

# Digitaler Energiezähler

*Ähnlich wie ein Haushalts-Energiezähler arbeitet auch dieser von ELV entwickelte elektronische Energiezähler. Der kumulierte Leistungsverbrauch wird auf einem 4-stelligen LC-Display angezeigt und gespeichert.*

*Darüber hinaus bietet das Gerät die Möglichkeit der direkten Verbrauchsanzeige im Bereich von 0 bis 2500 Watt mit einer Auflösung von 1 Watt.*

## Allgemeines

Speziell für die Überwachung des Energieverbrauchs sowie der Leistungsaufnahme von Verbrauchern, die an das 220-V-Netz anzuschließen sind, wurde im ELV-Labor ein digitaler Energiezähler entwickelt, der mit seinen 4 Meßbereichen nahezu alle im Haushaltsbereich vorkommenden Geräte überwachen kann. Die Anzeige erfolgt direkt in kWh, genau wie dies von den Haushalts-Energiezählern bekannt ist. Auf diese Weise läßt sich der tatsächliche Verbrauch von Kühlschränken, Gefriertruhen, Fernsehgeräten, Haus- und Gartenbeleuchtung usw. genauestens ermitteln.

Ein fünfter Meßbereich bietet die Möglichkeit der direkten Anzeige des Momentanwertes in Watt, und zwar im Bereich von 0 bis 2500 W mit einer Auflösung von 1 W, ähnlich wie dies der im ELV journal Nr. 32 vorgestellte „ELV Kompakt-Leistungsmesser“ vornimmt.

Die gesamte Schaltung findet in einem Steckergehäuse mit integrierter Schuko-Steckdose Platz. Durch die kompakte Bauform ist das Gerät leicht in der Handhabung und wird einfach zwischen die Netzsteckdose und den anzuschließenden Verbraucher eingefügt. Die Anzeige erfolgt über ein großes und gut ablesbares 4-stelliges LC-Display.

## Zur Schaltung

Die 220 V Netzwechselspannung, die zur Speisung des zu überwachenden angeschlossenen Verbrauchers sowie der Schaltung dient, liegt an den Schaltungspunkten „a“ und „b“. Der Strom fließt zunächst über die Sicherung Si 1, dann durch den Verbraucher und anschließend über die Shunt-Widerstände R 1, R 2 zum Schaltungspunkt „b“ ab.

Zur Leistungsmessung muß der Momentanwert des Stromes, der durch den Verbraucher hindurchfließt, mit dem Momentanwert der Spannung, die an dem Verbraucher abfällt, multipliziert werden.

In unserer Schaltung wird die Multiplikation mit dem integrierten Analog-Multiplizierer IC 4 des Typs ICL 8013 vorgenommen.

Die am zu überwachenden Verbraucher

abfallende Spannung wird über die Vorwiderstände R 4 bis R 7 heruntergeteilt und auf den ersten Multiplikationseingang (Pin 6) des IC 4 gegeben.

Der durch den Verbraucher hindurchfließende Strom erzeugt an den Shunt-Widerständen R 1, R 2 einen direkt proportionalen, wenn auch sehr kleinen Spannungsabfall, der über R 3 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des OP 1 gegeben wird. OP 1 ist mit seiner Zusatzbeschaltung als 10-fach-Verstärker eingesetzt, so daß an seinem Ausgang (Pin 1) eine hinreichend große, dem Strom proportionale Spannung zur Verfügung steht. Diese wird auf den zweiten Multiplikationseingang (Pin 1) des IC 4 gegeben.

In dem Analog-Multiplizierer des Typs ICL 8013 werden die an Pin 1 und 6 anstehenden Momentanwerte miteinander multipliziert und das Produkt an Pin 4 (IC 4) ebenfalls als Spannung ausgegeben.

Die Trimmer R 14 bis R 16 dienen der Offsetkompensation, auf die wir später noch näher eingehen.

Der dem Ausgang des IC 4 nachgeschaltete Tiefpaß nimmt eine Glättung vor. Über R 18 gelangt die so aufbereitete Spannung, die der aufbereiteten Leistung des angeschlossenen Verbrauchers direkt proportional ist, auf den Spannungs/Frequenzumsetzer.

Dieser Schaltungsteil, dessen Eingang der invertierende (-) Eingang (Pin 6) des OP 2 darstellt, ist mit OP 2, IC 5 sowie deren Zusatzbeschaltung aufgebaut. An Pin 3 des IC 5 steht eine Frequenz im Bereich zwischen 0 und ca. 10 kHz an, die der Eingangsspannung proportional ist und damit gleichzeitig auch der Leistungsaufnahme des angeschlossenen Verbrauchers entspricht. Mit R 23 wird der Skalenfaktor eingestellt. Bei einer Leistung von 2500 W beträgt die Ausgangsfrequenz 10000 Hz, entsprechend einer Leistung von 100 W und 400 Hz.

Um auf 1 Hz pro Watt zu kommen, muß diese Frequenz durch 4 geteilt werden. Da der Leistungsverbrauch jeweils auf eine Stunde bezogen wird, muß eine weitere Teilung durch 3600 (1 h = 3600 s) vorgenommen werden. Dies erfolgt im IC 6 des Typs CD 4020, das eine Teilung



durch 14400 ( $4 \times 3600 = 14400$ ) vornimmt.

Am Ausgang (Pin 11) des IC 6 steht pro Watt Aufnahmeleistung (des angeschlossenen Verbrauchers) 1 Impuls pro Stunde zur Verfügung. Bei 2500 Watt, also 2500 Impulse je Stunde.

Befindet sich der Drehschalter S 1 in Stellung „3“, gelangen diese Impulse auf den Zählereingang (Pin 9 des IC 15) und erhöhen somit pro Watt und Stunde den Zählerstand jeweils um 1, und zwar fortlaufend. Beträgt die Leistungsaufnahme zum Beispiel 1000 W, so erhöht sich der Zählerstand innerhalb einer Stunde um 1000 Digit, das heißt also, alle 3,6 Sekunden um 1 Digit. Nach 2 Stunden zeigt der Zählerstand bereits 2000 Digits usw.

Damit der insgesamt 4-stellige Digitalzähler bei höheren Leistungsaufnahmen nicht bereits nach wenigen Stunden seinen Endstand (10000 Digit) erreicht hat, stehen 3 weitere Meßbereiche zur Verfügung. Mit dem IC 7 des Typs CD 4040 wird in der Schalterstellung „4“ eine Teilung durch 10, in der Schalterstellung „5“ eine Teilung durch 100 und in der Schalterstellung „6“ eine Teilung durch 1000 vorgenommen, wodurch sich gleichzeitig über die Dezimalpunktsteuerung (S 1b) mit den Gattern N 1 bis N 3 eine Verschiebung des Dezimalpunktes ergibt.

In dem größten Meßbereich (Schalterstellung „6“) wird bei einer Leistungsaufnahme von 1000 W der Zählerstand pro Stunde um 1 Digit erhöht, d. h. erst nach 10000 Stunden (mehr als 1 Jahr) ist der Zählerendstand erreicht. Auf diese Weise kann selbst bei verhältnismäßig großen Verbrauchern die Registrierung über einen längeren Zeitraum erfolgen.

Bevor ein Überwachungszeitraum (Zählvorgang) beginnt, wird der Wahlschalter zunächst in Stellung „2“ (Reset) gebracht, um den Zähler definiert auf „0000“ zu setzen. Nach Verlassen der Schalterstellung „2“ bleibt die Reset-Funktion für ca. 1 Sekunde erhalten, bevor der eigentliche Zählvorgang beginnt.

Während eines Meßvorganges, auch wenn dieser einen längeren Zeitraum in Anspruch nimmt, sollte der Schalter nicht betätigt werden, da hierdurch das Meß-

ergebnis verfälscht wird. Vor einem Meßbereichswechsel ist er ein jedesmal wieder in Stellung „2“ zu bringen.

Mit einem zusätzlichen Meßbereich (Schalterstellung „1“) kann außerdem die aktuelle Leistungsaufnahme eines angeschlossenen Verbrauchers auf der Digitalanzeige abgelesen werden.

Hierzu wird eine Ausgangsfrequenz des IC 5 (Pin 3) direkt über S 1a auf den Zählengang (Pin 9 des IC 15) gegeben. Gleichzeitig wird über S 1b die Ablaufsteuerung freigegeben, die mit IC 13 und IC 16 realisiert wird. IC 13 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung einen Quarzoszillator/Teiler dar, an dessen Ausgängen Pin 2 und Pin 3 Rechtecksignale mit einer Puls/Pausen-Zeit von 0,125 s bzw. 0,25 s bereitstehen. Mit den Gattern N 5 bis N 8 werden daraus die Torzeit sowie die Speicher- und Reset-Impulse für den dann als Frequenzzähler arbeitenden 4-stelligen Dezimalzähler (IC 14 und IC 15) gewonnen.

Aufgrund der Torzeit von 0,25 s wird automatisch eine Teilung der Ausgangsfrequenz des IC 5 durch 4 vorgenommen. Von 10 000 Impulsen pro Sekunde (10 000 Hz) gelangen in 0,25 s lediglich 2 500 Impulse auf den Eingang (Pin 9 des IC 15). Dies entspricht bei einer Leistung von 1 000 W ( $4000 \text{ Hz} \times 0,25 \text{ s} = 1000$ ) eine Anzeige von „1000“. Die Meßfolgeschwindigkeit beträgt 2 Messungen pro Sekunde.

Die Stromversorgung der Elektronik erfolgt ohne Transformator direkt aus dem 200 V-Wechselspannungsnetz. Über den zur Strombegrenzung dienenden entsprechend spannungsfesten Folienkondensator C 1 gelangt die Netzwechselspannung auf die Gleichrichterdiode D 3 und D 6. R 8, R 9 dienen lediglich zur Reduzierung der Stromspitzen im Einschaltmoment.

D 4 und D 5 nehmen eine erste Stabilisierung vor. C 2 und C 5 dienen der Pufferung.

Mit dem Festspannungsregler IC 2 wird die positive und mit IC 3 die negative Versorgungsspannung auf +15 V bzw. -15 V stabilisiert.

D 3 und D 6 brauchen nicht die volle Wechselspannung verarbeiten zu können, da jeweils eine der beiden Dioden leitend ist und an der gesperrten Diode maximal 40 bis 45 V abfallen können (aufgrund der Spannungsbegrenzung von D 4 und D 5).

Durch das Fehlen eines Trenntrafos ist zu beachten, daß die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher Netzwechselspannung steht. Der Betrieb darf daher ausschließlich erfolgen, wenn sich die Schaltung in einem entsprechend berührungssicheren geschlossenen Gehäuse befindet.

## Zum Nachbau

Die Schaltung wird auf insgesamt 3 Leiterplatten aufgebaut, deren Layout so konzipiert ist, daß die bestückten Platinen in ein Stecker-Steckdosen-Gehäuse eingebaut werden können.

Zunächst werden die Platinen in gewohnter Weise bestückt. Erst werden die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente eingesetzt und verlötet, wobei zu beachten ist, daß die ICs 9 bis 12 unter der LCD-Anzeige angeordnet sind. Die Anzeige wird daher als letztes Bauelement mit der Platine verlötet.

Die auf den drei Platinen mit identischen Bezeichnungen versehenen Punkte sind jeweils mit flexiblen isolierten Leitungen untereinander zu verbinden, wie dies auch aus dem Schaltbild und den Bestückungsplänen hervorgeht („e“ mit „e“ bis „p“ mit „p“). Eine Besonderheit bilden die Punkte „n“ und „o“, die insgesamt dreimal vorhanden sind, d. h. daß von der größten Platine (Basisplatine) je eine Verbindung der Punkte „n“ und „o“ zu den entsprechenden Punkten der beiden anderen Platinen zu ziehen ist. Der Querschnitt der hierfür verwendeten flexiblen isolierten Zuleitungen spielt eine untergeordnete Rolle und ist mit 0,25 mm<sup>2</sup> vollkommen ausreichend.

Die Verbindung der Platinenanschlüßpunkte „a, b, c, d“ mit dem Stecker und der Steckdose sowie die Verbindung des Schutzleiters erfolgt mit möglichst kurzen isolierten, flexiblen Zuleitungen, die einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm<sup>2</sup> aufweisen müssen (aufgrund des Maximalstromes von 10 A).

Die beiden Pole des im Gehäuseunterteil integrierten Schuko-Steckers werden mit den Platinenanschlußpunkten „a“ und „b“ verbunden, während die beiden Pole der im Gehäuseoberteil integrierten Schuko-Steckdose an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ anzuschließen sind. Der gelb-grüne Schutzleiter wird direkt zwischen den Schutzkontaktanschlüssen von Stecker und Steckdose angeschlossen.

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

Die mechanische Verbindung von Basis- und Schalterplatine sowie die Befestigung im Gehäuse erfolgt mit 2 Schrauben M 3 x 40 mm sowie 4 Abstandshülsen.

Die beiden Schrauben werden von der Bestückungsseite aus durch die Schalterplatine gesteckt. Anschließend schiebt man 2 Abstandshülsen mit einer Länge von 13 mm darüber (15 mm Hülsen auf 13 mm kürzen). Es folgen zwei 20 mm lange Abstandshülsen und zum Abschluß die Basisplatine. Hierbei hält man die Platinen zweckmäßigerweise nach unten weisend fest, um zuletzt das Gehäuseunterteil von oben aufzusetzen und die beiden Schrauben festzuziehen. Der Abstand beider Platinen zueinander beträgt somit 33 mm.

Danach wird die Anzeigenplatine mit 1 Schraube M 3 x 20 mm, 1 Mutter M 3 sowie einer 12 mm langen Abstandshülse (15 mm auf 12 mm kürzen) mit der Schalterplatine verbunden.

Damit eine Berührung der unter Netzspannung stehenden Schaltung nach der Fertigstellung des Gerätes ausgeschlossen ist, muß der für die LCD-Anzeige vorge-

nommene Ausschnitt sorgfältig mit einer 2 mm starken Plexiglasscheibe von innen abgedeckt werden.

Abschließend wollen wir noch besonders ausdrücklich darauf hinweisen, daß bei anliegender Netzspannung am geöffneten Gerät auf gar keinen Fall Untersuchungen vorgenommen werden dürfen.

Es ist daher erforderlich, sowohl bei Einstellarbeiten als auch bei einer evt. Fehlersuche bzw. Überprüfung, die Schaltung unbedingt vom Netz zu trennen. Die Versorgung wird dann entweder von einer 25 V-Wechselspannung oder von zwei 18 V-Gleichspannungen vorgenommen.

Der einzige Schaltungsteil, der bei dieser Methode nicht im Detail überprüft werden kann, ist der Gleichrichterteil, bestehend aus R 8, R 9, C 1 sowie D 3 bis D 6.

Das Gerät darf ausschließlich von Profis nachgebaut werden, die mit den entsprechenden Sicherheitsbestimmungen hinreichend vertraut sind. Die Netzspannung darf nur angeschlossen werden, wenn sich das Gerät im geschlossenen, berührungssicheren Gehäuse, ohne zusätzlich angeklebte Meßgeräte befindet. Dies ist außerordentlich wichtig, da die gesamte Schaltung die volle Netzspannung führt.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

## Kalibrierung

Die Einstellung (Kalibrierung) ist mit einfachen Mitteln durchführbar, da sie sich lediglich auf die Nullpunkt- und Skalenfaktoreinstellung beschränkt.

Zunächst wird die Schaltung mit der erforderlichen Versorgungsspannung beaufschlagt.

Soll sie mit einer 25 V-Wechselspannung betrieben werden, so wird zunächst C 1 ausgelötet. Am Verbindungspunkt von C 1, D 3, D 6 wird ein 150  $\Omega$  Vorwiderstand angelötet und die Wechselspannung daran angeschlossen. Der zweite Einspeisungspunkt ist der Platinenanschlußpunkt „b“ (Schaltungsmasse). Am Ausgang der ICs 2 und 3 kann jetzt auf Schaltungsmasse bezogen eine Spannung von +15 V sowie -15 V gemessen werden. Die Abweichung darf  $\pm 0,6 \text{ V}$  betragen. Zu Kontrollzwecken überprüft man, ob die Versorgungsspannung auch an den übrigen ICs ansteht, wobei zu berücksichtigen ist, daß die ICs 5 bis 16 lediglich +15 V und Masse erhalten (nicht -15 V).

Stehen zwei Gleichspannungsnetzteile bzw. 1 Doppelnetzteil zur Verfügung, braucht C 1 nicht ausgebaut zu werden und die Einspeisung von +17 V bis +18 V erfolgt am +Anschluß von C 2 sowie die Einspeisung von -17 bis -18 V am -Anschluß von C 5. Der dritte Netzteilanschlußpunkt ist jeweils die Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“). Eine höhere Spannung könnte D 4 bzw. D 5 zerstören, während eine niedrigere Spannung nicht zum Betrieb der ICs 2 und 3 ausreicht.



Die Stromaufnahme im positiven Versorgungsspannungszweig beträgt 20 mA bis 30 mA und im negativen Versorgungsspannungszweig 10 bis 20 mA.

Da im vorliegenden Fall die Schaltung unbedingt vom 220 V Netz getrennt sein muß und daher auch kein Verbraucher angeschlossen werden kann, liegt sowohl der Spannungs-Multipliziereingang (Pin 6 des IC 4) über R 7 als auch der Strom-Multipliziereingang (Pin 1 des IC 4) über OP 1 (Pin 1) auf 0 V. Der Eingang des OP 1 liegt seinerseits wieder über R 3 sowie R 1/R 2 auf Schaltungsmasse (0 V).

Zunächst wird die Offsetspannung des OP 1 mit R 13 eingestellt. Der Minusanschluß eines Voltmeters ist hierzu mit der Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“) und der Pluspol mit Pin 1 des OP 1 zu verbinden. Mit R 13 wird die gemessene Spannung auf 0 V gebracht (max. 1 mV).

Nun kann die Offsetspannung des IC 4 kompensiert werden. Der Pluspol des Voltmeters wird jetzt an den Ausgang (Pin 4) des IC 4 angeschlossen. Mit R 15 wird die Spannung auf 0 V eingestellt (max. 1 mV).

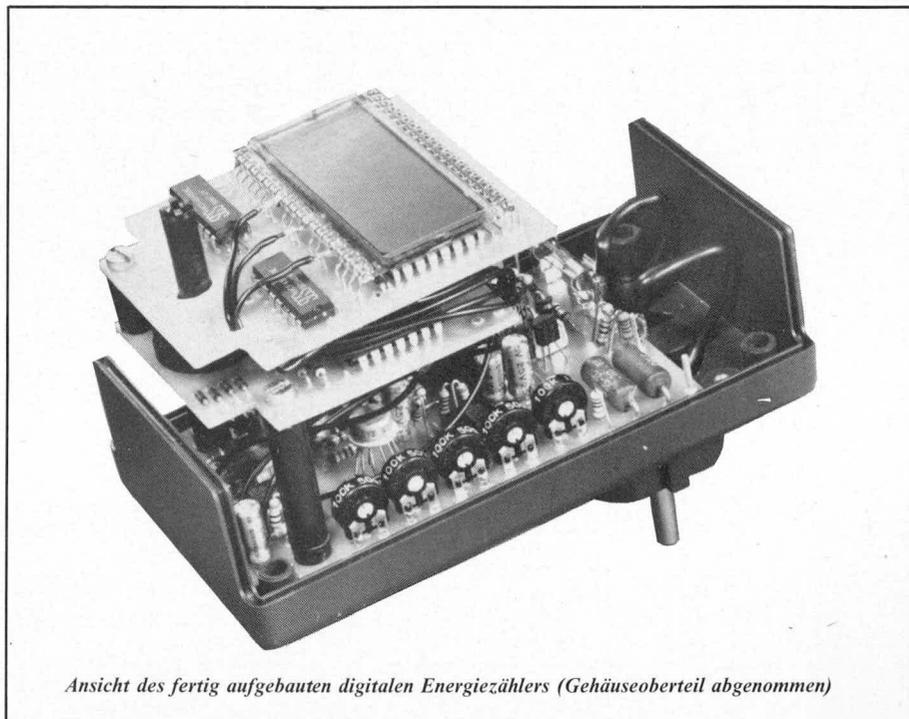
Als nächstes wird eine 50 Hz bis 100 Hz Sinus-Wechselspannung von  $\pm 5$  bis  $\pm 7$  V (Effektivwert entsprechend maximal  $20 V_{ss}$ ) über einen 100 k $\Omega$  Vorwiderstand an Pin 2 des OP 1 eingespeist. Der Bezugspunkt (2. Anschlußpunkt) ist die Schaltungsmasse (Platinenanschlußpunkt „b“). Diese Spannung erscheint jetzt in gleicher Größe, jedoch phasenverschoben am Ausgang (Pin 1) des OP 1 und damit am zweiten Multipliziereingang (Pin 1) des IC 4. Mit dem Trimmer R 16 wird jetzt die Ausgangsspannung des IC 4 (Pin 4) auf Minimum abgeglichen. Hierzu dient entweder ein hinreichend empfindliches AC-Voltmeter oder aber ein Oszilloskop. Nach erfolgter Einstellung von R 16 wird die Einspeisung an Pin 2 des OP 1 wieder entfernt.

Anschließend wird die gleiche Wechselspannung ohne Vorwiderstand direkt an Pin 6 (erster Multipliziereingang) des IC 4 angeschlossen (wieder auf Schaltungsmasse bezogen). Nun wird R 14 so eingestellt, daß am Ausgang des IC 4 die Spannung möglichst klein wird.

Zuletzt ist nochmals der Nullpunkt mit R 15, falls erforderlich, nachzukalibrieren (Ausgangsspannung maximal 1 mV).

Da sich die Einstellungen der drei Trimmer R 14 bis R 16 gegenseitig geringfügig beeinflussen, empfiehlt es sich, vorstehend beschriebenen Abgleich einige Male zu wiederholen, bis sich ein Optimum, d. h. möglichst kleine Ausgangsspannungen, ergeben.

Sind die Einstellungen zur Zufriedenheit abgeschlossen, wird anschließend die Offsetspannung des Spannungs-Frequenzumsetzers vorgenommen. Hierzu wird die Ausgangsspannung (Pin 7) des OP 2 gemessen und R 21 so eingestellt, daß der Ausgang des OP 2 gerade eben von ca. +14 V auf ca. -0,6 V wechselt und dort bleibt. Auch nach 10 Minuten darf kein



*Ansicht des fertig aufgebauten digitalen Energiezählers (Gehäuseoberteil abgenommen)*

Impuls auftreten. Man kann auch R 21 zunächst an den oberen Anschlag bringen (entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht), wobei dann OP 2 mit einer sehr niedrigen Frequenz schwingt. Durch langsames Verdrehen von R 21 wird die Frequenz des OP 2 immer niedriger werden (kleiner als 1 Hz) und schließlich ganz abreißen. Genau dies ist der korrekte Einstellpunkt. Würde R 21 noch weiter gedreht, ergäbe dies einen Meßfehler, da der Spannungs-Frequenzumsetzer nicht bereits bei wenigen mV Eingangsspannung zu arbeiten beginnt, sondern erst bei 10 mV oder 20 mV. Pro 10 mV Eingangsspannungsfehler ergibt sich ein Meßfehler von zusätzlich 0,1 %.

Den letzten Kalibrierschritt stellt die Einstellung des Skalenfaktors mit dem Spindeltrimmer R 23 dar.

Dies ist recht einfach, da mit dem 4-Quadranten-Multiplizierer nicht nur Wechselspannungen verarbeitet werden können, sondern genauso Gleichspannungen und Gleichströme. Der Abgleich kann daher mit einer Gleichspannung und einem Gleichstrom erfolgen. Hierzu geht man wie folgt vor:

An die beiden parallel geschalteten Referenzwiderstände R 1/R 2 wird ein weiteres Netzgerät angeschlossen, das auf einen Strom von 2 bis 10 A einzustellen ist.

An die Reihenschaltung, bestehend aus R 4 bis R 7, wird eine Gleichspannung von 190 bis 200 V angelegt. Steht eine entsprechend große Gleichspannung nicht zur Verfügung, sind auch kleinere Werte von z. B. 50 V ausreichend, wobei man sich dann jedoch nicht mehr im Meßbereichsendwert des Leistungsmessers befindet. Hierdurch verringert sich die maximal erreichbare Genauigkeit allerdings nur geringfügig. Man muß allerdings beachten, daß ein Fehler von  $\pm 1$  Digit um so größer wird, je weiter man sich vom Meßbereichsendwert entfernt.

Die Polarität des fließenden Stromes sowie der angelegten Spannung sollte in beiden Fällen gleich sein, d. h. in beiden Fällen positiv oder negativ, damit die Ausgangsspannung (Pin 4) des IC 4 in jedem Fall negativ wird.

Jetzt kann rechnerisch nach der Formel  $P = U \times I$  der Leistungswert ermittelt werden, der auf der LCD-Anzeige im Meßbereich „1“ erscheinen mußte.

Bei einem fließenden Strom von z. B. 5 A und einer angelegten Spannung von z. B. 200 V beträgt der korrekte Leistungswert 1000 W.

Auf diesen Wert ist die LCD-Anzeige mit Hilfe des zur Skalenfaktoreinstellung dienenden Spindeltrimmers R 23 einzustellen (Meßbereich 1).

Grundsätzlich kann die Kalibrierung auch auf andere Weise vorgenommen werden, indem ein rein ohmscher Verbraucher (z. B. Glühlampe) angeschlossen wird, dessen Stromaufnahme mit der anliegenden Spannung multipliziert wird. Anschließend wird mit R 23 die Anzeige auf diesen Wert eingestellt. Hierbei ist zu beachten, daß R 23 in kleinen Schritten zu verdrehen ist, wobei vorher jeweils das Gerät vom Netz getrennt werden muß.

Damit ist die Kalibrierung dieses hochwertigen und besonders nützlichen Gerätes bereits beendet. Alle übrigen Meßbereiche stimmen aufgrund der quartzgenauen Ablaufsteuerung automatisch.

Reicht der Einstellbereich des Trimmers R 23 nicht aus, kann der Widerstand R 22 im Bereich von 4,7 k $\Omega$  bis 15 k $\Omega$  variiert werden.

Die Inbetriebnahme des Gerätes darf ausschließlich in geschlossenem und berührungssicheren Gehäuse erfolgen, da die gesamte Schaltung unter lebensgefährlicher Netzwechselspannung steht.

Die VDE-Bestimmungen sind zu beachten.

**Stückliste:  
Digitaler Energiezähler**

**Halbleiter**

IC 1 .....	TL 082
IC 2 .....	78 L 15
IC 3 .....	79 L 15
IC 4 .....	ICL 8013
IC 5 .....	RC 4152
IC 6 .....	CD 4020
IC 7 .....	CD 4040
IC 8 .....	CD 4070
IC 9-IC 12 .....	CD 4056
IC 13 .....	CD 4060
IC 14, IC 15 .....	CD 4518
IC 16 .....	CD 4001
D 1, D 2, D 7-D 27 .....	1 N 4148
D 3, D 6 .....	1 N 4001
D 4, D 5 .....	ZD 20

**Kondensatoren**

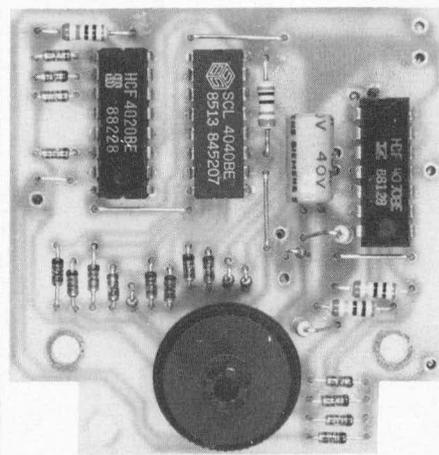
C 1 .....	1 $\mu$ F/630 V
C 2, C 5 .....	100 $\mu$ F/25 V
C 3, C 6 .....	47 nF
C 4, C 7, C 8, C 17 .....	10 $\mu$ F/16 V
C 9 .....	4,7 nF
C 10 .....	2,2 nF
C 11, C 15 .....	1 $\mu$ F/16 V
C 12 .....	47 pF
C 13, C 14 .....	15 pF
C 16 .....	1 nF

**Widerstände**

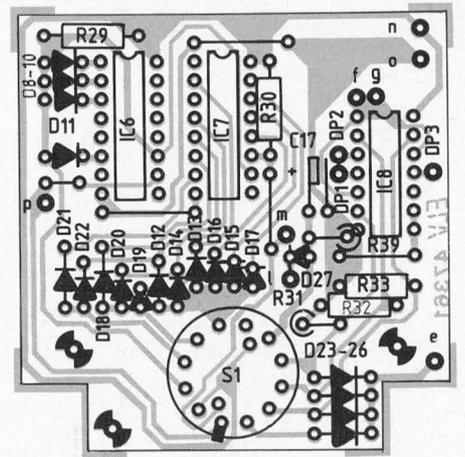
R 1, R 2 .....	0,1 $\Omega$ , 4 W, 0,5 %
R 3, R 17, R 27 .....	10 k $\Omega$
R 4-R 6, R 10, R 18 .....	100 k $\Omega$
R 7 .....	8,2 k $\Omega$
R 8, R 9 .....	68 $\Omega$
R 11, R 19 .....	1 k $\Omega$
R 12, R 20, R 39 .....	1 M $\Omega$
R 13-R 16,	
R 21 ..	100 k $\Omega$ , Trimmer, stehend
R 22 .....	8,2 k $\Omega$
R 23 .....	10 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R 24 .....	100 $\Omega$
R 25 .....	6,8 k $\Omega$
R 26 .....	5,6 k $\Omega$
R 28 .....	22 k $\Omega$
R 29, R 30 .....	47 k $\Omega$
R 31-R 34, R 37, R 38 .....	100 k $\Omega$
R 35 .....	3,3 k $\Omega$
R 36 .....	20 M $\Omega$

**Sonstiges**

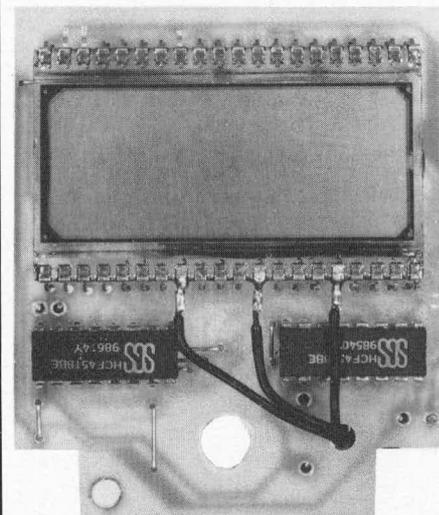
- S 1 .... Präzisionsdreh­schalter 6.2
- 2 Schrauben M 3 x 40
- 1 Schraube M 3 x 20
- 1 Mutter M 3
- 2 Abstands­röllchen 20 mm
- 3 Abstands­röllchen 15 mm
- 1 Platinensicherungs­halter
- 1 10 A Sicherung
- 4 Lötstifte
- 25 cm Silberdraht
- 200 cm isolierter Schalt­draht
- 1 4stellige LCD-Anzeige
- 1 Quarz 32,768 kHz



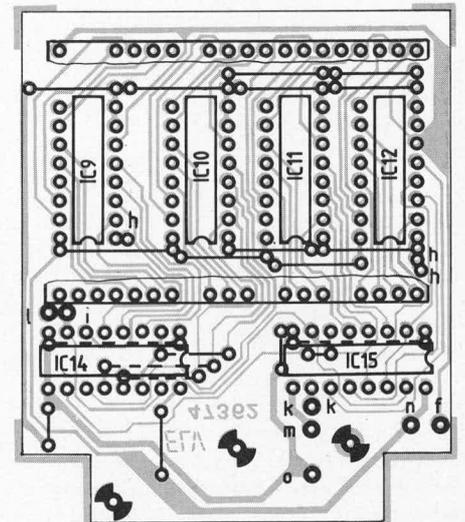
Ansicht der Schalterplatine des digitalen Energiezählers



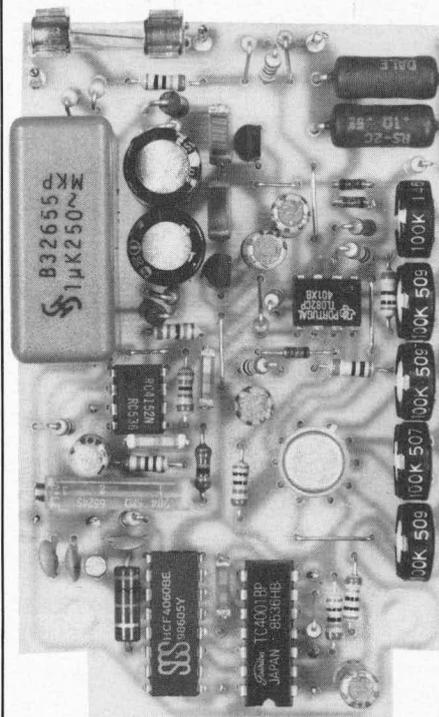
Bestückungsplan der Schalterplatine des digitalen Energiezählers



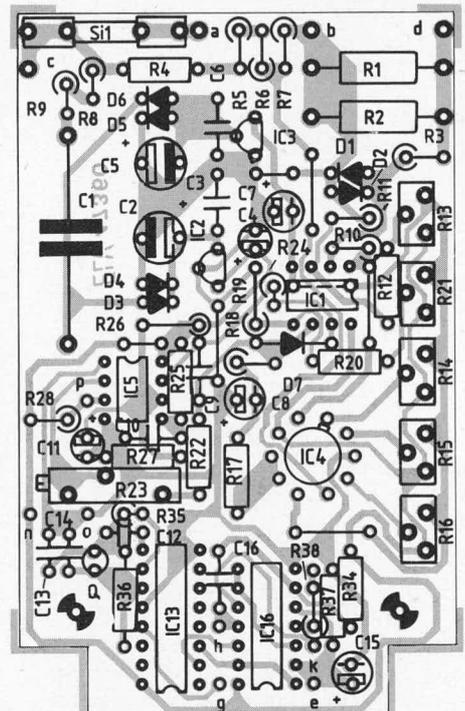
Ansicht der Anzeigenplatine des digitalen Energiezählers



Bestückungsplan der Anzeigenplatine des digitalen Energiezählers



Ansicht der Basisplatine des digitalen Energiezählers



Bestückungsplan der Basisplatine des digitalen Energiezählers