaturbereich ist diese Vorgehensweise normalerweise entbehrlich.

Zur Schaltung

Eines der wesentlichen Bauelemente in dieser Schaltung ist das IC 3 des Typs AD 533. Hierbei handelt es sich um einen schnellen Analog-Multiplizierer der Firma Analog Devices. Zwei an den Eingängen Pin 1 und Pin 6 anliegende Spannungen beliebiger Polarität werden unter Berücksichtigung von Kurvenform, Phasenwinkel, Polarität miteinander multipliziert und das Ergebnis in Form einer proportionalen Ausgangsspannung an Pin 3, 4 zur Weiterverarbeitung bereitgestellt.

Die am anzuschließenden Verbraucher abfallende Wechselspannung wird über den Spannungsteiler, bestehend aus R 3 bis R 6, heruntergeteilt und auf den einen der beiden Multipliziereingänge (Pin 6) des IC 3 gegeben.

Der durch den auszumessenden Verbraucher hindurchfließende Strom verursacht an dem zum Verbraucher in Reihe liegenden Shunt-Widerstand R 1 einen sehr kleinen Spannungsabfall, der nach der Formel $U = R \times I$ dem Strom direkt proportional ist. Über R 2 wird dieser Spannungsabfall dem invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des OP 1 zugeführt. In Verbindung mit dem im Rückkopplungszweig liegenden Widerstand R 7 erfolgt in dieser ersten Verstärkerstufe eine 10fache Verstärkung, entsprechend 20 dB. D 1, 2 dienen dem Überlastungsschutz des Eingangszweigs.

Da Spannungen von ca. 0,01 mV pro Digit im 200 W-Meßbereich in dieser ersten mit OP 1 aufgebauten Verstärkerstufe zu verarbeiten sind, wurde hier ein besonders hochwertiger und driftarmer Operationsverstärker des Typs OP 07 eingesetzt. Darüber hinaus zeichnet sich dieses Bauteil, das von verschiedenen Halbleiterherstellern lieferbar ist, durch eine extrem geringe Offsetspannung aus,

die bei typ. 0,05 mV (!) liegt. Es reicht daher eine Nullpunktkompensation in der zweiten, nachgeschalteten Verstärkerstufe aus, die gleichzeitig den geringen durch OP 1 verursachten Offsetfehler mit berücksichtigt.

Beim OP 2, der ebenfalls als invertierender Verstärker geschaltet ist, wurde der verhältnismäßig schnelle Typ TL 081 eingesetzt. Eine hohe Spannungsanstiegsgeschwindigkeit am Ausgang ist hier wichtig, da Spannungsschübe von 20 V bei entsprechendem Oberwellengehalt auftreten können. Da auch der folgende Analog-Multiplizierer verhältnismäßig hohe Frequenzen verarbeiten kann, wurde im davorgeschalteten Verstärkerteil ein Optimum an Bandbreite angestrebt, um hierdurch eine bestmögliche Genauigkeit unter Einbeziehung entsprechender Restfaktoren zu erreichen.

Die Verstärkung des OP 2 wird durch R 9/R 8 bzw. R 10/R 8 festgelegt, je nach Stellung des elektronischen Umschalters ES 2.

R 11 dient in Verbindung mit R 12, 13 zur Offsetkompensation von OP 1 und OP 2.

Die soweit aufbereitete Spannung steht am Ausgang (Pin 6) des OP 2 zur Verfügung und gelangt von dort direkt auf den zweiten Multipliziereingang (Pin 1) des IC 3.

Mit den Trimmern R 14, R 15, R 16 kann ein Feinabgleich des IC 3 vorgenommen werden zur Optimierung der Genauigkeit. Hierauf gehen wir in einem separaten Abschnitt noch ausführlich ein. Bei etwas reduzierter Gesamtgenauigkeit können die Trimmer ersatzlos entfallen und die Anschlußbeinchen 7, 8, 9, 10 werden direkt miteinander verbunden, d. h. Pin 7 bis Pin 10 liegen direkt auf der Schaltungsmasse.

Der Ausgang des IC 3 (Pin 3, 4) arbeitet auf das Integrierglied, bestehend aus R 17/C 16. Die dort entsprechend gesiebte Gleichspannung gelangt auf den positiven Eingang (Pin 31) des A/D-Wandlers IC 4 des Typs ICL 7126. Es handelt sich um ein verhältnismäßig hochintegriertes Bauteil, das eine zwischen den Pins 30 und 31 anliegende Gleichspannung in einen digitalen Wert umwandelt und diesen auf einem LC-Display direkt ausgibt. Über eine extern zuzuführende zwischen den Pins 35 und 36 anliegende Referenzspannung kann der Skalenfaktor beeinflusst werden. In unserem Fall erfolgt die Einstellung durch R 18 in Verbindung mit R 19 bis R 21. Die positive Betriebsspannung für das IC 4 von ca. 9 V wird aus der +15 V-Betriebsspannung in Verbindung mit D 15, C 14 gewonnen, während die negative Versorgungsspannung von rund 6 V mit Hilfe von R 24, D 6 und C 13 aus

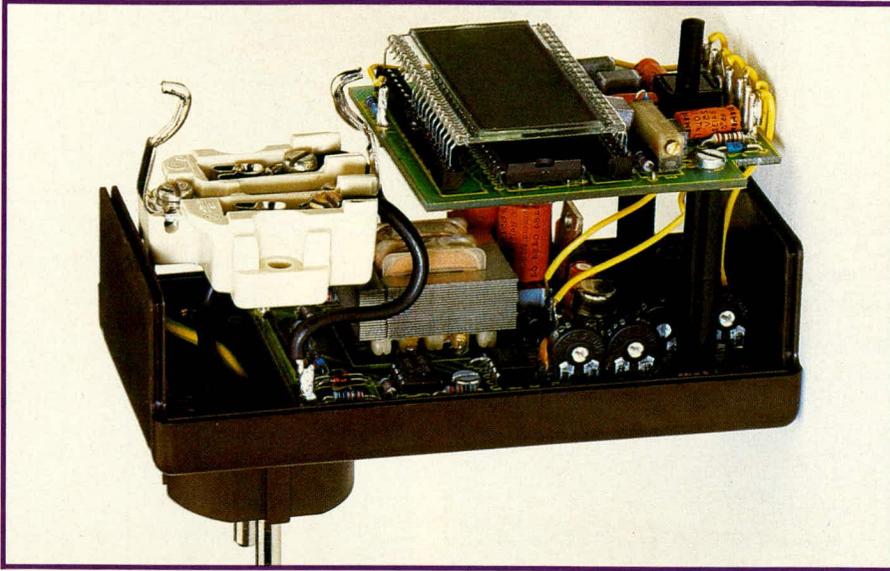


Bild 1
Ansicht des
fertig aufgebauten
ELV-Kompakt-Leistungsmessers
KLM 2000 mit
geöffnetem Gehäuse

der negativen Betriebsspannung generiert wird.

Im IC 5 des Typs CD 4053 befinden sich drei elektronische Umschalter (ES 1, ES 2, ES 3), die über die Anschlußbeinchen Pin 9, 10, 11 angesteuert werden. In unserem Fall erfolgt die gleichzeitige Umschaltung aller drei Schalter, da die entsprechenden Steuereingänge parallel liegen. In der eingezeichneten Position von ES 1 erhält T 1 über R 25, ES 1 sowie R 27 einen Basisstrom, der diesen Transistor durchschalten läßt, d. h. C 7 wird über R 29 entladen. Zusätzlich liegen die Steuereingänge Pin 9 bis Pin 11 des IC 5 über R 26 an einer positiven Steuerspannung von ca. 8 V - die Schaltung befindet sich in einem stabilen Zustand. Wird jetzt die Umschalttaste Ta 1 betätigt, werden im selben Moment die Steuereingänge Pin 9, 10, 11 auf das Potential des Kondensators C 7 gezogen, das in diesem Moment bei ca. 0 V liegt. Die elektronischen Schalter nehmen die entgegengesetzte Position ein, so auch ES 1. Die Basis von T 1 liegt jetzt über R 27 und ES 1 auf Massepotential, d. h. T 1 ist gesperrt und am Kollektor steht in Verbindung mit R 28 eine positive Spannung an. Auch wenn Ta 1 wieder losgelassen wird, bleibt der soeben eingenommene Schaltzustand erhalten, da R 26 die Steuereingänge Pin 9, 10, 11 über ES 1 ungefähr auf Massepotential hält. Ein Zurückschalten kann nicht erfolgen, da R 29 wesentlich hochohmiger als R 26 ist.

Unmittelbar nach dem Öffnen von Ta 1 kann sich C 7 über R 28 und R 29 auf die positive Versorgungsspannung aufladen. Bei einer erneuten Betätigung von Ta 1 wird kurzzeitig diese positive Spannung auf die Steuereingänge Pin 9, 10, 11 gelegt, und die Schaltung wechselt zurück in ihren Grundzustand. Jeder Tastendruck bewirkt in der vorliegenden Schaltung einen Zustandswechsel.

Die Funktion von ES 2 (Verstärkungs- und damit Meßbereichumschaltung) wurde bereits erläutert, so daß in diesem Zusammenhang nur noch auf ES 3 einzugehen ist. Im geöffneten Zustand hängt der Kondensator C 8 „in der Luft“ und an Pin 16 (Dezimalpunkt) des LC-Displays liegt über R 33 ungefähr phasengleich das Backplanesignal an - der betreffende Dezimalpunkt ist erloschen. Durch Schließen von ES 3 (200 W-Meßbereich) wird der Fußpunkt von C 8 mit der Schaltungsmasse verbunden. Hierdurch ergibt sich in Verbindung mit R 33 eine Phasenverschiebung des Spannungsverlaufs an Pin 16 gegenüber dem Backplanesignal - der betreffende Dezimalpunkt erscheint.

Die Stromversorgung des IC 5, dessen Umschalter auf drei ganz unterschiedliche Arten eingesetzt werden, erfolgt über den Spannungsteiler D 7, D 8 und R 32 mit ca. ± 7 V, da das IC 5 nicht die volle Betriebsspannung von ± 15 V verarbeiten kann (Pin 16: +7 V und Pin 7: -7 V).

Abschließend kommen wir zur Beschreibung der Spannungsversorgung des KLM 2000.

Die 220 V-Netzwechselspannung wird von dem Transformator Tr 1 auf einen Wert von 15 V bei einer Belastbarkeit von 66 mA umgesetzt. Es folgt eine doppelte Einweggleichrichtung und Pufferung. D 3, C 1, C 3, C 5 erzeugen in Verbindung mit dem Festspannungsregler IC 6 die positive 15 V-Versorgungsspannung und D 4, C 2, C 4, C 6 in Verbindung mit IC 7 die negative 15 V-Versorgungsspannung.

Die Gesamtleistungsaufnahme der Schaltung beträgt ca. 1 W.

Zum Nachbau

Sämtliche Bauelemente sind auf zwei übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht. Dies trägt wesentlich zum einfachen und problemlosen Nachbau bei, für den rund vier Stunden anzusetzen sind.

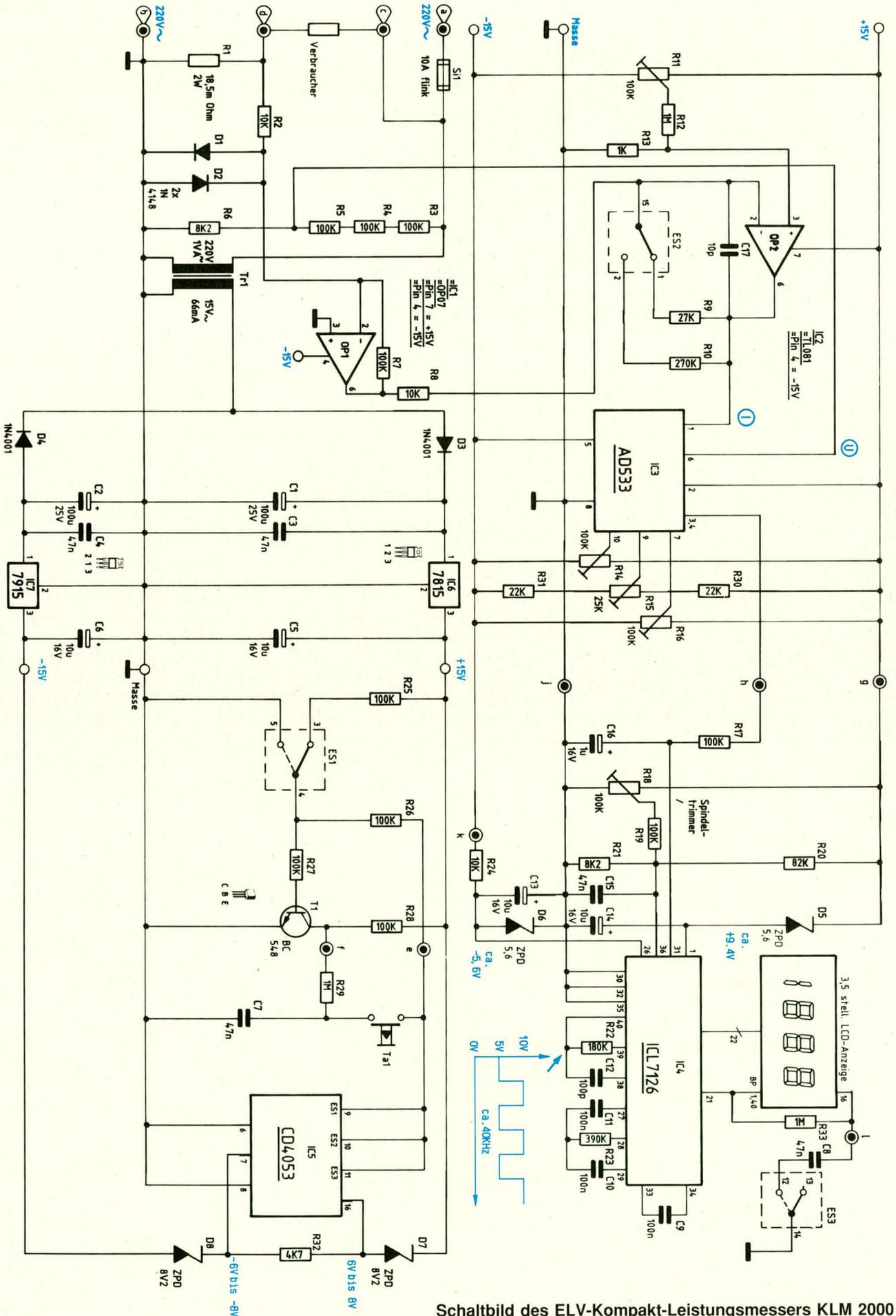
Zunächst werden die beiden Platinen in gewohnter Weise bestückt. Zuerst sind die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente anhand der Bestückungspläne auf die Platinen zu setzen und auf der Leiterbahnseite zu verlöten. Begonnen wird zweckmäßigerweise mit den Brücken, von denen sich sechs auf der Anzeigenplatine und zwei auf der Basisplatine befinden. Ferner ist zu beachten, daß das IC 4 des Typs ICL 7126 unterhalb der LCD-Anzeige angeordnet ist. IC 4 muß daher vor der Anzeige bestückt werden.

Die elektrische Verbindung der beiden Platinen erfolgt über insgesamt sieben flexible isolierte Leitungen mit einer Länge von jeweils ca. 80 mm. Alle auf der Anzeigen- und Basisplatine identisch bezeichneten Punkte sind miteinander zu verbinden, wie dies auch aus dem Schaltbild und den Bestückungsplänen hervorgeht, d. h. der Platinenanschlußpunkt „e“ auf der Anzeigenplatine wird mit dem Platinenanschlußpunkt „e“ auf der Basisplatine verbunden. Gleiches gilt für die Punkte „f, g, h, i, k, l“.

Vier weitere flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² und einer Länge von ebenfalls ca. 80 mm verbinden die Schaltung zum einen mit dem im Gehäuseunterteil angeordneten Schutzkontaktstecker und zum anderen mit der im Gehäuseoberteil befindlichen Schutzkontaktsteckdose. Die beiden spannungsführenden Pole des Steckers werden hierbei an die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ gelegt, während die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ zu den entsprechenden Anschlüssen der Steckdose führen. Der gelb-grüne Schutzleiter mit einem Querschnitt von mindestens 1,5 mm² und einer Länge von 100 mm dient zur direkten Verbindung der Schutzkontaktanschlüsse von Stecker und Steckdose.

Vor dem Einbau ins Gehäuse sollte die Bestückung noch einmal sorgfältig kontrolliert werden.

Die mechanische Verbindung der beiden Platinen untereinander sowie die Befestigung im Gehäuse erfolgt mit zwei Schrauben M 3 x 45 mm und zugehörigen 40 mm langen Abstandshülsen sowie zwei weiteren Schrauben M 3 x 6 mm, wie dies auch aus dem Foto ersichtlich ist. Die



Schaltbild des ELV-Kompakt-Leistungsmessers KLM 2000

beiden kurzen Schrauben befestigen die Basisplatte ungefähr in der Mitte am Gehäuseunterteil. Im Eckbereich werden die beiden Abstandsröllchen zwischen die Platinen gesetzt und von der Bestückungsseite der Anzeigenplatte aus die Schrauben M 3 x 45 mm durch die Anzeigenplatte, die Abstandsröllchen und die Basisplatte gesteckt, um im Gehäuseboden fest verschraubt zu werden. Hierdurch erhält die gesamte Konstruktion den nötigen Halt.

Damit eine Berührung der unter Netzspannung stehenden Schaltung nach Fertigstellung des Gerätes ausgeschlossen ist, muß der für die LCD-Anzeige vorgenommene Ausschnitt sorgfältig mit einer 2 mm Plexiglasscheibe von innen abgedeckt werden. Etwas Zweikomponentenkleber sorgt für den nötigen Halt der Plexiglasscheibe.

Abschließend wollen wir noch besonders darauf hinweisen, daß das Gerät nur dann an die Netzspannung angeschlossen werden darf, wenn es sich im ordnungsgemäß geschlossenen Gehäuse befindet. Dies ist außerordentlich wichtig, da die gesamte Schaltung die volle Netzspannung führt. Die Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

Der Abgleich

Für die Einstellung stehen zwei verschiedene Methoden zur Verfügung. Die zuerst beschriebene ist ohne Hilfsmittel auf einfache Weise durchzuführen, wobei lediglich ein möglichst genau in der Leistungsaufnahme bekannter Verbraucher benötigt wird. Die hierbei auftretende Genauigkeitsreduzierung auf ca. 2 % kann auf typ. 0,5 % gesteigert werden, wendet man den im zweiten Abschnitt beschriebenen Präzisions-Abgleich an. Dieser kann jedoch nur von Profis durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind, mit Netzwechselspannungen umzugehen und die mit den Sicherheits- und VDE-Bestimmungen bestens vertraut sind.

Doch kommen wir zunächst zum Einfach-Abgleich, der auch von Nichtprofis durchgeführt werden kann. Größtmögliche Sorgfalt und die Kenntnis sowie die Einhaltung der entsprechenden Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind auch hier selbstverständlich und im wahrsten Sinne des Wortes lebensnotwendig.

1. Einfach-Abgleich

Nachdem die betriebsfertige Schaltung in ein ordnungsgemäß geschlossenes Gehäuse eingebaut wurde, kann das Gerät über den integrierten Schutzkontaktstek-

ker in eine entsprechende 220 V Netzwechselspannung führende Schutzkontaktsteckdose eingesetzt werden. Auf der Anzeige wird jetzt eine Zahl zwischen „00.0“ und ca. „100.0“ auf dem Display erscheinen (200 W-Bereich).

Bei der Einfach-Abgleichmethode wurden bereits bei der Bestückung der Leiterplatten die Trimmer R 14, R 15 und R 16 nicht eingesetzt und die IC-Anschlußbeinchen 7 bis 10 miteinander verbunden. Für den Abgleich stehen somit lediglich zwei Trimmer zur Verfügung: R 11 für den Nullpunkt und R 18 für den Skalenfaktor.

Da die Einstellungen ohne weitere Hilfsmittel möglich sind, die Schaltung jedoch direkt an der 220 V-Netzwechselspannung liegt, ist für jeden Abgleichschritt, d. h. für jedes Verdrehen eines Trimmers das Gerät aus der Schutzkontaktsteckdose zu ziehen, also von der Netzwechselspannung zu trennen, um anschließend das Gehäuse aufzuschrauben und den entsprechenden Trimmer ein kleines Stückchen zu verdrehen. Im einzelnen geht man wie folgt vor:

Der im Grundzustand ohne angeschlossenen externen Verbraucher angezeigte Wert wird notiert. Der zur Nullpunkteinstellung dienende Trimmer R 11 wird ein kleines Stückchen verstellt, um nach dem erfolgten Zusammenbau das Gerät wiederum ohne extern angeschlossenen Verbraucher in Betrieb zu nehmen. Ist der jetzt angezeigte Wert größer, muß R 11 in die entgegengesetzte Richtung verdreht werden, während bei kleinerem Anzeigewert R 11 ein weiteres Stückchen in dieselbe Richtung zu drehen ist. Auf diese Weise tastet man sich langsam an den Nullpunkt heran, d. h. der auf der Anzeige erscheinende Wert ist zu minimieren. Den exakten Nullpunkt wird man mit dieser Methode nicht erreichen können, so daß bis zu 20 Digit Verschiebung, entsprechend ca. 1 % vom Meßbereichsendwert in Kauf genommen werden muß.

Wer einen größeren Aufwand betreiben möchte, kann durch zusätzlichen Einbau des Trimmers R 15 im Anschluß an den eben beschriebenen Abgleich den exakten Nullpunkt fixieren. Hierzu wird zusätzlich der ursprünglich mit der Schaltungsmasse verbundene Pin 9 des IC 3 wieder freigelegt, so daß er über den Mittelabgriff des Trimmers R 15 gesteuert werden kann. Mit R 15 wird jetzt in gleicher Weise wie bei der Einstellung von R 11 in kleinen Schritten die Anzeige auf „00.0“ gebracht, wobei eine Abweichung von einigen wenigen Digit zulässig ist. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, daß als erster Abgleichschritt mit R 11 die Anzeige zu minimieren ist, bevor die exakte Nullpunkteinstellung mit R 15 erfolgt.

Wie bereits beschrieben kann jedoch,

falls gewünscht, die Einstellung mit R 15 ersatzlos entfallen, wenn auch Pin 9 des IC 3 an der Schaltungsmasse liegt.

Bei der letzten Abgleichmaßnahme handelt es sich um die Einstellung des Skalenfaktors mit dem Trimmer R 18. Hierzu wird ein Verbraucher, dessen Wirkleistungsaufnahme möglichst genau bekannt ist und im Bereich zwischen 100 W und 200 W liegen sollte, an den Kompakt-Leistungsmesser KLM 2000 angeschlossen. Mit R 18 wird jetzt wiederum in kleinen Schritten die Anzeige auf den entsprechenden Wert eingestellt.

Der Abgleich mit einer Genauigkeit von rund 2 % ist damit bereits beendet.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die eben beschriebenen Einstellarbeiten ausschließlich in spannungslosem Zustand vorgenommen werden dürfen, d. h. das Gerät ist von der Netzwechselspannung getrennt.

2. Präzisions-Abgleich

Der im folgenden beschriebene Präzisions-Abgleich, mit dem die Genauigkeit des KLM 2000 zu optimieren ist, darf ausschließlich unter Laborbedingungen von Profis durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind und die sich im Umgang mit 220 V-Netzwechselspannungen bestens auskennen wie auch mit den Sicherheits- und VDE-Bestimmungen.

Zunächst wird das Gerät über einen Trenntransformator mit der Netzwechselspannung verbunden. Die Gehäuseoberhalbchale ist hierbei bereits abgenommen. Alle benutzten Geräte werden über separate eigenständige Transformatoren versorgt. An jeden Trenntransformator darf nur ein einziger Verbraucher angeschlossen sein.

Ohne einen am KLM 2000 angeschlossenen externen Verbraucher wird zunächst die interne Betriebsspannung gemessen. Hierzu wird der negative Meßspannungsanschluß eines Voltmeters mit der Schaltungsmasse des KLM 2000 verbunden (z. B. Pin 2 bzw. die Kühlfahne des IC 6). Mit dem positiven Meßspannungseingang werden jetzt folgende Meßpunkte abgefragt:

1. Pin 1 des IC 6: +18 V bis +25 V
 2. Pin 1 des IC 7: -18 V bis -25 V
 3. Pin 3 des IC 6: +14,5 V bis +15,5 V
 4. Pin 3 des IC 7: -14,5 V bis -15,5 V
 5. Pin 1 des IC 4: +8,5 V bis +10,5 V
 6. Pin 26 des IC 4: -5,1 V bis -6,1 V
 7. Pin 32 des IC 4: 0,0 V
 8. Pin 16 des IC 5: +6,0 V bis 8,0 V
 9. Pin 7 des IC 5: -6,0 V bis -8,0 V
 10. Pin 36 des IC 4: 1,2 V bis +2,4 V
- Sind vorstehende Messungen zur Zu-

friedenheit ausgefallen, werden die Trimmer R 11, R 15, R 16 und R 18 ungefähr in Mittelstellung gebracht.

Für den Präzisions-Abgleich sind selbstverständlich auch die Trimmer R 14, R 15 und R 16 eingebaut und die Anschlußbeinchen Pin 7, 9, 10 des IC 3 liegen nicht auf der Schaltungsmasse, sondern an den entsprechenden Trimmermittelabgriffen. Lediglich Pin 8 führt entsprechend dem Schaltbild und dem Platinenlayout Massepotential. Der Anschluß der entsprechenden Trimmer ist vom Layout bereits vorgesehen, so daß beim Präzisions-Abgleich keine separaten Verdrahtungen im Bereich der Trimmer R 14, R 15 und R 16 durchzuführen sind.

Nun wird die Ausgangsspannung (Pin 6) des OP 2 gemessen. Mit dem Trimmer R 11 erfolgt der Nullabgleich. Die Spannung am Ausgang des OP 2 bzw. am Eingang Pin 1 des IC 3 wird auf 0 V eingestellt (auf maximal 2 mV). Für alle Einstellarbeiten sollte sich die Schaltung mindestens eine halbe Stunde in Betrieb befinden.

Jetzt wird die etwas aufwendigere Einstellung des Analog-Multiplizierers IC 3 des Typs AD 533 vorgenommen.

Am Ausgang des IC 3 (Pin 3, 4) wird der Tastkopf eines Oszilloskops angeschlossen, dessen Abschirmung (Masse) an der Schaltungsmasse des KLM 2000 liegt. Das Oszilloskop wird ebenfalls über einen separaten Trenntrafo versorgt.

Am Multipliziereingang (Pin 6) des IC 3 für die Eingangs-Wechselspannung steht nun volles Signal an, während an Pin 1 ca. 0 V zu verzeichnen ist. Der Trimmer R 14 wird nun so eingestellt, daß sich die verhältnismäßig kleine, mit dem Oszilloskop gemessene Ausgangsspannung möglichst zu 0 ergibt.

Als nächstes wird ein Verbraucher an den KLM 2000 angeschlossen, dessen Leistungsaufnahme zwischen 100 W und 200 W liegen sollte. Es ist besonders darauf zu achten, daß der zur Speisung des KLM 2000 sowie des angeschlossenen Verbrauchers dienende Trenntrafo ausreichend bemessen wurde und nicht in den Überlastbereich gerät.

Zusätzlich wird bei der folgenden Einstellung der Widerstand R 3 an einer Seite ausgelötet. Der Spannungseingang (Pin 6) des IC 3 liegt jetzt ungefähr auf 0 V. Für das Hochlöten von R 3 ist selbstverständlich zuvor die Schaltung außer Betrieb zu nehmen, d. h. von der Versorgungsspannung zu trennen. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, R 6 kurzzuschließen. Dies hat jedoch den Nachteil, daß sich der Innenwiderstand verändert mit der Folge einer leichten Offsetverschiebung und eines damit verbundenen geringen zusätzlichen Fehlers.

Sind alle soweit beschriebenen Maßnahmen durchgeführt, steht an Pin 1 des IC 3 jetzt ein Wechselspannungssignal von einigen Volt an. Mit dem Trimmer R 16 wird ebenfalls die mit dem Oszilloskop gemessene kleine Ausgangswechselspannung möglichst auf 0 eingestellt.

Eine gleichspannungsmäßige Verschiebung während der Einstellung von R 14 und R 16 spielt zunächst keine Rolle. Wichtig ist lediglich, daß sich der Wechselspannungsteil minimiert.

Im folgenden Schritt wird der externe Verbraucher wieder abgekoppelt. Beide Multipliziereingänge des IC 3 (Pin 1 und Pin 6) führen 0 V. Ggf. ist jetzt ein Nachabgleich der Ausgangsspannung (Pin 6) des OP 2 mit Hilfe von R 11 durchzuführen (max. 2 mV).

Nun wird mit dem Trimmer R 15 die Ausgangsspannung (Pin 3, 4) des IC 3 auf 0 V eingestellt (ebenfalls maximal 2 mV).

In wiederum ausgeschaltetem, spannungslosen Zustand des KLM 2000 kann R 3 wieder ordnungsgemäß eingebaut werden.

Die soweit durchgeführten Abgleichschritte sind, beginnend mit R 14 zu wiederholen, da sich die Trimmer R 14 bis R 16 gegenseitig beeinflussen.

Der letzte Abgleichschritt bezieht sich auf die Einstellung des Skalenfaktors mit dem Trimmer R 18.

Es ist ein Verbraucher mit einer genau bekannten Wirkleistungsaufnahme im Bereich zwischen 100 W und 200 W an den KLM 2000 anzuschließen und die Anzeige mit R 18 auf genau diesen Wert einzustellen. Hierzu, wie auch in allen übrigen vorstehend beschriebenen Schritten, befindet sich das Gerät im 200 W-Meßbereich.

Die Wirkleistungsaufnahme eines Verbrauchers läßt sich auf einfache Weise dann ermitteln, wenn es sich um einen rein ohmschen Verbraucher ohne induktiven bzw. kapazitiven Anteil handelt. In diesem Fall sind lediglich der Effektivwert des hindurchfließenden Stromes miteinander zu multiplizieren und die Anzeige auf den errechneten Wert einzustellen. Doch Vorsicht, bei Blindleistungsanteilen können sich hier nahezu beliebig große Meßfehler ergeben, so daß man sorgfältig den Verbraucher auswählen muß. Bei Glühlampen z. B. kann man für den vorliegenden Anwendungsfall mit hinreichender Genauigkeit von einem rein ohmschen Verbrauch ausgehen, so daß sich die Wirkleistung nach der Formel:

$$P = U \times I$$

errechnet. Auch die zu erwartenden Kurvenformverzerrungen sind hierbei vernachlässigbar und die Meßwerte für Strom

Stückliste: Kompakt-Leistungsmesser

Widerstände

18,5 mΩ	..... R 1
(5 cm Widerstandsdraht 0.433Ω/m)	
1 kΩ	..... R 13
4,7 kΩ	..... R 32
8,2 kΩ	..... R 6, R 21
10 kΩ	..... R 2, R 8, R 24
22 kΩ	..... R 39, R 31
27 kΩ	..... R 9
82 kΩ	..... R 20
100 kΩ	..... R 3-R 5, R 7, R 17,
	R 19, R 25-R 28
180 kΩ	..... R 22
270 kΩ	..... R 10
390 kΩ	..... R 23
1 MΩ	..... R 12, R 29, R 33
25 kΩ, Trimmer, stehend	..... R 15
100 kΩ, Trimmer, stehend	..... R 11,
	R 14, R 16
100 kΩ, Spindeltrimmer	..... R 18

Kondensatoren

10 pF	..... C 17
100 pF	..... C 12
47 nF	..... C 3, C 4, C 7, C 8, C 15
100 nF	..... C 9-C 11
1 µF/16 V	..... C 16
10 µF/16 V	..... C 5, C 6, C 13, C 14
100 µF/25 V	..... C 1, C 2

Halbleiter

OP 07	..... IC 1
7815	..... IC 6
7915	..... IC 7
TL 081	..... IC 2
CD 4053	..... IC 5
AD 533	..... IC 3
ICL 7126	..... IC 4
BC 548	..... T 1
ZPD 5,6	..... D 5, D 6
ZPD 8,2 V	..... D 7, D 8
1N4148	..... D 1, D 2
1N4001	..... D 3, D 4

Sonstiges

1 LCD-Anzeige 3,5stellig
1 10 A Sicherung, flink
1 Trafo: prim.: 220 V/1 VA
sek.: 15 V/66 mA
1 Platinensicherungshalter
1 Printtaster
18 Lötstifte
2 Lötösen 3,2 mm
2 Muttern M 3
2 Schrauben M 3 x 6 mm
2 Schrauben M 3 x 45 mm
40 cm isolierter Schaltdraht
40 cm flexible Leitung 1,5 mm
15 cm Silberdraht 0,8 mm
4 Abstandsrollchen 20 cm
1 40 pol IC-Sockel

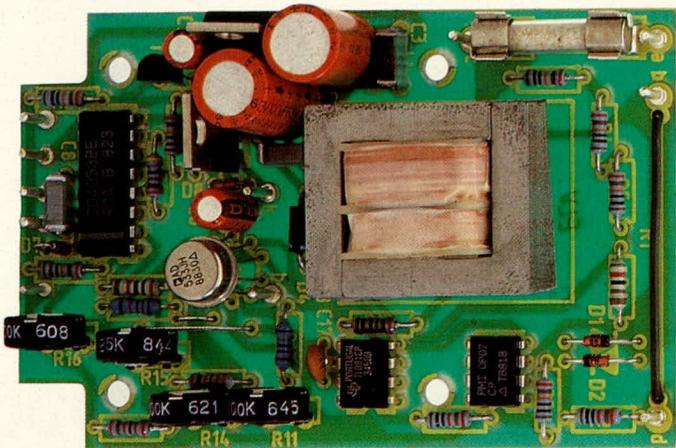
und Spannung können mit einem einfachen, hinreichend genauen Multimeter ausgemessen werden, das noch nicht einmal einen echten Effektivwertgleichrichter besitzen muß (da es sich um reine sinusförmige Spannungen und Ströme handelt). Hinreichend spannungsfest sollte das Multimeter selbstverständlich sein.

Low-Cost-Versionen sind hierfür häufig ungeeignet, nicht zuletzt, da die Genauigkeit im Wechselspannungsbereich teilweise ungenügend ist. Die meisten handelsüblichen Qualitätsmultimeter erfüllen jedoch durchaus den für unseren Anwendungsfall erforderlichen Zweck und der abschließenden Kalibrierung des

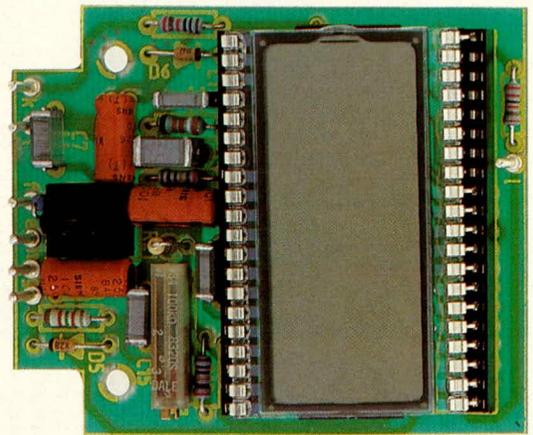
KLM 2000 in Form der Skalenfaktoreinstellung steht nichts im Wege.

Zu guter Letzt wird das Gerät ordnungsgemäß verschraubt, und der KLM 2000 kann seinem Einsatz zugeführt werden.

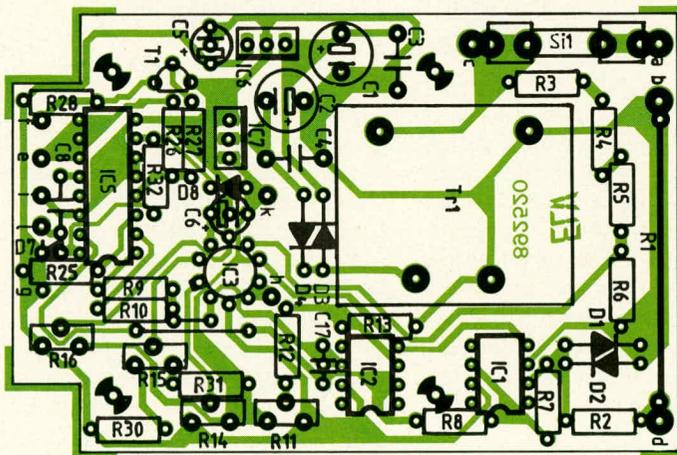
Auf die Einhaltung der Sicherheits- und VDE-Bestimmungen wird ausdrücklich hingewiesen. **ELV**



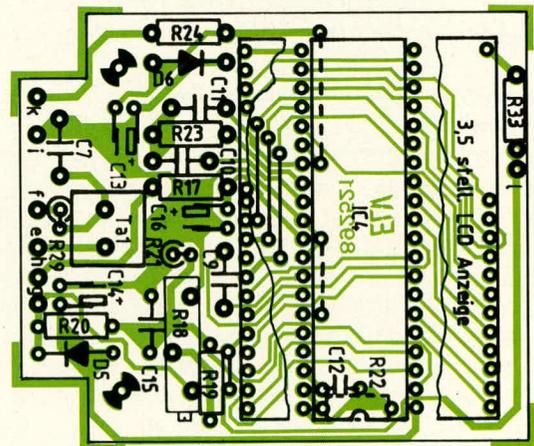
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



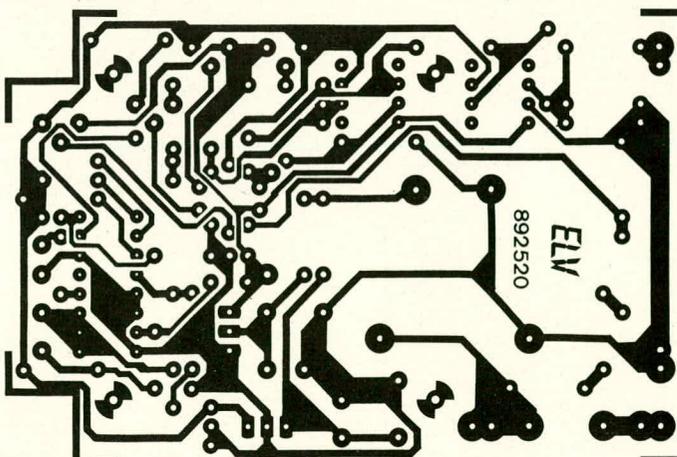
Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



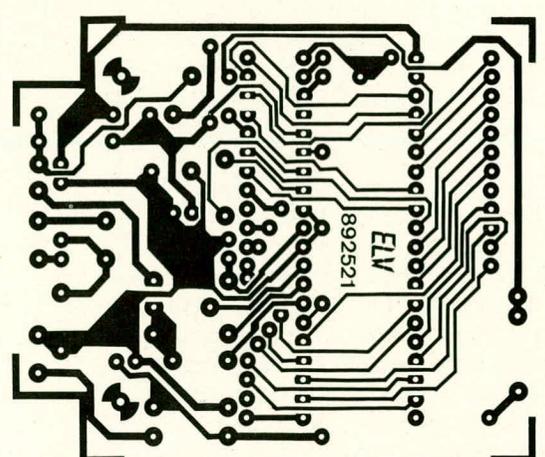
Bestückungsseite der Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Leiterbahnseite der Basisplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers



Leiterbahnseite der Anzeigenplatine des ELV Kompakt-Leistungsmessers