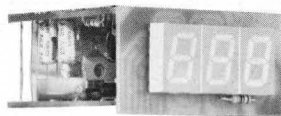


# ELV-Serie Kfz-Elektronik

## Digitaler Kfz-Stromzähler



*Ähnlich einem Energiezähler im Haushalt, so registriert dieser digitale Kfz-Stromzähler den Stromhaushalt des Kfz-Akkus. Dadurch kann jederzeit auf einer 3stelligen Digitalanzeige abgelesen werden, welche Strommenge dem Kfz-Akku entnommen wurde, wobei der von der Lichtmaschine wieder nachgeladene Strom, einschließlich eines Lade-Korrekturfaktors berücksichtigt wurde. Die Schaltung ist ebenfalls für Campingfahrzeuge usw. gut geeignet, da auch hier die Anzeige, der dem Akku entnommenen Amperestunden (Ah) von Bedeutung ist.*

### Allgemeines

Ein Stromzähler ist nicht zu verwechseln mit einem Strommesser bzw. einem Amperemeter. Zwar messen beide Gerätearten den fließenden Strom, jedoch erfolgt die Auswertung grundlegend anders.

Bei einem Strommesser (Amperemeter) wird der Augenblickswert (Momentanwert) des zum Meßzeitpunkt fließenden Stromes angezeigt. Entsprechende Messungen können zum Beispiel auch mit Multimetern in bekannter Weise durchgeführt werden.

Beim Stromzähler, wie er in dem hier vorliegenden Artikel beschrieben wird, ist die Ausgangsgröße gleichfalls der fließende Strom. Dieser wird jedoch nicht direkt angezeigt, sondern mit der Zeit multipliziert und aufsummiert. Auf diese Weise hat man jederzeit einen guten Überblick bezüglich des Stromhaushaltes (Ladezustand) des Kfz-Akkus.

Man weiß also jederzeit, wieweit ein Akku entladen bzw. wieder nachgeladen wurde.

In der Praxis sieht dies wie folgt aus: Die Kapazität, gemessen in Amperestunden (Ah) eines Kfz-Akkus ist bekannt. Sie ist auf dem Typenschild eines jeden Akkus aufgedruckt und liegt je nach Typ zwischen 35 Ah und 88 Ah.

Nach Einbau des ELV-Stromzählers wird dieser durch Verbinden der beiden Reset-Kontakte auf „00.0“ gesetzt, wobei der im Kfz vorhandene Akku voll aufgeladen sein sollte (ggf. über ein externes Ladegerät).

Von dieser „Startposition“ ausgehend registriert der ELV-Stromzähler die Strommenge, die dem Akku entnommen wird, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Strommenge, die von der Lichtmaschine nachgeladen wird.

Sind beispielsweise bei stehendem Motor die Scheinwerfer, deren Stromaufnahme

ca. 10 A beträgt, für 2 Stunden eingeschaltet, entspricht dies einer Strommenge von  $2 \text{ h} \times 10 \text{ A} = 20 \text{ Ah}$ , d. h. die Anzeige des ELV-Stromzählers erhöht sich innerhalb dieser 2 Stunden von 0 langsam auf 20,0 (Ah).

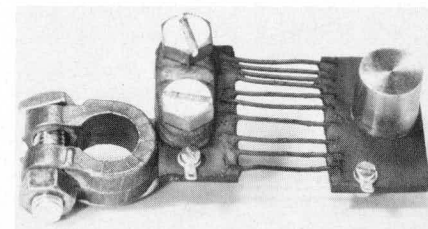
Wird am Abend das Parklicht eingeschaltet (Stromaufnahme ca. 1,2 A), so erhöht sich die Anzeige pro Stunde um 1,2 Ah, d. h. 12 Digit pro Stunde. Nach 10stündiger Einschaltedauer wird somit die Anzeige den Stand von 20,0 Ah + 12,0 Ah = 32,0 Ah erreicht haben.

Springt das Fahrzeug nun am nächsten Morgen nicht sofort an und der Anlasser wird bis zum erfolgreichen Starten 1 Minute lang betätigt (bei einer Stromentnahme von z. B. 300 A), so entspricht dies einer zusätzlichen Stromentnahme von  $300 \text{ A} \times 1/60 \text{ h} = 5 \text{ Ah}$ , d. h. die Anzeige des Stromzählers zeigt nun 37,0 Ah.

Die Erhöhung der Anzeige erfolgt selbstverständlich kontinuierlich in 0,1 Ah-Schritten, wobei die Geschwindigkeit der Anzeigenerhöhung der fließenden Stromstärke direkt proportional ist.

Läuft nun der Motor mit einer Mindestdrehzahl, die ein Nachladen des Akkus durch die Lichtmaschine ermöglicht, so verringert sich der auf der Anzeige des ELV-Stromzählers angezeigte Wert laufend. Zu Beginn des Ladevorganges ist der von der Lichtmaschine zur Verfügung gestellte Strom im allgemeinen etwas höher (z. B. 20 bis 30 A), da die Akku-Spannung etwas abgesunken ist. Nach einigen Minuten sinkt der Ladestrom auf Werte von mehreren Ampere.

Je nach Dauer des Ladevorganges geht die Anzeige des Stromzählers mehr oder weniger weit in Richtung „0“ zurück, um bei erneuter Stromentnahme wieder auf größere Werte anzusteigen.



Beim Erreichen einer Anzeige von „00.0“ kann dieser Wert nicht weiter unterschritten werden, auch wenn dem Kfz-Akku weiterhin Ladestrom angeboten wird. Dies entspricht den tatsächlichen Gegebenheiten, da eine Überladung keine Kapazitätssteigerung des Akkus herbeiführen kann.

Die Schaltung und die Funktion des ELV-Stromzählers sind so ausgelegt, daß das Gerät unabhängig vom verwendeten Akku sowie von dessen tatsächlicher Kapazität eingesetzt werden kann. Ein voll geladener Akku entspricht einer Anzeige von „00.0“. Es ist nun jedem Anwender selbst überlassen, wie weit er seinen Akku entlädt. Im normalen Kfz-Betrieb tritt dieses Problem im allgemeinen recht selten auf, da ständig eine Nachladung erfolgt. Speziell im Winter, bei häufigen Stadtfahrten oder beim Einsatz in Campingfahrzeugen ist die Kenntnis der entnommenen Strommenge von wesentlicher Bedeutung, um nicht plötzlich und unverhofft „im dunkeln zu stehen“.

Grundsätzlich kann natürlich bei neuwertigen Akkus die volle Kapazität des Akkus ausgeschöpft werden. Hierbei sollte man jedoch unbedingt beachten, daß ein vollständig entladener Blei-Akku unmittelbar, d. h. ohne Verzögerung wieder aufgeladen werden muß, damit er keinen Schaden nimmt. Bereits wenige Stunden Lagerung nach einer Tiefentladung können irreversible Schäden herbeiführen. Es empfiehlt sich daher, einen Blei-Akku möglichst frühzeitig aufzuladen, d. h. nach 50 % der maximal entnehmbaren Kapazität oder noch eher. Hierbei ist auch zu beachten, daß mit zunehmendem Alter eines Akkus die Kapazität zum Teil erheblich abnimmt. Generelle Aussagen hierzu kann man nur schwer machen, da das Alterungsverhalten eines Blei-Akkus von sehr vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt, genau wie auch die Lebensdauer.

Eine typische Lebensdauer von Blei-Akkus, die im Kfz-Bereich eingesetzt werden, beträgt 3 bis 5 Jahre, wobei auch 8 und mehr Jahre nicht ausgeschlossen sind. Rauhe Einsatzbedingungen, wie zum Beispiel hohe Lade- bzw. Entladeamplituden usw. können die Lebensdauer auf weniger als 2 Jahre verkürzen. Unsachgemäße Behandlung, wie Lagerung nach Tiefentladung, können sogar zum sofortigen Totalausfall, selbst eines neuen Blei-Akkus, führen.

Der digitale ELV-Stromzähler bietet somit gute Möglichkeiten, den Stromhaushalt des Kfz-Akkus zu überwachen und ggf. korrigierend einzugreifen (z. B. durch rechtzeitiges externes Nachladen). Hierbei schont man nicht nur den Akku, sondern man hat eine zusätzliche Sicherheit vor plötzlichen Stromeinbrüchen.

Nachdem wir bereits soweit in die Theorie vorgedrungen sind, wollen wir nachfolgend noch kurz auf eine Besonderheit im Zusammenhang mit Kfz-Akkus eingehen.

Die einem Blei-Akku maximal entnehmbare Kapazität wird meistens auf eine 10stündige Entladung bezogen. Eine Kapazitätsangabe von z. B. 88 Ah bedeutet also, daß für eine Zeitspanne von 10 Stunden 8,8 A entnommen werden können ( $10 \text{ h} \times 8,8 \text{ A} = 88 \text{ Ah}$ ).

Aufgrund der Eigenheiten von Kfz-Akkus sinkt die maximal entnehmbare Kapazität mit steigender Strombelastung. Würde man z. B. einen Strom von 88 A entnehmen, ist der Akku bereits vor Ablauf von 1 Stunde erschöpft (ca. 10 bis 30 % früher).

Beim ELV-Stromzähler wird dies dadurch berücksichtigt, daß ab einem Schwellwert von ca. 50 A ein Korrekturfaktor von 1,2 eingeführt wird, d. h. das Gerät rechnet intern 20 % des tatsächlich entnommenen Stromes hinzu.

Aufgrund des Wirkungsgrades eines Blei-Akkus treten beim Laden ebenfalls Verluste auf. Auch hier nimmt der ELV-Stromzähler eine Bewertung vor und zwar genau in entgegengesetzter Richtung. Dies bedeutet, daß von dem in den Akku hineinfließenden Strom vor der Bewertung 20 % abgezogen werden, um so den Wirkungsgrad praxisgerecht auszugleichen.

Anhand vorstehender Ausführungen kann man erkennen, daß es sich beim ELV-Stromzähler um ein nützliches und praxisorientiertes Meßgerät handelt.

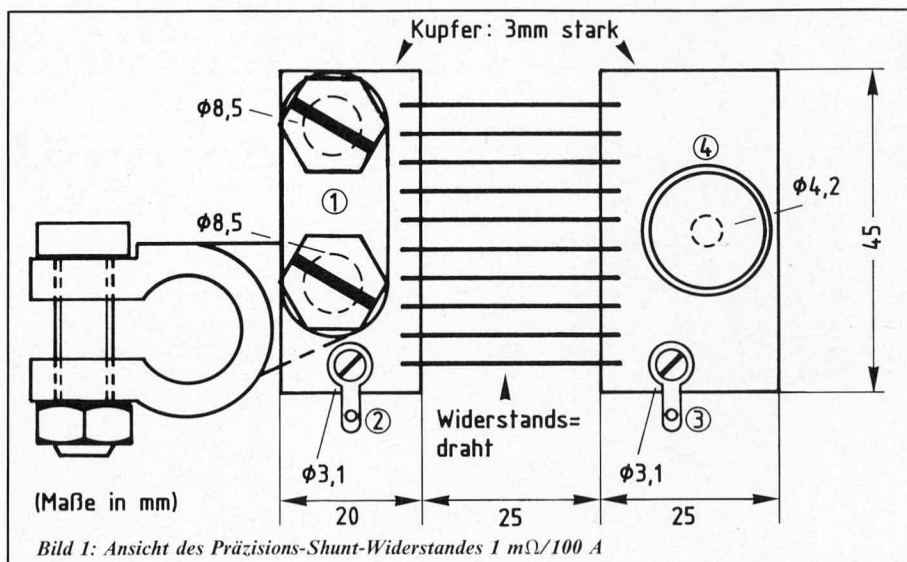
## Bedienung und Funktion

(Kurzfassung)

Auf einer 3stelligen Digital-Anzeige wird die Strommenge in Amperestunden (Ah) angezeigt, die dem Kfz-Akku entnommen wurde.

Ausgangszustand ist hierbei ein voll geladener Akku.

Auf der Anzeigenplatine befinden sich rechts neben der Digitalanzeige 2 Silberdrahtbrücken, die über eine kleine Bohrung in der Frontplatte zugänglich sind. Durch Verbinden dieser beiden Brücken über einen kleinen Schraubenzieher, erfolgt das Rücksetzen der Anzeige auf „00.0“ (Ah). Diese Anzeige besagt also bei vollge-



ladenem Akku, daß kein Strom entnommen wurde und die volle Akku-Kapazität zur Verfügung steht.

Bei einer Stromentnahme aus dem Kfz-Akku erhöht sich die Anzeige (pro 0,1 A und Stunde um 1 Digit, entsprechend 0,1 Ah), während beim Nachladen durch die Lichtmaschine die Anzeige langsam in Richtung „0“ zurückläuft.

Ist der Akku bereits voll und die Lichtmaschine lädt trotzdem mit einem geringen Strom weiter (Erhaltungsladung), so wird die Anzeige auf „00.0“ gehalten.

Auf elektronische Weise wird automatisch eine Bewertung des Stromflusses vorgenommen, die den Wirkungsgrad eines Akkus beim Ladevorgang sowie eine Kapazitätsreduzierung bei sehr großer Stromentnahme berücksichtigt. Hierbei sind typische Akku-Daten zugrundegelegt.

## Zur Schaltung

Ausgangspunkt für den ELV-Stromzähler ist die Messung des Stromflusses. Hierbei wird ein extrem niederohmiger Shunt-Widerstand in die Verbindungsleitung (Masseband) zwischen Akku-Minuspol und Kfz-Masse (Chassis) eingefügt. Der Widerstandswert beträgt  $0,001 \Omega = 1,0 \text{ m}\Omega$ . Die Dauer-Strombelastbarkeit beträgt 100 A, während kurzzeitig 500 A (weniger als 1 Minute) bzw. 1000 A (10 ms) verkräftet werden müssen. Die Spitzenbelastbarkeit sollte deshalb so hoch liegen, damit auch bei ungünstigen Startbedingungen der fließende Anlaßstrom einwandfrei verarbeitet wird.

Man kann einen solchen Shunt-Widerstand aus entsprechendem Widerstandsdraht selbst herstellen (ggf. mehrere Widerstandsdrähte parallelschalten) oder aber einen fertigen Präzisions-Shunt-Widerstand einsetzen, wie in Bild 1 dargestellt. In diesem Fall wird das Masseband vom Minuspol des Kfz-Akkus abgenommen, der entsprechende Anschluß des Shunts mit dem Minuspol des Kfz-Akkus verbunden und abschließend das Kfz-Masseband mit dem 2. Anschluß des Shunts. Die Anschlüsse des Shunts sind so ausgelegt, daß eine direkte Einfügung in die bestehende Zuleitung vom Minuspol des Kfz-Akkus zur Kfz-Masse erfolgen kann. Die Anschlüsse

selbst sind bei sämtlichen Kfz-Akkus sowohl bei Pkw's als auch bei Lkw's identisch, mit Ausnahme von Ford-Modellen sowie einigen älteren japanischen Marken. Hier muß ggf. eine individuelle Anpassung vorgenommen werden.

An dem Shunt-Widerstand steht eine, dem fließenden Strom direkt proportionale Spannung an, entsprechend der Formel:  $U = R \times I = 1,0 \text{ m}\Omega \times I$ , d. h. pro 1A fällt eine Spannung von 1 mV ab — bei 100 A also  $100 \text{ mV} = 0,1 \text{ V}$ .

Diese Spannung wird der Schaltung über die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ zugeführt.

Zur besseren Veranschaulichung wollen wir anhand des in Bild 2 dargestellten Blockschaltbildes zunächst die prinzipielle Funktionsweise des digitalen ELV-Stromzählers erläutern.

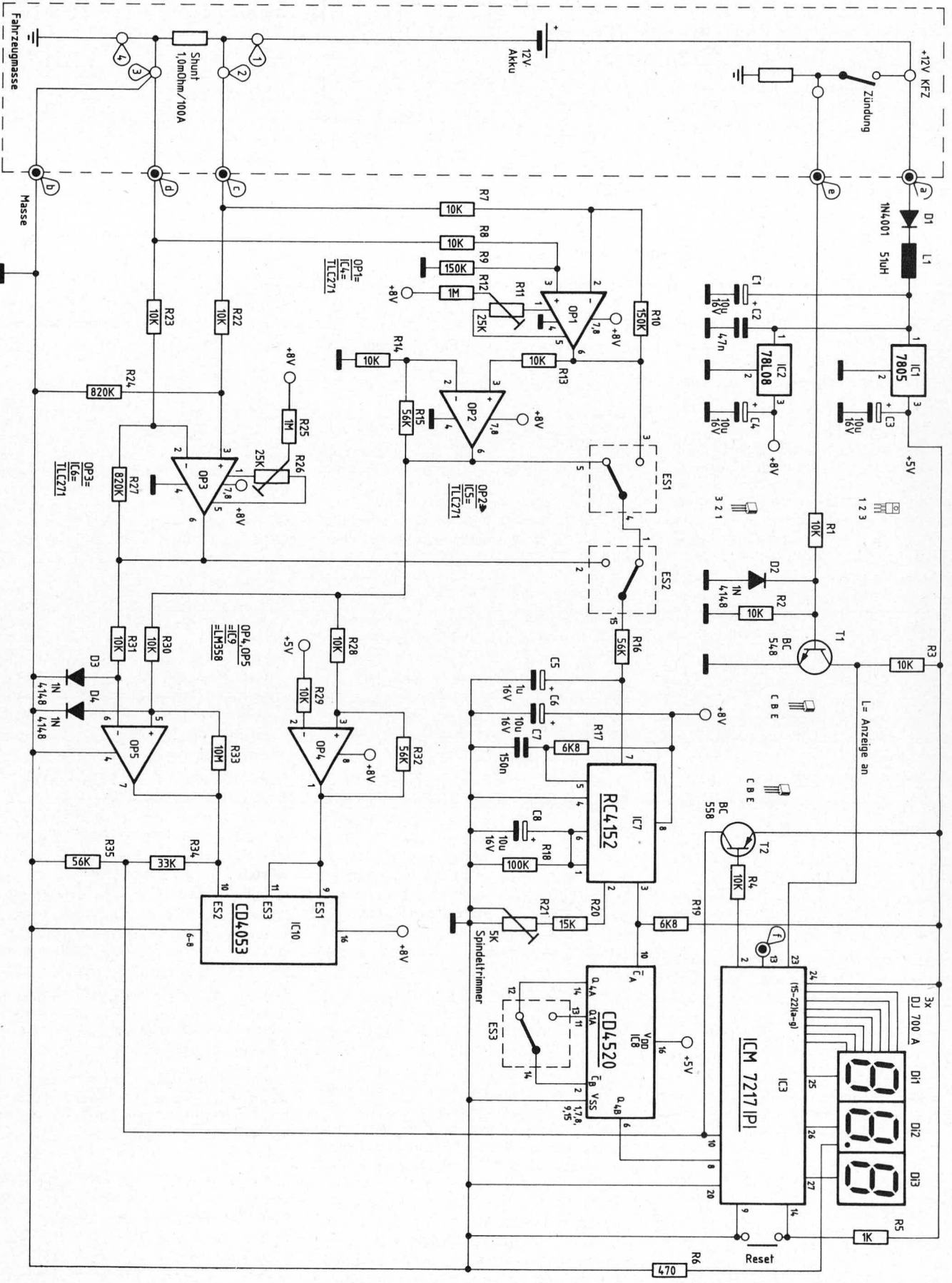
Wird dem Akku Strom entnommen, so fällt an dem  $1,0 \text{ m}\Omega$ -Shunt-Widerstand eine Spannung ab, die so gerichtet ist, daß der Platinenanschlußpunkt „c“ negativ gegenüber dem Platinenanschlußpunkt „d“ ist.

Der als invertierender (-) Verstärker geschaltete OP 1 nimmt eine Verstärkung um den Faktor 15 und der nachgeschaltete OP 2 nochmals um den Faktor 6,6 vor. Die Gesamtverstärkung beträgt damit  $15 \times 6,6 = 99$ . Anschließend gelangt die verstärkte, der Stromentnahme aus dem Akku proportionale, Spannung über die elektronischen Schalter ES 1 und ES 2 auf einen Spannungs-/Frequenz-Umsetzer.

Die Umsetzrate beträgt 7,11 Hz/Ah. Die Ausgangsfrequenz beträgt somit 7,11 Hz, wenn der dem Akku entnommene Strom gerade bei 1,0 A liegt (bei 10 A also 71,1 Hz).

Berücksichtigt man die Strom-Spannungswandlung des Shunt-Widerstandes sowie die 99fache Verstärkung der beiden OP 1 und 2, ergibt sich eine Wandlungsrate des reinen Spannungs-Frequenz-Umsetzers von 71,8 Hz/V (Verhältnis von Eingangsspannung am Pin 7 des IC 7 zu Ausgangsfrequenz an Pin 3).

Für die später noch näher beschriebene Kalibrierung des Gerätes besteht in einfach-



Schaltbild des digitalen Kfz-Stromzählers



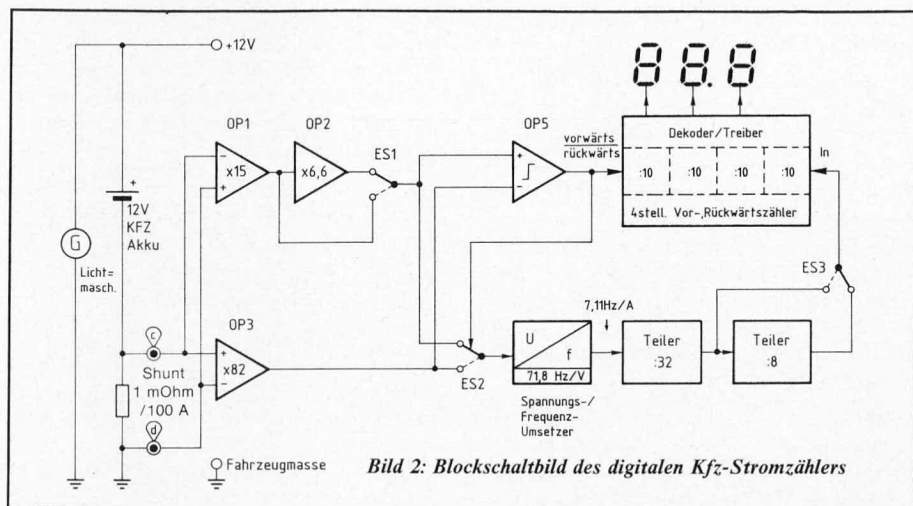


Bild 2: Blockschaltbild des digitalen Kfz-Stromzählers

ster Form die Möglichkeit den Eingang des IC 7 (Pin 7) mit der + 5 V Versorgungsspannung (Pin 3 des IC 1) zu verbinden. Anschließend wird die Ausgangsfrequenz an Pin 3 gemessen und mit R 21 auf 359 Hz eingestellt ( $5 \text{ V} \times 71,8 \text{ Hz/V} = 359 \text{ Hz}$ ).

Der Ausgang des Spannungs-/Frequenz-Umsetzers arbeitet auf einen „Teiler durch 32“, dem ein weiterer „Teiler durch 8“ folgt.

In der eingezeichneten Schalterstellung von ES 3 gelangt die Ausgangsfrequenz des „Teilers durch 8“ auf den Eingang eines 4-Dekaden Vor-/Rückwärts-Zählers mit integriertem Dekoder/Treiber zur direkten Ansteuerung der LED-Anzeige. Von diesem Zähler dient die erste Stufe als Vorteiler, d. h. es wird eine zusätzliche Teilung der Eingangsfrequenz durch 10 vorgenommen, während die 3 folgenden Zählerstufen über nachgeschaltete Dekoder/Treiber die 3stellige Digitalanzeige ansteuern.

Nachfolgend soll noch ein kurzes Beispiel die vorstehend beschriebene Arbeitsweise der Schaltung verdeutlichen.

Wird dem Kfz-Akku ein Strom von 10 A entnommen, steht an den Platinenanschlußpunkten „c“ und „d“ eine negative Spannung von 10 mV an. Durch die Verstärkung mit den OP's 1 und 2 werden daraus 990 mV, die am Eingang des Spannungs-/Frequenz-Umsetzers anstehen. Über die Wandlungsrate von 71,8 Hz/V wird daraus eine Frequenz von 71,1 Hz. Hier sehen wir auch die Gesamtwandlungsrate bis zu diesem Punkt von 7,11 Hz/A. Anschließend erfolgt eine Teilung zunächst durch 32, danach durch 8 und zuletzt noch durch 10. Dies entspricht einer Frequenz von 0,0277 Hz. In einer Stunde wird die Anzeige also um genau 100 Digit heraufgeschaltet ( $0,0277 \text{ Hz} \times 3600 \text{ s} = 100$ ). Auf der Anzeige kann der Wert von „10,0“ Ah abgelesen werden (1 Digit entspricht 0,1 Ah).

Nachdem die grundsätzlichen Funktionseinheiten des digitalen Stromzählers erläutert wurden, sollen noch einige weitere Schaltungsmerkmale besprochen werden.

Überschreitet der dem Akku entnommene Strom einen Wert von ca. 50 A, schaltet ein Komparator (OP 4, im Blockschaltbild nicht eingezeichnet) ES 1 und ES 3 in die entgegengesetzte Stellung. Hierdurch ent-

fällt die Multiplikation durch OP 2 um den Faktor 6,6 (über ES 1). Da gleichzeitig der Teilungsfaktor um den Faktor 8 reduziert wird (über ES 3), kommt insgesamt eine Frequenzerhöhung um den Faktor  $8 : 6,6 = 1,21$  zustande.

In der Praxis bedeutet dies eine automatische Bewertungskorrektur in Form einer ca. 20%igen überproportionalen Anzeigenerhöhung. Wie eingangs bereits erwähnt, entspricht dies den praktisch vorkommenden Verhaltensweisen eines Blei-Akkus, dessen entnehmbare Kapazität bei großen Strömen absinkt.

Sinkt der Strom wieder auf kleinere Werte ab, nehmen die elektronischen Schalter ES 1 und ES 3 wieder die ursprüngliche Position ein und die zusätzliche Bewertung entfällt.

Während der vorstehend beschriebenen Entladephase befand sich der Ausgang des OP 3 auf 0 V, da am nichtinvertierenden (+) Eingang des OP 3 die Spannung negativer war, als am invertierenden (-) Eingang. Der Ausgang des OP 3 strebt somit zu negativen Spannungswerten, die er allerdings nicht erreichen kann, da der negativste Punkt der Versorgungsspannung 0 V beträgt.

Wird dem Kfz-Akku kein Strom mehr entnommen, sondern über die Lichtmaschine Ladestrom zugeführt, so tritt ebenfalls am 1,0 mΩ Shunt-Widerstand ein Spannungsabfall, entsprechend der Größe des fließenden Ladestromes auf. Die Polarität ist jedoch umgekehrt wie beim Entladen. Am Platinenanschlußpunkt „c“ steht beim Ladevorgang eine positive Spannung gegenüber dem Platinenanschlußpunkt „d“ an.

Mit dem OP 3 wird diese Spannung um den Faktor 82 verstärkt und über den elektronischen Schalter ES 2 dem Spannungs-/Frequenz-Umsetzer zugeführt. ES 2 befindet sich hierbei in der entgegengesetzten Schaltposition, da der Komparator OP 5 am Ausgang des OP 3 eine höhere Spannung festgestellt hat, als am Ausgang des OP 2 (0 V). Gleichzeitig mit dem Umschalten von ES 2 werden die 4 im IC 3 integrierten Dekadenzähler auf Rückwärtszählen geschaltet. Je mehr Strom in den Akku eingeladen wird, um so weiter geht der Wert auf der Digitalanzeige in Richtung 0 zurück.

Je nach Polarität der Eingangsspannung an den Platinenanschlußpunkten „c“ und „d“

(Laden oder Entladen), liegen entweder die Ausgänge der OP's 1 und 2 auf 0 V oder aber der Ausgang des OP 3. Liegt der Ausgang des OP 3 auf höherem Potential als der Ausgang des OP 2, so bedeutet dies ein Nachladen entsprechend Rückwärtszählen. Liegt der Ausgang des OP 3 hingegen auf 0 V und der Ausgang des OP 2 auf höherem Potential, entspricht dies einem Entladen, entsprechend einem Aufwärtszählen. Die Umschaltung erfolgt über OP 5.

Nachdem wir anhand des im Bild 2 gezeigten Blockschaltbildes die Funktionsweise des digitalen Stromzählers bereits weitgehend erläutert haben, wollen wir im folgenden auf die praktische schaltungsge-rechte Realisierung eingehen.

OP 1 ist als invertierender (-) Differenzverstärker beschaltet, dessen Besonderheit darin liegt, daß die Ausgangsspannung auf die Schaltungsmasse bezogen ist (Fußpunkt von R 9). Evtl. geringfügige Spannungsdifferenzen zwischen den Platinenanschlußpunkten „d“ und „b“, hervorgerufen durch Spannungsabfälle auf den Zuleitungen, können hierdurch wirksam kompensiert werden. OP 2 ist in bekannter Weise als nicht invertierender (+) Verstärker geschaltet.

Die Beschaltung des OP 3 ist derjenigen des OP 1 sehr ähnlich mit dem Unterschied, daß OP 3 als nicht invertierender (+) Verstärker arbeitet.

Der Komparator zur Erkennung „Laden-/Entladen“ wird durch OP 5 mit Zusatzbeschaltung dargestellt. Der Ausgang (Pin 7 des OP 5) steuert über Pin 10 des IC 10 den elektronischen Schalter ES 2 an, während über den Spannungsteiler R 34, R 35 die Umschaltung des IC 3 (Pin 10) von „Aufwärtszählen“ (Entladen) auf „Abwärtszählen“ (Laden) erfolgt.

Beim Erreichen des Zählerstandes „0“ erscheint an Pin 2 des IC 3 ein „low“-Signal (ca. 0 V), das den Transistor T 2 durchsteuert und dadurch Pin 10 des IC 3 von „Abwärtszählen“ (entsprechend 0 V) auf „Aufwärtszählen“ (entsprechend ca. + 5 V) schaltet. Hierdurch wird ein Unterschreiten des Zählerstandes „0“ vermieden. Sobald der erste Aufwärtszählimpuls den Eingang des IC 3 (Pin 8) erreicht hat, wird T 2 sofort wieder gesperrt.

Die Anzeige bleibt hierbei ständig auf „00,0“, da das Auf- und Abwärtszählen lediglich in der ersten, nicht zur Anzeige gebrachten Dekade des IC 3 abläuft.

Die automatische Bewertungsumschaltung bei höheren Entladeströmen wird mit dem OP 4 vorgenommen, dessen Ausgang Pin 1 auf die Steuereingänge der elektronischen Umschalter ES 1 und ES 3 arbeitet.

Der Spannungs-/Frequenz-Umsetzer wird mit dem IC 7 des Typs RC 4152, einschließlich Zusatzbeschaltung realisiert. Der Spindeltrimmer R 21 dient zur Kalibrierung des Umsetz-Faktors auf 71,8 Hz pro Volt Eingangsspannung (an Pin 7 des IC 7).

Bis zum Ausgang des IC 7 arbeitet die Schaltung mit einer Versorgungsspannung von + 8 V, die mit dem Festspannungsregler IC 2 des Typs 78 L 08 stabilisiert wird.

Der nachfolgende Digitalteil IC 8 und IC 3 arbeitet mit einer Versorgungsspannung von 5 V, die über das IC 1 des Typs 7805 bereitgestellt wird. Hierüber erfolgt auch die Versorgung der im Multiplexbetrieb arbeitenden Digitalanzeige.

Die Schaltung soll permanent, d. h. auch bei stehendem Motor und ausgeschalteter Zündung arbeiten, denn auch ein über Nacht betriebenes Standlicht soll hinsichtlich der verbrauchten Strommenge erfaßt werden. Es ist daher erforderlich, daß die gesamte Elektronik ständig mit Strom versorgt wird.

Damit der Stromverbrauch jedoch möglichst gering bleibt, erfolgt eine automatische Abschaltung des Hauptstromverbrauchers des Gerätes, der Digitalanzeige, und zwar in Zusammenhang mit der Zündung. Sobald die Zündung wieder eingeschaltet wird, erhält auch das LED-Display seinen Versorgungsstrom. Die Ansteuerung erfolgt über das Zündschloß am Platinenanschlußpunkt „e“, die mit T 1 aufgebaute Pufferstufe sowie Pin 23 des IC 3.

Der Platinenanschlußpunkt „f“, der an Pin 13 des IC 3 angeschlossen ist, bleibt im Normalfall frei, d. h. unbeschaltet. Möchte man eine automatische Helligkeitsregelung vornehmen, kann hier der Ausgang, der im „ELV journal“ Nr. 37 ausführlich beschrieben „Automatische Helligkeitssteuerung für LED-Anzeigen“, angeschlossen werden.

Ein Rücksetzen der 4 im IC 3 integrierten Dekadenzähler und damit auch der Anzeige, erfolgt über den Reset-Eingang (Pin 14) des IC 3. Sobald dieser Eingang mit der Schaltungsmasse kurz verbunden wird, springt die Anzeige auf „00.0“.

### Zum Nachbau

Der Aufbau dieser interessanten Schaltung erfolgt auf 3 Leiterplatten:

1. Anzeigenplatine
2. Digitalplatine mit IC 3
3. Eingangsplatine mit den OP's 1 bis 5.

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

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

Die Verbindung zwischen Eingangs- und Digitalplatine erfolgt an 9 Punkten. Es sind dies die Punkte „g, h, i, k, l, m, n, o, p“, d. h. der auf der Eingangsplatine mit „g“ bezeichnete Punkt wird mit dem Punkt gleicher Bezeichnung (ebenfalls mit „g“ bezeichnet) auf der Digitalplatine verbunden usw. Es sind also alle Punkte, die die gleiche Bezeichnung tragen, miteinander zu verbinden. Günstig ist hierbei, daß sich die Punkte gleicher Bezeichnung direkt gegenüberliegen, wobei die Bestückungsseiten

der beiden Platinen parallel liegen und zueinander hinweisen.

Zweckmäßigerweise nimmt man für die Verbindung 28 mm lange Silberdrahtabschnitte, die gleichzeitig dazu dienen, Eingangs- und Digitalplatine mechanisch in einem Abstand von 22 mm zu halten (Platineninnenseiten).

Beim Einbau in ein Gehäuse mit Führungsnuten (z. B. ELV-Kfz-Einbaugeschäube), das von sich aus bereits eine sichere mechanische Fixierung der Platinen bewirkt, kann die Verbindung auch mit flexiblen isolierten Leitungen erfolgen.

Die positive Versorgungsspannung (Schaltungspunkt „a“), die im Bereich zwischen +10 V und +15 V schwanken darf, ist hinter einer Fahrzeugsicherung abzunehmen, die permanent Spannung führt, d. h. auch bei ausgeschalteter Zündung und während des Startvorganges.

Die Schaltungsmasse („b“) sollte in räumlicher Nähe zum Kfz-Masseband angeschlossen werden, um unnötige, evtl. störende Spannungsabfälle auszuschließen. Als Anschluß eignet sich hier zum Beispiel der gleiche Punkt, an den auch der Platinenanschlußpunkt „d“ angeschlossen wird.

Der Platinenanschlußpunkt „e“ ist hinter dem Zündschloß anzuklemmen. Im allgemeinen handelt es sich hier um die „Klemme 15“.

Für die vorgenannten Zuleitungen „a, b, e“ werden flexible isolierte Zuleitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,4 mm<sup>2</sup> eingesetzt.

Die Verbindung der Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ mit den Punkten „2“ und „3“ des Shunt-Widerstandes (Bild 1) erfolgt über eine 1-adrige abgeschirmte Zuleitung, wobei die Abschirmung die Punkte „3“ und „d“ und die innere Ader die Punkte „2“ und „c“ miteinander verbindet. Obwohl es sich um eine abgeschirmte Leitung handelt, sollte sie kurz sein und nicht in der Nähe der Hochspannungszündkabel verlegt werden.

Sofern eine automatische Helligkeitsregelung angeschlossen werden soll, wird hierzu der Platinenanschlußpunkt „f“ ebenfalls über eine 1-adrige abgeschirmte Leitung mit der zugehörigen Steuerschaltung verbunden. Die Abschirmung wird zusätzlich mit dem Platinenanschlußpunkt „b“ verbunden, die dann gleichzeitig zur negativen Spannungszuführung für die Helligkeitsregelschaltung dienen kann.

### Kalibrierung

Die Kalibrierung ist verhältnismäßig einfach, muß jedoch sehr sorgfältig durchgeführt werden.

Hierzu wird die noch nicht ins Fahrzeug eingebaute, betriebsfertige Schaltung mit einer 12 V Spannung versorgt. Bei unbeschaltetem Platinenanschlußpunkt „e“ bleibt die Anzeige verloschen. Wird hingegen „e“ mit „a“ verbunden, ist die Digitalanzeige aktiviert.

Als erstes wird jetzt die Offsettingstellung (Nullpunkt) der OP's 1 und 3 vorgenommen.

Da die Einstellung unter 0 Volt nicht möglich ist, der Verstärkungsfaktor jedoch sehr genau bekannt ist, empfiehlt es sich, bei einer geringfügig von 0 verschiedenen Eingangsspannung, die zugehörige Ausgangsspannung einzustellen.

Der Platinenanschlußpunkt „c“ wird mit der Schaltungsmasse „b“ direkt verbunden.

An den Platinenanschlußpunkt „d“ wird nun eine genau bekannte Spannung von z. B. +1,0 mV angelegt (bezogen auf „c“).

Wir wollen nun die Offsetspannung des OP 2 gleich mit einkalibrieren. Hierzu messen wir jetzt nicht die Ausgangsspannung des OP 1, sondern die des OP 2. Da die Verstärkung exakt 99 beträgt, muß am Ausgang des OP 2 (Pin 6) eine Spannung von exakt 99,0 mV anstehen. Eine Korrektur kann jetzt mit R 11 vorgenommen werden.

Steht keine genaue Spannung von 1,0 mV zur Verfügung, so kann hierfür ein niederohmiger Spannungsteiler, entsprechend Bild 4, eingesetzt werden.

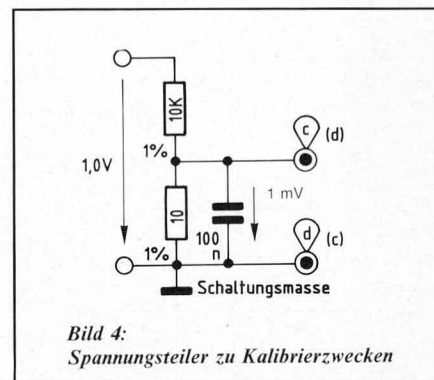


Bild 4:  
Spannungsteiler zu Kalibrierzwecken

In gleicher Weise verfährt man mit der Offset-Einstellung des OP 3, wobei hierfür der Platinenanschlußpunkt „d“ mit der Schaltungsmasse „b“ verbunden wird und die positive Spannung von 1,0 mV am Platinenanschlußpunkt „c“ angelegt wird.

Mit R 26 wird jetzt die am Pin 6 des OP 3 anliegende Spannung auf 82,0 mV eingestellt, da dieser Verstärker um den Faktor 82 verstärkt. Bezogen sind die Spannungsangaben immer auf die Schaltungsmasse („b“).

Reicht der Einstellbereich der Trimmer R 11 und R 26 nicht aus, so können die Widerstände R 12 und R 25 bis auf minimal 100 kΩ verkleinert werden.

Nachdem die Offset-Einstellung sorgfältig vorgenommen wurde, kann als nächstes der Skalenfaktor des Spannungs-/Frequenz-Umsetzers mit dem Spindeltrimmer R 21 eingestellt werden. Eine besonders einfache Methode hatten wir bereits im Verlauf des Kapitels der Schaltungsbeschreibung vorgestellt. Etwas genauer ist es auf folgende Weise möglich:

Der Widerstand R 16 wird an der zu ES 2 (IC 10) hinweisenden Seite ausgelötet. Anschließend wird an das jetzt freie Ende von R 16 eine genau bekannte Spannung zwischen 4 und 6 V angelegt. Dieser Spannungswert wird dann rechnerisch mit dem Faktor 71,8 (Hz/V) multipliziert. Das Ergebnis ist die Frequenz, die an Pin 3 des IC 7 anstehen muß. Liegen z. B. 5,0 V am freien Ende von R 16 an (Eingangsspan-



nung), so muß mit R 21 an Pin 3 des IC 7 eine Ausgangsfrequenz von 359 Hz eingestellt werden ( $5,0 \text{ V} \times 71,8 \text{ Hz/V} = 359 \text{ Hz}$ ).

Damit ist die Kalibrierung des digitalen Stromzählers bereits abgeschlossen.

Bei vorstehend beschriebener Kalibrierungsmethode sind geringfügige Toleranzen des verwendeten Shunt-Widerstandes sowie der Verstärkungsfaktoren der OP's 1 bis 3 unberücksichtigt geblieben. Eine Genauigkeitssteigerung, zumindest beim Entladevorgang, läßt sich erreichen, wenn durch den Shunt-Widerstand (Gerät und Shunt noch nicht im Fahrzeug eingebaut), z. B. ein Strom von 10,0 A geschickt wird, (Anschluß 4: Plusseite, Anschluß 1: Minusseite) und mit R 21 an Pin 3 des IC 7 jetzt eine Frequenz von 71,1 Hz eingestellt wird. Dies entspricht einem Gesamtumsetzfaktor von 7,11 Hz/A. Die Offset-Einstellungen mit den Trimmern R 11 und R 26 sind selbstverständlich vorher, wie beschrieben, durchzuführen.

Jetzt steht dem Einbau und der Inbetriebnahme des ELV-Stromzählers nichts mehr im Wege.

**Stückliste:**  
**Digitaler Kfz-Stromzähler**  
**Halbleiter**

IC 1	.....	7805
IC 2	.....	78 L 08
IC 3	.....	ICM 7217 IPI/IJI
IC 4-IC 6	.....	TLC 271
IC 7	.....	RC 4152
IC 8	.....	CD 4520
IC 9	.....	LM 358
IC 10	.....	CD 4053
T 1	.....	BC 548
T 2	.....	BC 558
D 1	.....	1 N 4001
D 2-D 4	.....	1 N 4148
Di 1-Di 3	.....	DJ 700 A

**Kondensatoren**

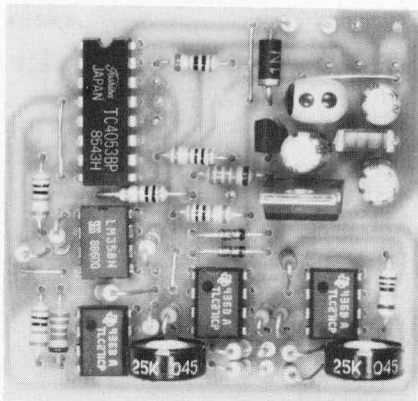
C 1, C 3, C 4	.....	10 $\mu\text{F}/16 \text{ V}$
C 2	.....	47 nF
C 5	.....	1 $\mu\text{F}/16 \text{ V}$
C 6, C 8	.....	10 $\mu\text{F}/16 \text{ V}$
C 7	.....	150 nF

**Widerstände**

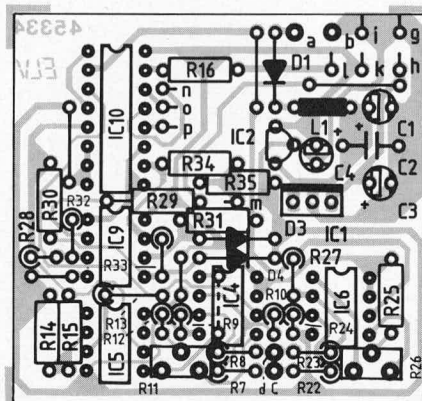
R 1-R 4, R 7, R 8, R 13, R 14	.....	10 k $\Omega$
R 22, R 23, R 28-R 31	.....	10 k $\Omega$
R 5	.....	1 k $\Omega$
R 6	.....	470 $\Omega$
R 9, R 10	.....	150 k $\Omega$
R 11, R 26	.....	25 k $\Omega$ , Trimmer, stehend
R 12, R 25	.....	1 M $\Omega$
R 15, R 16, R 32, R 35	.....	56 k $\Omega$
R 17, R 19	.....	6,8 k $\Omega$
R 18	.....	100 k $\Omega$
R 20	.....	15 k $\Omega$
R 21	.....	5 k $\Omega$ , Spindeltrimmer
R 24, R 27	.....	820 k $\Omega$
R 33	.....	10 M $\Omega$
R 34	.....	33 k $\Omega$

**Sonstiges**

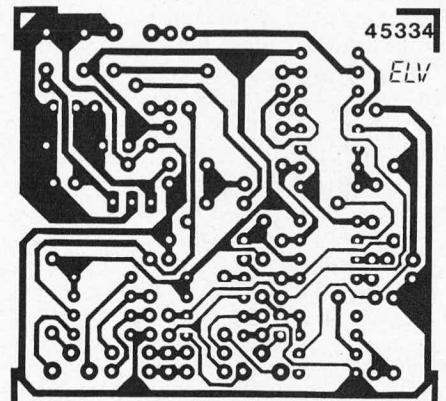
L 1	.....	51 $\mu\text{H}$
5 Lötstifte		
30 cm Silberschaltdraht		
3 m flexible Leitung 2 x 0,4 mm <sup>2</sup>		
3 m flexible Leitung 1 x 0,4 mm <sup>2</sup>		
3 m 1-adrige abgeschirmte Leitung		



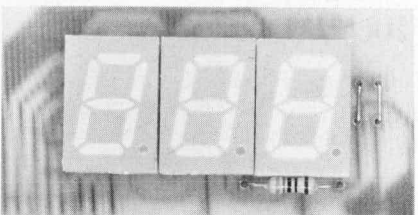
Ansicht der fertig bestückten Eingangsplatine



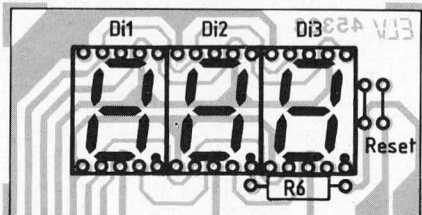
Bestückungsseite der Eingangsplatine



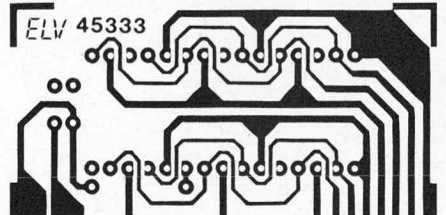
Leiterbahnseite der Eingangsplatine



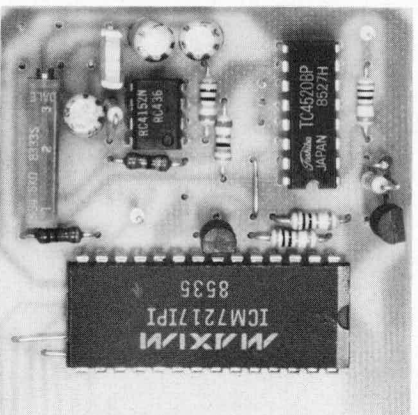
Ansicht der fertig aufgebauten Anzeigenplatine



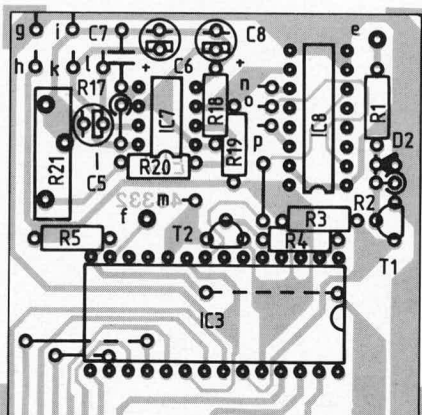
Bestückungsseite der Anzeigenplatine



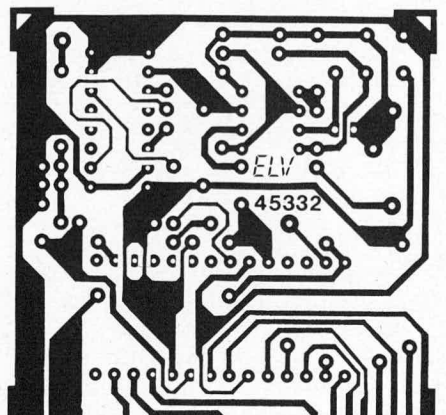
Leiterbahnseite der Anzeigenplatine



Ansicht der fertig aufgebauten Digitalplatine



Bestückungsseite der Digitalplatine



Leiterbahnseite der Digitalplatine