

Darf's ein bißchen mehr sein?

Labornetzgerät

0—40 V/5 A

Teil 1

Nachfolgend stellen wir Ihnen eine Spannungsquelle für Ihren Arbeitsplatz vor. Das Gerät ermöglicht echte Spannungsregelung im Bereich 0—40 V bei satten 5 A im gesamten Spannungsbereich. Die Strombegrenzung ist einstellbar von 0—5 A. Zwei Meßinstrumente zeigen Strom und Spannung an. Regelungsverluste werden durch Einsatz eines automatischen Transformator-Umschaltkreises gemindert.

Vor einiger Zeit veröffentlichten wir bereits ein Netzgerät, dessen Ausgangsspannung von 0—30 Volt bei einem Maximalstrom von 1,2 A regelbar war. Das Gerät verfügte über eine einstellbare Strombegrenzung, und die technischen Daten genügten den meisten Laboranforderungen.

Seitdem ist die Entwicklung in der Elektronik jedoch weit vorangeschritten. Sowohl in der Hobbyelektronik als auch im Labor dringt man heute allgemein in Bereiche vor, die jenseits dessen liegen, was noch vor einiger Zeit gängig war. Es wurde klar, daß Bedarf an einer Laborspannungsquelle

Tabelle 1

Technische Daten	
Ausgangsspannung	0—40 V, einstellbar
Ausgangsstrom	0—0,5 A, einstellbar 0—5 A, einstellbar
Regelung	< 50 mV (bis 2,5 A Laststrom) < 100 mV (bis 5 A Laststrom)
Brummen	
in Betriebsart 'Konstant-U'	< 3 mV RMS
in Betriebsart 'Konstant-I'	< 10 mV RMS

mit einem größeren Leistungsbereich bestand. So begannen wir zu ermitteln, welche Art von Gerät wohl benötigt werden würde.

In ausgiebigen Gesprächen mit zahlreichen Hobbyisten stellte sich heraus, daß am zweckmäßigsten ein Ausgangsspannungsbereich von 0—40 V bzw. 0—50 V bei einer gewünschten Stromabgabe von maximal ca. 3—4 A wäre. Zu definieren blieb, was nun 'Laborqualität' bedeutete.

Was heißt 'Laborqualität'?

- Eine 'ideale' Spannungsquelle sollte
- eine zwischen Null und einem gewählten Grenzwert regelbare Spannung liefern
 - weder am Ausgang noch durch das Gerät selbst Brumm bzw. Rauschen abgeben
 - Strombegrenzung zwischen Null und einem jeweils gewählten Grenzwert ermöglichen
 - über gleichzeitige Anzeige von Ausgangsstrom und -spannung verfügen und
 - im gesamten Einstellbereich vor Kurzschlüssen am Ausgang geschützt sein.

Zudem waren möglichst 'bedienerfreundliche' Eigenschaften gefordert, also Anzeige von Strom- und Spannungsregelbetrieb sowie problemloses Schalten des Ausgangs sowie der Strombereiche.

Welche technischen Daten kämen unserem 'Idealbild' am nächsten? Bei der Schaltungsentwicklung und Fehlersuche an hochverstärkenden, empfindlichen Baugruppen, DC-Steuerungen sowie NF- und Hochfrequenzschaltungen muß man zunächst einmal sicher sein, daß auftretende Störungen nicht auf das Verhalten der angeschlossenen Spannungsquelle zurückzuführen sind. Brumm- und Rauschfreiheit sind daher von beträchtlicher Bedeutung. Anzustreben ist hier ein Wert unter 10 mV, wobei er vorzugsweise sogar 5 mV nicht überschreiten sollte. Bezüglich des Strombegrenzungsverhaltens wäre Ähnliches wünschenswert, auch wenn letzteres kein gar so wesentliches Kriterium darstellt.

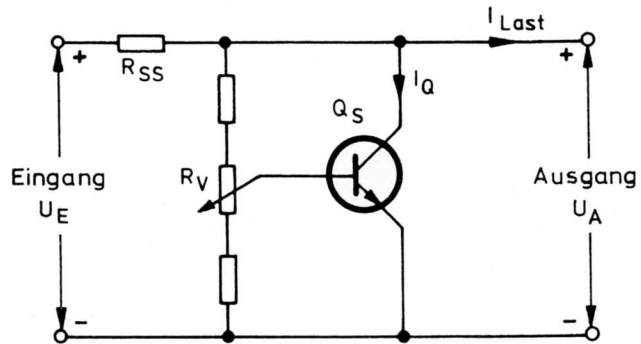
Da Schwankungen der Versorgungsspannung in bestimmten Schaltungen beträchtlichen Schaden anrichten können, ist die Regelung der Ausgangsspannung im gesamten Regelbereich von oberster Bedeutung. Auch bei er-

heblichen Abweichungen in der Netzspannung und trotz großer Schwankungen in der Stromaufnahme des jeweils angeschlossenen Geräts (bis hin zum Höchstwert) sollte die Ausgangsspannung praktisch konstant bleiben. Die Stabilisierung läßt sich sowohl in Prozent (vom abzugebenden Höchstwert) als auch als Spannungsschwankung ausdrücken. Letzterem gibt man gewöhnlich den Vorzug, da das Verhalten im gesamten Abgabebereich widerspiegelt wird.

Ein Stabilisierungswert von 0,1% (100 mV bei 100 V) ist für Niedrigstrom-Netzgeräte (bis ca. 1 A) typisch, bei Geräten für höhere Ströme liegt er jedoch eher bei 0,5%. Dies wären bei einer 50-V-Spannungsquelle etwa 250 mV.

Stabilisierungsprinzipien

Zur Stabilisierung von Versorgungsspannungen bedient man sich einer Anzahl von Grundanordnungen. Die Auswahl erfolgt jeweils nach dem Verwendungszweck. Die betreffenden Sta-

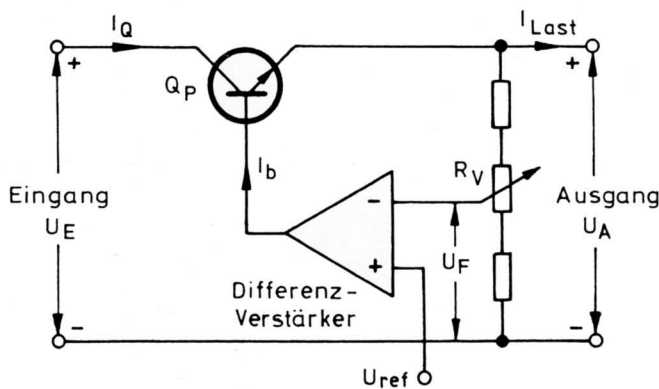


Parallelregelung. Grundschtung einer Parallelregelung.

Bei wachsendem Laststrom (I_{Last}) wird die Ausgangsspannung (U_A) abfallen, wodurch der Basisstrom durch Q_S absinkt. Hierdurch wiederum fällt auch der Kollektorstrom (I_Q) des Parallelregeltransistors Q_S . Der Spannungsabfall an R_{SS} sinkt daraufhin, die Ausgangsspannung bleibt konstant. Sinkt der Laststrom, tritt das Gegenteil ein.

Bei wachsender Eingangsspannung U_E beginnt U_A zu steigen, wodurch auch der Basisstrom durch Q_S zunimmt. I_Q nimmt infolgedessen zu, und der Spannungsabfall an R_{SS} wird größer, so daß die Ausgangsspannung beibehalten wird. Sinkt U_E , so tritt das Gegenteil ein.

Wird die Schleiferstellung von R_V verändert, so ändert sich auch der Kollektorstrom von Q_S und damit die an R_{SS} abfallende Spannung, wodurch die Ausgangsspannung bestimmt wird. Im unbelasteten Zustand ist die Verlustleistung an Q_S am größten.



Serienregelung. Grundschtung einer Serienregelung.

Bei wachsendem Laststrom (I_{Last}) wird die Ausgangsspannung (U_A) abfallen. Dies führt dazu, daß die Fehlerspannung (U_F) ebenfalls abnimmt. Da nun der Differenzverstärker als invertierender Verstärker geschaltet ist, steigt mit sinkender Fehlerspannung der Basisstrom (I_b) des Längstransistors (Q_P). Hierdurch steigt der Kollektorstrom (I_Q) des Transistors Q_P ebenfalls, die Ausgangsspannung wird beibehalten. Sinkt I_{Last} , so tritt das Gegenteil ein.

Bei zunehmender Eingangsspannung (U_E) beginnt auch die Ausgangsspannung zu steigen und U_F ebenfalls. Dies hat ein Absinken des Basisstroms von Q_P zur Folge, wodurch I_Q absinkt und die Ausgangsspannung beibehalten wird. Sinkt U_E , so tritt das Gegenteil ein.

Wird eine Veränderung der Schleiferstellung von R_V vorgenommen, so verändert sich auch U_F , wodurch die Ausgangsspannung bestimmt wird.

bilisierungsarten und ihre Merkmale lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Parallelregelung.** Ein vorwiegend für Geräte niedriger Leistung (15—20 W) geeignetes Verfahren. Die Anordnung bietet gute Regelungsmöglichkeiten und ist in sich kurzschlußsicher. Allerdings geht in unbelastetem Zustand die gesamte zur Verfügung stehende Leistung in Form von Wärme verloren. Eine Strombegrenzung läßt sich in diese Art Schaltung nur schwer integrieren, dafür sind jedoch die Kosten sehr niedrig.
- **Serienregelung.** Vermutlich das meistverbreitete Verfahren. Es eignet sich für Netzgeräte von bis zu 200 W Leistung. Es werden gute Stabilisierungseigenschaften sowie Brumm- und Rauschwerte erzielt. Die Strombegrenzung ist problemlos, und die Kosten sind verhältnismäßig gering.
- **Thyristorregelung.** Dieses Verfahren eignet sich im wesentlichen für Anordnungen mittlerer bis großer Leistung. Die Verlustleistung ist bei guten Stabilisierungseigenschaften gering, allerdings kommt es im Vergleich zur Serienregelung in höherem Maße zu Rauschen bzw. Welligkeit. Daneben erfordern die

schaltbedingten Störungen eine aufwendige Abschirmung.

— **Serienregelung mit Thyristor-Vorregelung.** Vereinigt in sich die Vorzüge der beiden vorgenannten Verfahren und eignet sich vorwiegend für Anwendungen mittlerer bis hoher Leistung (in der Größenordnung bis zu mehreren hundert W). Die Thyristor-Vorregelung liefert eine grob vorstabilisierte Spannung von etwa 5 V über der gewünschten Ausgangsspannung; ihr nachgeschaltet ist eine herkömmliche Serienregelung. Dies hält die Verlustleistung in der Serienregelung gering. Allerdings sind die Kosten verhältnismäßig hoch.

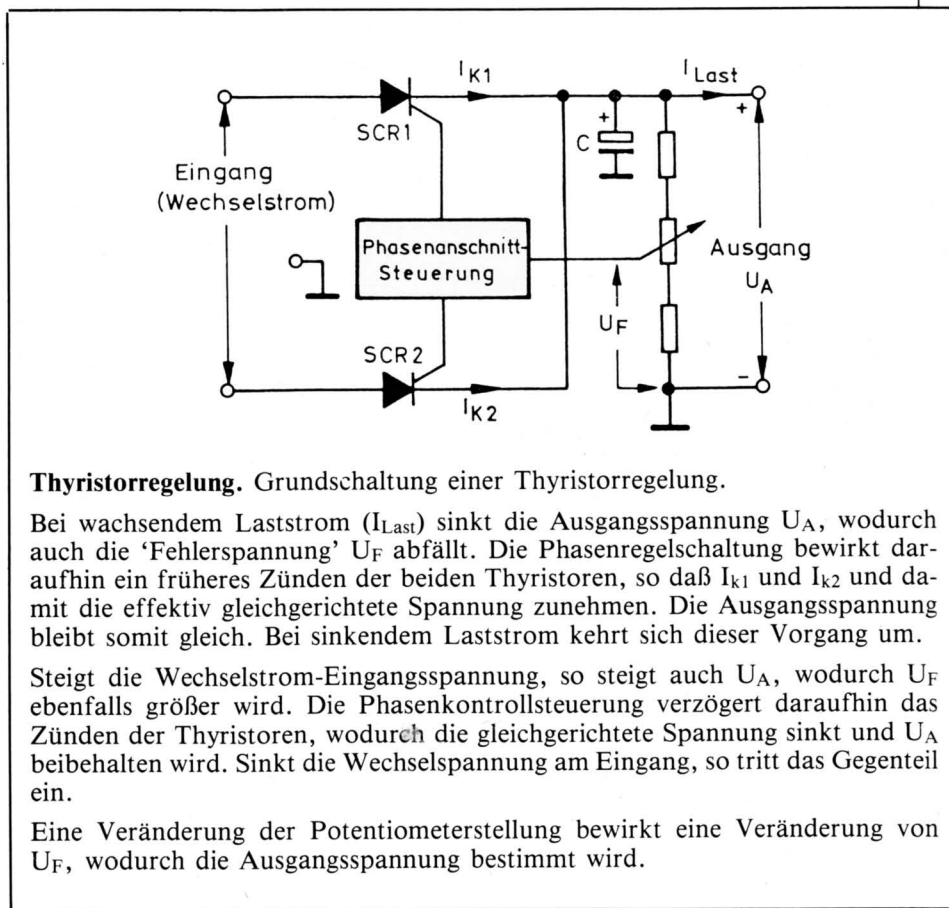
— **Getaktete Regelung.** Dieses Verfahren kommt ebenfalls bei mittlerer bis hoher Leistung zur Anwendung. Ein Serien-Schaltelement speichert Energie in einer Spule bzw. einem Kondensator; hierbei wird die gewünschte stabilisierte Ausgangsspannung dadurch erlangt, daß man die Impulsdauer des Schaltelements steuert.

Dieses Verfahren hält die Verlustleistung in der Regelstrecke bei gleichzeitig gutem Stabilisierungsverhalten gering. Bei Verwendung moderner, eigens für diese Anwendung entwickelter ICs sind die Kosten denen einer Serienregelung vergleichbar. Rauschen und Welligkeit am Ausgang lassen sich jedoch mitunter nur schwer unterdrücken, und die Schaltung gibt starke Breitband-Hochfrequenz-Störungen ab, wodurch eine sorgfältige und aufwendige Abschirmung erforderlich wird.

Merkmale dieses Netzgeräts

Wir wählten einen Ausgangs-Spannungsbereich von 0–40 V, da wir der Meinung waren, daß sich damit die überwiegende Mehrzahl aller Prüf-, Entwicklungs- und Fehlersuchaufgaben bewältigen ließe. Aus ähnlichen Gründen entschieden wir uns für einen maximalen Ausgangsstrom von 5 A. Es ergibt sich also eine Ausgangsleistung von 200 W, so daß der Wahl des geeigneten Regelungsverfahrens zentrale Bedeutung zukommt.

Es boten sich aus naheliegenden Gründen zwei Verfahren an — nämlich Serienregelung und getaktete Regelung. Aufgrund vorangegangener Erfahrung



Thyristorregelung. Grundschriftung einer Thyristorregelung.

Bei wachsendem Laststrom (I_{Last}) sinkt die Ausgangsspannung U_A , wodurch auch die 'Fehlervoltage' U_F abfällt. Die Phasenregelschaltung bewirkt daraufhin ein früheres Zünden der beiden Thyristoren, so daß I_{K1} und I_{K2} und damit die effektiv gleichgerichtete Spannung zunehmen. Die Ausgangsspannung bleibt somit gleich. Bei sinkendem Laststrom kehrt sich dieser Vorgang um.

Steigt die Wechselstrom-Eingangsspannung, so steigt auch U_A , wodurch U_F ebenfalls größer wird. Die Phasenkontrollsteuerung verzögert daraufhin das Zünden der Thyristoren, wodurch die gleichgerichtete Spannung sinkt und U_A beibehalten wird. Sinkt die Wechselspannung am Eingang, so tritt das Gegenteil ein.

Eine Veränderung der Potentiometerstellung bewirkt eine Veränderung von U_F , wodurch die Ausgangsspannung bestimmt wird.

gen mit getakteten Regelschaltungen hegen wir begründeten Zweifel an deren Eignung für Netzgeräte in 'Laborqualität'. Trotz umfangreichster Vorsichtsmaßnahmen war es unmöglich, derartige Netzgeräte in der Nähe empfindlicher Schaltkreise zu betreiben — zu deren Versorgung taugten sie erst recht nicht. Traurig, aber wahr.

Der Reiz, der einer solchen Schaltung anhaftet (hoher Wirkungsgrad bei geringer Verlustleistung), macht also in dieser Anwendung deren Nachteile nicht wett. Es werden aufwendige Abschirm- und Filtermaßnahmen erforderlich, die den Erbauer vor zusätzliche Probleme stellen und die Kosten in die Höhe treiben.

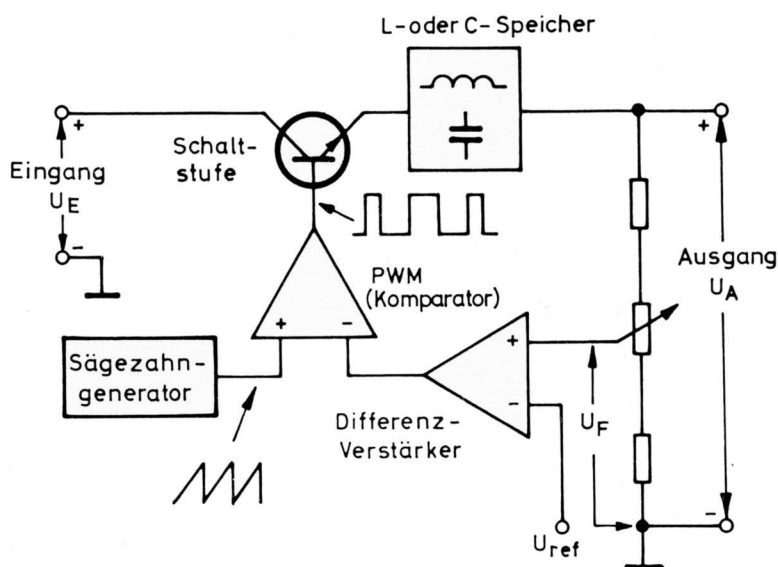
Folglich galt unser Augenmerk der Serienregelung — und der Frage, wie sich die Verlustleistung senken ließe. Für eine Ausgangsspannung von 40 V wären am Eingang der Stabilisierungsstufe ca. 50 V Gleichspannung erforderlich gewesen. Bei 5 A Leistung und einem Kurzschluß hätte die Verlustleistung demnach schlimmstenfalls 250 W betragen! Dies hätte äußerst starke Transistoren und riesenhafte Kühlkörper bedeutet.

Da eine Vorregelung also zu mehr Kosten und Störungen geführt hätte, galt es, die Verlustleistung auf andere Art zu senken, weshalb uns schließlich die Idee kam, die Sekundärwicklung des Transformators umschaltbar auszuführen.

Mittels einiger billiger ICs, die als Vergleichsrelais dienen, sowie ein paar preiswerter Relais wurde es möglich, den Gleichrichter in Abhängigkeit von der eingestellten Ausgangsspannung an jeweils andere Trafo-Anzapfungen zu legen.

Allerdings hatte dies Verfahren den Nachteil, daß ein spezieller Transformator erforderlich wurde. Gelänge es jedoch, die Anzapfungen so zu wählen, daß sich allgemein nützliche und sinnvolle Spannungen ergäben, so könnte der fragliche Trafo schnell zu einem Standardbauteil werden. Dies vor Augen, beschlossen wir, die 36-V-Sekundärwicklung bei 15 und 24 V anzupfassen.

Der Transformator-Prototyp wurde für uns von der Firma Schaffer in Pfarrkirchen gewickelt. Er leistet 183 VA und weist eine zusätzliche 15 V/



Getaktete Regelung. Grundaufbau einer getakteten Regelungsschaltung.

Der Ausgang eines Sägezahngenerators wird in einem impulsbreitenmodulierenden (PWM-) Vergleicher mit dem Ausgangspegel des Differenzverstärkers verglichen. Der Vergleicher treibt eine Schaltanordnung. Diese schaltet mit einer hohen Frequenz ein und aus und speichert die ungesteuert eingehende Energie in einer Spule bzw. einem Kondensator.

Mit wachsendem Laststrom fällt die Ausgangsspannung U_A und mit ihr die Fehlerspannung U_F . Der Impulsbreitenmodulator/Vergleicher bleibt daraufhin am Ausgang pro Sägezahnperiode länger eingeschaltet. Entsprechend länger bleibt die Schaltanordnung leitend, wodurch mehr Energie im L- bzw. C-Glied gespeichert und die Ausgangsspannung beibehalten wird. Bei Absinken des Ausgangsstroms tritt das Gegenteil ein.

Da die Schaltanordnung nur die Zustände 'ein' bzw. 'aus' kennt, geht in ihr wenig Leistung verloren. Veränderungen der Potentiometerstellung bewirken eine Veränderung von U_F , wodurch die Ausgangsspannung bestimmt wird.

Transformator-Sekundärwicklungen. Die Wahl fiel auf diesen IC-Typ, weil er ein Absenken der Ausgangsspannung auf 0 V ermöglicht, was die Relais-Treibertransistoren sicher sperren läßt. Die Umschaltung zwischen den Trafo-Anzapfungen erfolgt, sobald der Wert der Ausgangsspannung etwa 12 bzw. 25 V passiert (ein Abgleich ist innerhalb eines Bereichs von einigen Volt möglich). Die Umschaltunkte arbeiten mit etwa einem Volt Hysterese, um ein 'Klappern' der Relais zu vermeiden, falls sich die eingestellte Ausgangsspannung einmal mit dem Umschaltpunkt decken sollte.

Zur Anzeige von Ausgangsspannung und -strom sind separate Anzeigeelemente vorhanden. Es gibt zwei Strombegrenzungsbereiche, nämlich 0—0,5 A und 0—5 A. Der Punkt, an dem das Netzgerät von Festspannung auf Strombegrenzung (Konstantstrom) schaltet, ist innerhalb der beiden Bereiche frei wählbar.

Auf der Frontplatte befindet sich eine Drucktaste zur Stromvorgabe, die die Ausgangsanschlüsse kurzschließt. Zwei Leuchtdioden zeigen an, in welcher Betriebsart das Gerät gerade arbeitet. Ein Schalter im Ausgangsstromkreis gestattet die Trennung von Netzgerät und Last, so daß das Gerät nicht abgeschaltet oder -geklemmt zu werden braucht, falls man einmal ohne seine Hilfe arbeiten möchte.

Es hat sich herausgestellt, daß das Gerät leistungsmäßig die Anforderungen an ein Labornetzteil, wie sie als wünschenswert genannt wurden, eher noch übersteigt. Tabelle 1 (s. o.) zeigt die genauen Werte. (Schluß folgt)

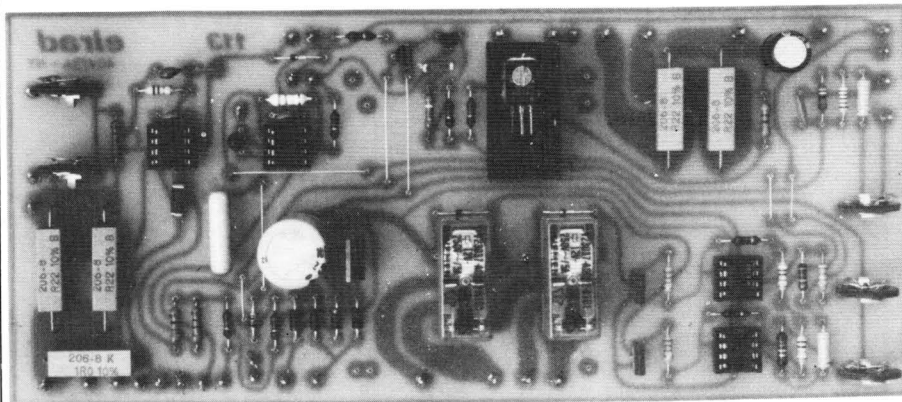
200 mA-Wicklung auf, die für die Versorgung der Operationsverstärker in der Regelstufe sowie zum Erzeugen einer 5 V-Referenzspannung benötigt wird. Selbstverständlich kann man diese Hilfsspannung alternativ auch durch Verwenden eines kleinen zusätzlichen Hilfstrafos erzeugen, nur ist dieses Verfahren nicht so elegant wie das von uns gewählte.

Die maximale Verlustleistung des Regelteils liegt bei unserem Netzgerät bei ca. 120 W — ein gegenüber 250 W beträchtlich leichter zu handhabender Wert. Er fällt an, wenn bei einem Ausgangsstrom von 5 A eine Spannung von etwa 25 V gewählt wird. Bei maximaler Verlustleistung pegelt sich die Kühlkörpertemperatur um 65° C ein.

Die Regelungsstufe benutzt zur Strom- und Spannungsregelung zwei CA 3130 als Differenzverstärker. Die Funktion des Längstransistors übernehmen zwei

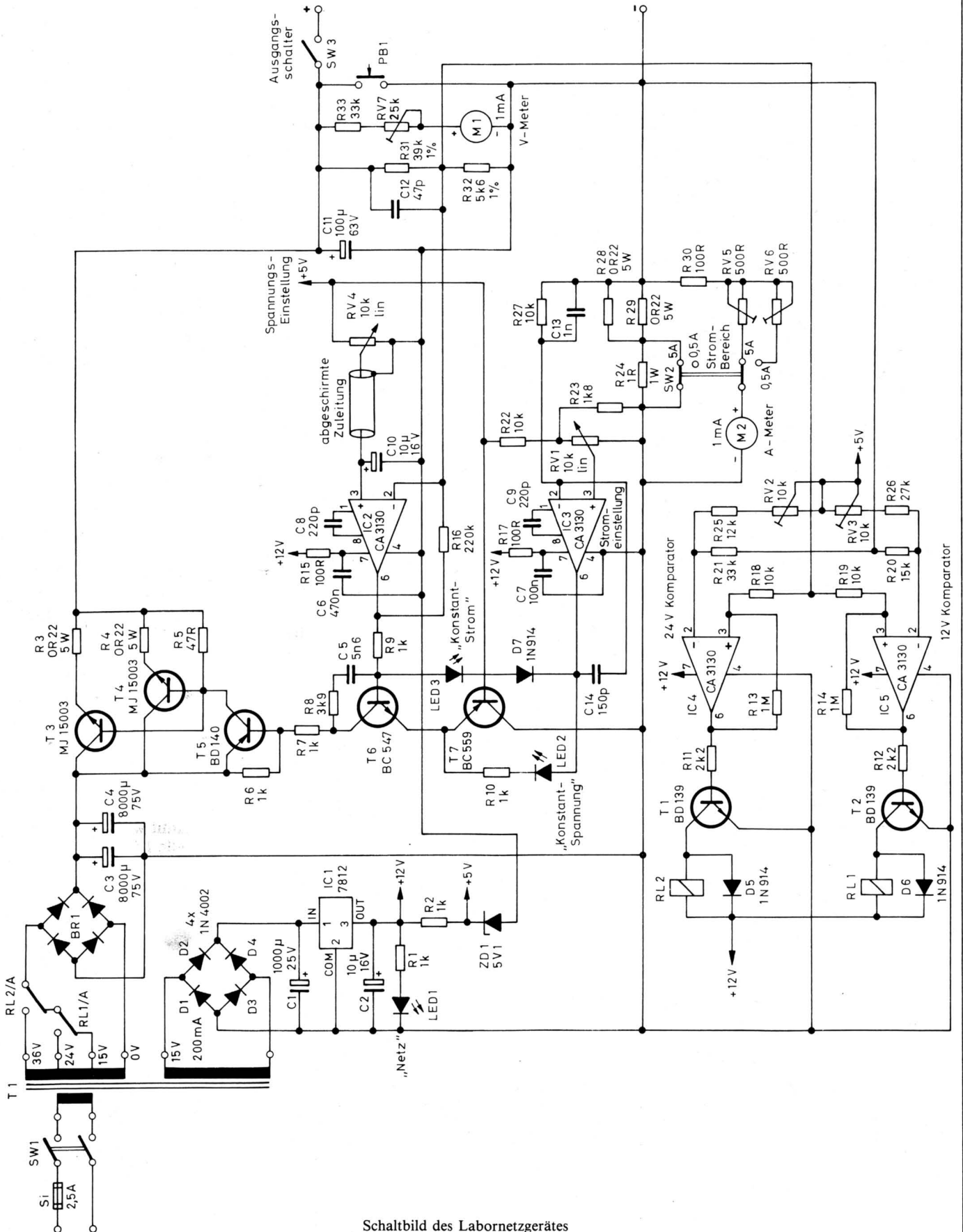
parallelgeschaltete NPN-Leistungstransistoren vom Typ MJ 15003.

Zwei weitere CA 3130 dienen als Vergleicher für die Umschaltung der



Die fertig bestückte Platine

Bauanleitung: Labornetzgerät



Schaltbild des Labornetzgerätes

Wie funktioniert's?

In unserem Netzgerät kommt eine Serienregelschaltung mit zusätzlicher Strombegrenzung zum Einsatz. Die 36-V-Sekundärwicklung des Netztransformators verfügt über Anzapfungen, die bei Einstellung der Ausgangsspannung automatisch über Relais angewählt werden, um die Verlustleistung im Längstransistor so gering wie möglich zu halten.

Eine zusätzliche 15 V Sekundärspule (bzw. ein zweiter Transformator) liefert die Versorgung für die Referenzspannung, die Relais, die Relaissteuerung sowie die beiden Operationsverstärker für die Rückmeldung von Spannung und Strom (IC2 und IC3).

Die 36 V-Sekundärwicklung des Netztransformators (T₁) liefert 5 A und ist bei 15 und 24 V angezapft. Die jeweils benötigte Anzapfung wird über die Kontakte der Relais RL1 und RL2 angewählt.

Diese Relais werden von Q1 und Q2 gesteuert, die wiederum über ein Vergleicherpaar (IC4 und IC5) und die dazugehörigen Widerstände (R13, 14, 18 und 19) geschaltet werden. Die Widerstände bewirken eine kleine Hysterese, so daß es zu keinem Relaisklappern kommt, wenn sich die Ausgangsspannung einmal genau mit der Umschaltspannung decken sollte.

Die Widerstände R21, 25, 20 und 26 sowie die beiden Trimpotentiometer RV2 und RV3 wirken als einstellbare Spannungsteiler, gespeist aus der 5 V-Referenzspannung. Diese Spannungsteiler bestimmen die Schaltspannungen für die beiden Vergleicher. Mit Hilfe der Trimpotis läßt sich die Umschaltspannung innerhalb gewisser Grenzen einstellen.

Relais RL1 schaltet bei einer Spannung von etwa 12 V, RL2 dagegen bei etwa 25 V. Auf diese Weise erhalten die beiden Längstransistoren genügend Spannung, um wirksam zu regeln, jedoch keine Überspannung, die nur unnötigerweise verlorengelassen würde.

Als Differenzverstärker, der in erster Linie für die Spannungsregelung verantwortlich ist, dient IC2, ein Operationsverstärker mit FET-Eingang vom Typ CA 3130. Dieser vergleicht die Spannung an seinem nichtinvertierenden Eingang (Pin 3) mit der an seinem invertierenden Eingang (Pin 2), welcher über einen (von R31 und R32 gebildeten) Span-

nungsteiler die Ausgangsspannung mißt. Der nichtinvertierende Eingang ist an den Schleifer von RV4 geführt, der eine Einstellung der Referenzspannung zwischen 0 und 5 V erlaubt.

Über den Widerstand R9 liegt der Ausgang von IC2 an der Basis von Q6, der zusammen mit Q5 den zur Ansteuerung der Basen der beiden parallelen Längstransistoren (Q3 und Q4) erforderlichen Strom liefert.

Die RC-Kombination aus R8 und C5 stellt um Q6 eine Gegenkopplung her und trägt, indem es die Verstärkung der Anordnung bei hohen Frequenzen abschwächt, zu höherer Stabilität bei.

Der Differenzverstärker zur Strombegrenzung wird von IC3 und den ihn umgebenden Bauelementen gebildet — C14 und C9, R17 und C7. Der Widerstand R17 bildet mit dem Kondensator C7 ein einfaches Tiefpaßfilter, damit eine relativ 'saubere' Versorgung des Operationsverstärkers sichergestellt wird. C9 kompensiert den Operationsverstärker, und C14 sorgt für Rückkopplung, damit die Gesamtverstärkung des Rückkopplungskreises bei hohen Frequenzen gesenkt wird. Dies gewährleistet Stabilität in der Betriebsart 'Stromregelung'.

Der nichtinvertierende Eingang an IC3 erhält eine einstellbare Referenzspannung über RV1, R22 und R23. Der invertierende Eingang liegt über R27 am negativen Ausgangsanschluß des Netzgerätes.

Dieser Operationsverstärker mißt nichts anderes als den Spannungsabfall an der aus R24, R28 und R29 gebildeten Widerstandskette. Diese Spannung ist proportional dem Strom, der dem Gerät entnommen wird. Der Widerstandswert dieser Reihe ist mittels des Strombereichschalters SW2 umschaltbar.

Im 5 A-Bereich überbrückt der Schalter den Widerstand R24, wodurch sich ein Gesamtwiderstand von 0,11 Ω ergibt. Wird beispielsweise eine 5 A-Strombegrenzung gewünscht, so drückt man die Stromvorgabetaste PB1 und regelt das Strom-Einstellpoti RV1 aus, so daß 5 A fließen. Hierdurch liegt am Pin 3 des IC3 eine Bezugsspannung von 0,55 an. Der Operationsverstärker vergleicht diese Referenzspannung sodann mit der an der Widerstandskombination anliegenden Spannung.

IC3 liefert nun eine Ausgangsspannung, die geeignet ist, seine beiden Eingänge auf die gleiche Spannung zu bringen, und da 5 A an der Widerstandskombination einen Spannungsabfall von 0,55 V erzeugt, wird der Laststrom auf 5 A begrenzt.

Dies setzt allerdings voraus, daß die Ausgangsspannung hoch genug gewählt worden ist, um mehr als den gewünschten Strom durch den Verbraucher zu schicken. Ist dies nicht der Fall, so geht der Verstärker von einer allzu großen Stromabweichung aus, die er nicht zu beheben imstande ist. Die Bezugsspannung am Pin 3 des IC3 liegt dann über der an Pin 2 anliegenden Spannung, was an seinem Ausgang eine Spannung etwa in Höhe seiner positiven Versorgungsspannung entstehen läßt, d. h. etwa 12 V. Die Leuchtdiode LED2 erhält damit ihre Durchlaßvorspannung und meldet, daß das Gerät in der Betriebsart 'Spannungsregelung' arbeitet — d. h. der Ausgang wird über das Spannungspoti geregelt.

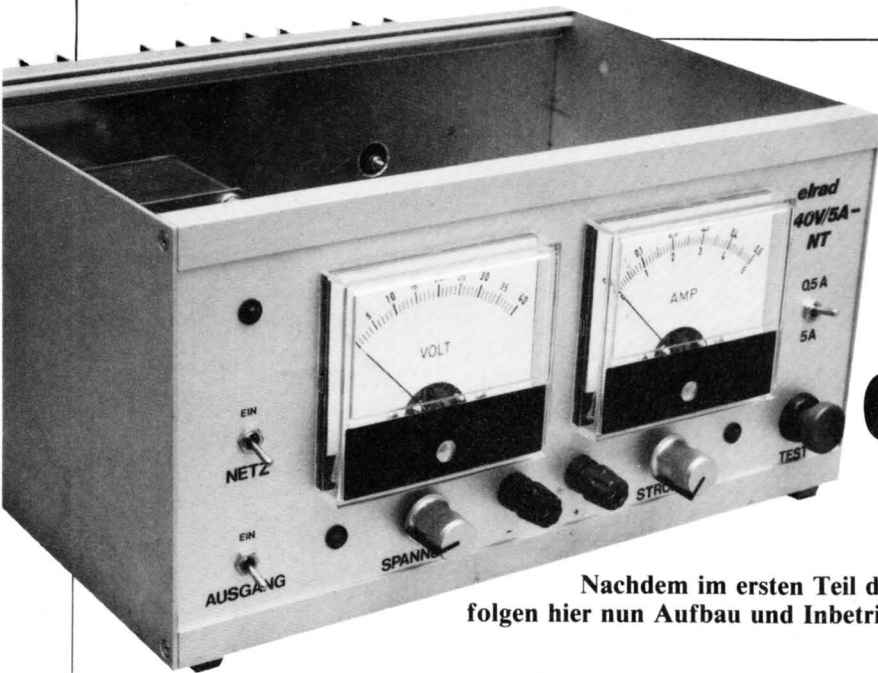
Das Stromanzeigeelement M2 ist als Voltmeter geschaltet, das an der Widerstandskombination in der Minusleitung des Netzgerätes anliegende Spannung mißt. Die beiden Trimpotentiometer RV5 und RV6 dienen zum Abgleich der beiden Ausgangs-Strombereiche.

Ein Brückengleichrichter (Br1) sowie zwei 8000 μ F/75 V Kondensatoren liefern die Versorgung für das Netzgerät.

Die Operationsverstärker für die Strom- und Spannungsregelung benötigen eine 12 V-Versorgungsspannung, die entweder aus einer unabhängigen Sekundärwicklung des Netztrafos oder aus einem zweiten kleinen Transformator gewonnen wird. Sie sollte bei 12 V mindestens bis 150 mA belastbar sein, aber eine Leistung von 15 V/200 mA bietet mehr Reserven.

Die Dioden D1 bis D4 dienen zur Gleichrichtung dieser Versorgung, wobei C1 als Siebkondensator fungiert. IC1 dient zur Stabilisierung auf 12 V. Eine parallelgeschaltete Zenerdiode 5V1 liefert die 5 V-Bezugsspannung, die die Operationsverstärker für die Strom- und Spannungsregelung (IC2 und IC3) als Referenzspannung benötigen.

Die LED-Netzkontrolleuchte LED1 wird über den Vorwiderstand R1 aus der +12 V-Schiene gespeist. Der Ausgangsschalter SW3 erlaubt ein Abschalten der Versorgungsspannung, ohne die Netzzufuhr abzuschalten.



Teil 2: Aufbau und Abgleich

Labornetzgerät 0...40 V/5 A

Nachdem im ersten Teil das Gerät samt Regelverfahren beschrieben wurde, folgen hier nun Aufbau und Inbetriebnahme.

Gleich, ob man die Teile einzeln oder im Bausatz erstanden hat, sollte man erst alle benötigten Dinge einmal vor sich ausbreiten und sicherstellen, daß nichts fehlt. Dies gilt auch für Zubehör wie Wärmeleitpaste, Schrauben und Muttern geeigneter Größe. Zur Verdrahtung des Netzgeräts werden im wesentlichen zwei Leiterarten verwendet: 'normal' (0,14 mm²) und 'stark' (1,5 mm²). Zur Verdrahtung derjenigen Schaltungsteile, in denen hohe Ströme fließen, wurde starke Leitung verwendet, wie im Verdrahtungsplan ausgewiesen.

Das von uns benutzte Gehäuse stammt von der Firma gsa und hat die Bezeichnung V 1034; die Maße sind 150 x 200 x 300 mm. Vor Beginn des Zusammenbaus werden alle erforderlichen Löcher im Chassis angezeichnet und gebohrt bzw. ausgeschnitten. Vor dem Bohren ist der Mittelpunkt eines jeden Ausschnitts zu markieren. Die Bauteile werden zunächst probeweise eingesetzt und auf Paßsitz geprüft, gegebenenfalls muß nachgearbeitet werden. Man beginnt zunächst mit der Rückseite des Chassis. Der Kühlkörper wird mittig angeordnet, wobei noch Platz für die Sicherung und das Netzkabel bleiben muß. Bei dem von uns benutzten Kühlkörper handelt es sich um ein 180 x 128 mm großes Stück mit 46-mm-Kühlrippen, schwarz eloxiert. Im Handel sind überall zumindest ähnliche Typen erhältlich. Jeder andere Kühlkörper mit vergleichbaren Maßen tut es genauso.

Für die zur Befestigung der Transistoren erforderlichen Teile einschließlich

Zuleitungen sowie der Schrauben für die Kühlkörper werden Löcher in die Rückseite gebohrt. Nachdem dies geschehen ist, legt man die Lage der Löcher für die Sicherungshalterung und die Netzleitungsdurchführung fest. Die Durchführung sollte mit einer Zugentlastung versehen sein.

Als nächstes kann der Trafo in der Gerätemitte, leicht zur Rückwand hin versetzt, angeordnet werden, wobei zwischen Gehäuse-Rückwand und Trafo-Wicklung mindestens 15 mm Abstand bleiben müssen. Aus Platzgründen entschieden wir uns jedoch für einen Einbau im linken Teil des Gehäuses. Der Transformator wird mit vier Schrauben befestigt. Dann werden die Plätze für die beiden Siebkondensatoren, den Brückengleichrichter, den Netzanschluß, die Masseklemme sowie (gegebenenfalls) den Hilfstransformator festgelegt, angerissen und gebohrt. Alles wird nun probeweise montiert und die korrekte Lage noch einmal überprüft.

Nun können Sie die Beschriftung der Frontplatte vornehmen, die sich mit Abreibe-Buchstaben relativ leicht durchführen läßt. Anschließend werden die zum Einbau in die Frontplatte vorgesehenen Bauteile montiert — also Anzeigeelemente, Schalter, Ausgangsbuchsen usw. Sie werden mit ausreichend langen Drähten versehen, wie im Verdrahtungsdiagramm abgebildet. Bitte beachten Sie, daß für die Verbindung zwischen Platine und Spannungsregelpoti (RV4) abgeschirmte Leitung verwendet wird. Am Potentiometer wird die Abschirmung nur an diejenige

Lötöse angelötet, die auch mit dem Masseleiter verbunden ist. Mit der Leiterplatte wird sie (wegen Brummgefahr) nicht verbunden.

Jetzt montiert man die Bauteile auf der Geräte-Rückseite, wobei das Netzkabel noch einen Augenblick unberücksichtigt bleibt. Die Transistoren werden zusammen mit den Kühlkörpern auf das Chassis geschraubt. Anschließend werden die Transistoren mit Zuleitungen (entsprechend dem Verdrahtungsplan) versehen. Dann erfolgt die Montage des Brückengleichrichters, wobei auch dieser mit ausreichend langen Zuleitungen versehen werden muß. Es folgt die Montage des Netzanschlusses und des Hilfstrafos (falls erforderlich). Netzschalter, Hauptsicherung und Netzanschluß werden verdrahtet. Der Netztrafo wird befestigt, gefolgt von des Siebelkos.

An dieser Stelle kann mit der Bestückung der Leiterplatte begonnen werden. Man inspiziert zunächst die Bahnen und stellt dabei sicher, daß sie nicht gebrochen oder durch feine Brücken verbunden sind. Auch ist darauf zu achten, daß alle Löcher gebohrt sind und den richtigen Durchmesser haben, vor allem dort, wo später die Relais eingesetzt werden.

Sofern mit der Leiterplatte alles in Ordnung ist, kann mit dem Einlöten der Drahtbrücken, Widerstände und Kondensatoren angefangen werden. Bitte achten Sie bei den Normal- und Tantal-Elkos auf die richtige Polung! Anschließend werden die Halbleiter verlötet. Vor dem Einlöten bitte immer

vergewissern, daß die jeweilige Einbaurichtung stimmt. Für die Aufnahme der ICs können Sie Fassungen verwenden. Zu beachten ist auch, daß Transistor T5 (BD 140) einen kleinen Kühlkörper benötigt. Vor Einsetzen des Transistors bestreicht man seine Unterfläche leicht mit Wärmeleitpaste — eine Isolierscheibe ist jedoch nicht erforderlich. Dann werden die Relais eingesetzt und verlötet, gefolgt von den Lötstiften für die Zuleitungen von der Platine zum Chassis. Verdrahten Sie nun die Platine entsprechend dem Verdrahtungsplan. Die Leitungen sind sorgfältig zu verlegen. Danach wird alles noch einmal überprüft. Der Anschluß der Netzzuleitung erfolgt ganz zum Schluß. Richten Sie es so ein, daß der Schutzleiter (gelb/grün) am längsten ist, so daß er als letzter abreißen würde, wenn das Kabel einmal doch herausgerissen werden sollte.

Prüfung und Inbetriebnahme

Man bringt die Trimpotis in Mittelstellung und dreht die Regler für die Strom- und Spannungseinstellung etwa eine Viertelumdrehung auf. Der Strombereichsschalter sollte auf 0,5 A, der Ausgangsschalter auf Ein stehen. Jetzt den Netzstecker einstecken und das Gerät einschalten.

Es müßte jetzt die Netz-LED aufleuchten, zusammen mit der Leuchtdiode für die Betriebsart 'Spannungsregelung'. Das Voltmeter sollte einen nicht zu hohen Wert anzeigen. Ist dies nicht der Fall, abschalten und nach dem Verdrahtungsfehler suchen (Ist eine Sicherung in der vorgesehenen Fassung?).

Mit einem Vielfachmeßgerät wird die Spannung an den beiden Hauptsieb-kondensatoren (C3, C4) geprüft. Sie sollte ca. 21,5 V betragen (gegen Minus am Ausgang des Netzgeräts — auf diesen Punkt beziehen sich alle nachfolgend genannten Werte). Dann ermittelt man die Spannung an Pin 1 (Eingang) des IC1 (d. h. an den Kathoden-seiten von D2 und D4). Wird ein 12 V-Hilfstrafo verwendet, sollte sie ca. 17,5 V betragen; falls der Haupttrafo eine 15-V Hilfswicklung hat, müßten ungefähr 21 V anliegen. Jetzt wird der Ausgang von IC1 geprüft (Pin 3). Der Wert sollte um 12 V liegen. Sodann ist die Spannung an der Kathode von ZD1 an der Reihe. Sie sollte ziemlich genau 5,1 V betragen. Weitere Spannungen

zu messen, ist zu diesem Zeitpunkt nicht sehr sinnvoll. Kommt man zu beträchtlich abweichenden Werten, sollte das Gerät abgeschaltet und Verdrahtung sowie Platinenbestückung einer Prüfung unterzogen werden. Etwaige Fehler sind zu beheben. Stimmt alles, so dreht man den Spannungsregler auf, bis RL1 hörbar anzieht. Die Spannung an den Plus-Anschlüssen von C3—C4 sollte jetzt ca. 36 V betragen. Wird weitergedreht, so schaltet RL2, und die Spannung am positiven Pol von C3—C4 müßte auf 54 V angestiegen sein.

Nun wird die Spannung an den Ausgangsklemmen geprüft. Man regelt die Spannung einmal über den gesamten Bereich und vergewissert sich, daß sie sich von 0 bis knapp über 40 V regeln läßt. Zur Kalibrierung der Anzeigeeinstrumente kommen wir später.

An dieser Stelle wird erst einmal die Strombegrenzungsfunktion einer Kontrolle unterzogen. Ausgangsschalter in Stellung AUS bringen. Vielfachmeßgerät auf 5 oder 10 A-Bereich stellen und an die Ausgangsklemmen anlegen. Der Strombereichsschalter des Netzgeräts sollte auf 0,5 A stehen. Die Spannungsregelung wird zurückgedreht, bis das Potentiometer etwa nur noch eine Viertelumdrehung geöffnet ist. Jetzt wird der Ausgangsschalter in Stellung EIN gebracht. Die LED-Anzeige für die Betriebsart 'Spannung' sollte erlöschen, die für die Betriebsart 'Strom' dagegen aufleuchten (dies sollte übrigens auch eintreten, wenn der Spannungsregler auf Minimalstellung steht. Das Vielfachmeßgerät sollte einen

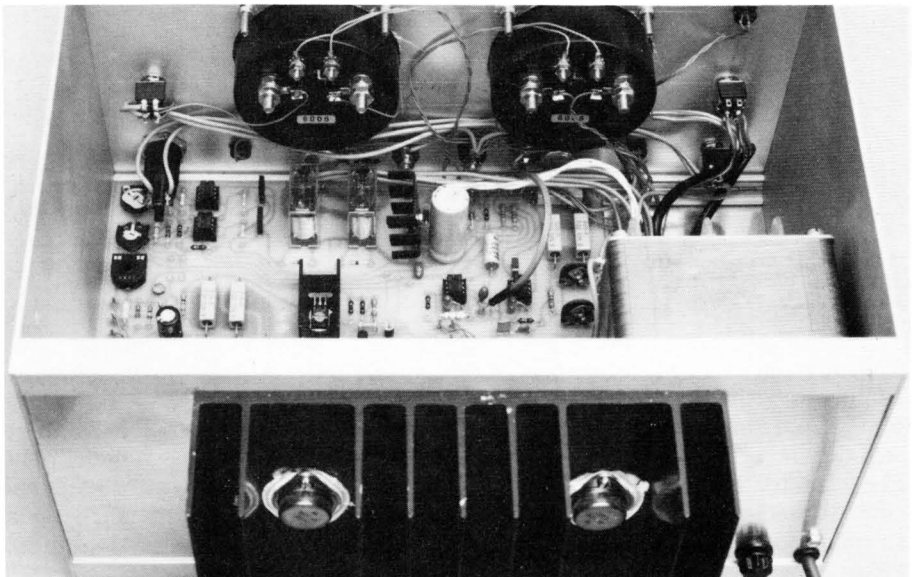
niedrigen Stromwert anzeigen. Tut es das nicht, so haben Sie den Strombereichsschalter falsch herum angeschlossen.

Wählen Sie jetzt auf dem Vielfachmeßgerät einen geeigneten Bereich (1 A oder 2 A). Die Stromregelung wird nun auf Maximum gedreht, wobei das Meßgerät etwa 0,6—0,7 A anzeigen sollte. Dann wählt man einen für 10 A geeigneten Bereich und stellt den Strombereichsschalter auf 5 A. Auf dem Multimeter sollten nun etwa 6—7 A erscheinen.

Wenn alles stimmt, kann man nun zur Kalibrierung der beiden Anzeigeeinstrumente schreiten.

Zunächst kommt das Voltmeter an die Reihe. Das Multimeter bleibt hierbei an den Ausgangsklemmen angeschlossen und wird auf einen Meßbereich eingestellt, in dem sich 20 V präzise ablesen lassen. Die Spannungskontrolle wird so eingeregelt, daß auf dem Vielfachmeßgerät exakt 20,0 V abzulesen sind. Nun erfolgt der Abgleich von RV 7 dahingehend, daß das Instrument in unserem Netzgerät ebenfalls genau 20 V anzeigt. Stellt man jetzt eine Spannung von 5 V ein, so muß die Abweichung am Ausgang kleiner als 0,25 V sein.

Dies halten wir deshalb für nötig, da viele Bauelemente, namentlich ICs in TTL-Bauweise und Operationsverstärker, exakte Versorgungsspannungen benötigen und dabei meist mit Werten unter 20 V arbeiten. ICs in TTL-Bauweise können bei Spannungen über 5,5 Volt Schaden nehmen. Kalibriert



Bauanleitung: Labornetzgerät

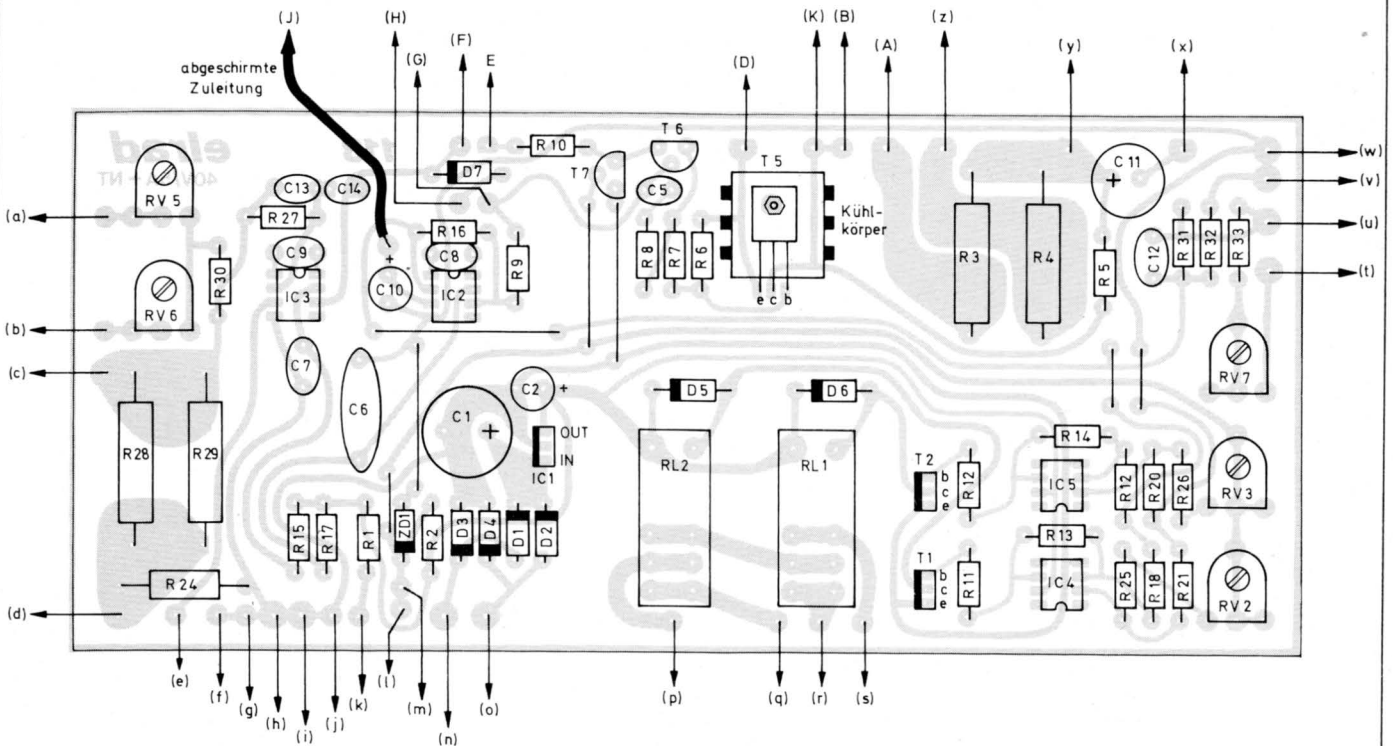


Bild 1. Bestückungsplan

Stückliste

Halbleiter

G11	Brücke 100 V/25 A
D1,2,3,4	1N4002 o.ä.
D5,6,7	1N4148
T1,2	BD 139
T3,4	MJ 15003 (o. MJ 15024)
T5	BD 140
T6	BC 547
T7	BC 559
IC1	LM 7812
IC2,3,4,5	CA 3130
LED1	rote LED
LED2	gelbe LED
LED3	grüne LED
ZD1	5V1/400 mW

Widerstände (alle 1/4 W, 5%, wenn nicht anders angegeben)

R1,2,6,7,9,10	1k
R3,4,28,29	0R22, 5 W
R5	47R

R8	3k9
R11,12	2k2
R13,14	1M
R15,17,30	100R
R16	220k
R18,19,22,27	10k
R20	15k
R21,33	33k
R23	1k8
R24	1R, 1 W
R25	12k
R26	27k
R31	39k, 1%
R32	5k6, 1%
RV1,4	10k lin. Potis
RV2,3	10k Trimmer
RV5,6	500R Trimmer
RV7	22k Trimmer

Kondensatoren

C1	1000µ/25 V Elko
C2,10	10µ/16 V Tantal
C3,4	8000µ/63 V Elko
C5	5n6 MKH
C6	470n MKH

C7	100n MKH
C8,9	220p ker.
C11	100µ/63 V Elko
C12	47p ker.
C13	1n ker.
C14	150p ker.

Sonstiges

F1	Sicherung 2,5 A träge und Halter
M1,2	1-mA-Einbauminstrumente
PB1	Taster 1 x EIN, 5 A
SW1	Schalter 250 V/1,5 A
SW2,3	Schalter 250 V/5 A
RL1,2	12-V-Relais 1 x UM, mind. 5 A (z. B. Siemens V23037-A0002-A101)
T1	Trafo, 220 V primär 0—15—24—36 V/5 A (minimal) sekundär mit Hilfswicklung 15 V/150 mA (oder separater Trafo)

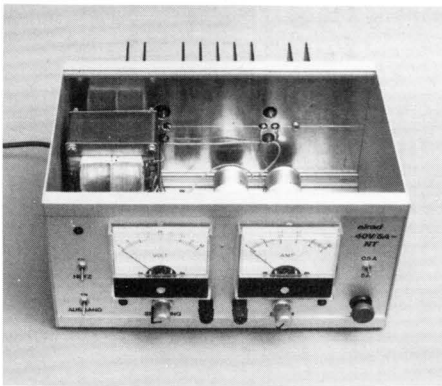
man nun das Anzeigeelement mit 20 V, so ist sichergestellt, daß die Meßgenauigkeit im unteren Skalenbereich ausreicht, um Probleme zu vermeiden. Erhält man dabei im Bereich 20—40 V eine Abweichung von ca. einem Volt, so ist das dagegen weniger schwerwiegend.

Zur Kalibrierung des Strommeßgeräts wird zunächst der Ausgangsschalter des Netzgeräts in die Stellung AUS gebracht. Am Bereichsschalter wählt man den Strombereich von 0,5 A und öffnet sowohl Strom- als auch Spannungsregler etwa eine Viertelumdrehung.

Nun den Ausgangsschalter schließen und den Stromregler so drehen, daß auf dem Vielfachmeßgerät 500 mA erscheinen. Jetzt wird RV6 so eingestellt, daß das Strom-Anzeigeelement auf Vollausschlag geht. Dann auf dem Meßgerät den 5 A- bzw. 10 A-Bereich wählen und den Strombereichsschalter

auf 5 A stellen. Die Spannungsregelung wird so eingestellt, daß auf dem Multimeter 5,00 A angezeigt werden, worauf man RV5 so abgleicht, daß das Strom-Anzeigeelement auf Vollauschlag geht.

Beim Umschalten von 0,5 A auf 5 A ist deshalb ein erneuter Abgleich der Stromanzeige erforderlich, da der Meßwiderstand für den 5 A-Bereich nicht genau $0,1 \Omega$ groß ist — schließlich besteht er aus zwei parallelgeschalteten $0,22 \Omega/5 \text{ W}$ -Widerständen, die im Handel noch am ehesten erhältlich sind. Ohnehin führen Toleranzen hier zu geringen Werteabweichungen.



Jetzt werden die Schaltpunkte der Relais eingestellt. RV2 und RV3 werden bis zum Anschlag gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Dann regelt man die Ausgangsspannung auf knapp unter 10 V ein. Dies kann entweder mit einem externen Vielfachmeßgerät oder über die eigenen Anzeigeelemente des Netzgeräts geschehen.

Man dreht nun den Spannungsregler langsam auf, bis etwa 12,5 V erreicht sind. RV3 wird nun im Uhrzeigersinn gedreht, bis RL1 gerade hörbar anzieht. Mit diesem Trimpoti läßt sich der Schaltpunkt innerhalb eines Bereichs von etwa 3 V, also etwa zwischen 11 und 14 V, einstellen. Mitunter kann man feststellen, wie die Spannung am Ausgang beim Anziehen von RL1 um einige hundert mV abfällt. Dies ist jedoch ohne Bedeutung.

Danach wird der Spannungsregler langsam weitergedreht, bis am Ausgang ca. 25,5 V anliegen. Nun kann RV2 im Uhrzeigersinn gedreht werden, bis RL2 anzieht. Abermals wird sich dabei am Ausgang ein Spannungsabfall von einigen hundert mV bemerkbar machen, was jedoch ebensowenig von Bedeutung ist. Dieses Trimpoti

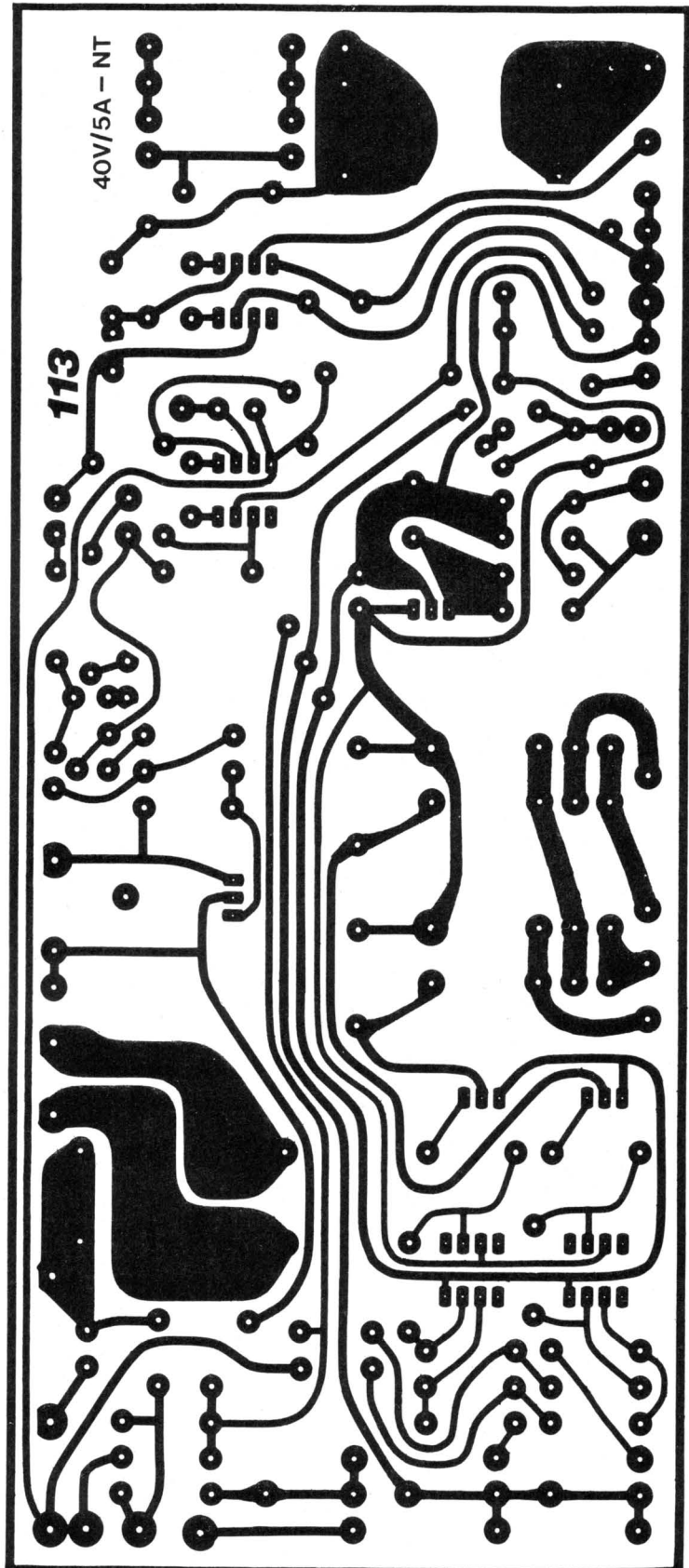


Bild 2. Das Platinen-Layout

Bauanleitung: Labornetzgerät

ermöglicht die Einstellung in einem Bereich von ca. 6 V, was einen Abgleich zwischen ungefähr 24 und 30 V ermöglicht.

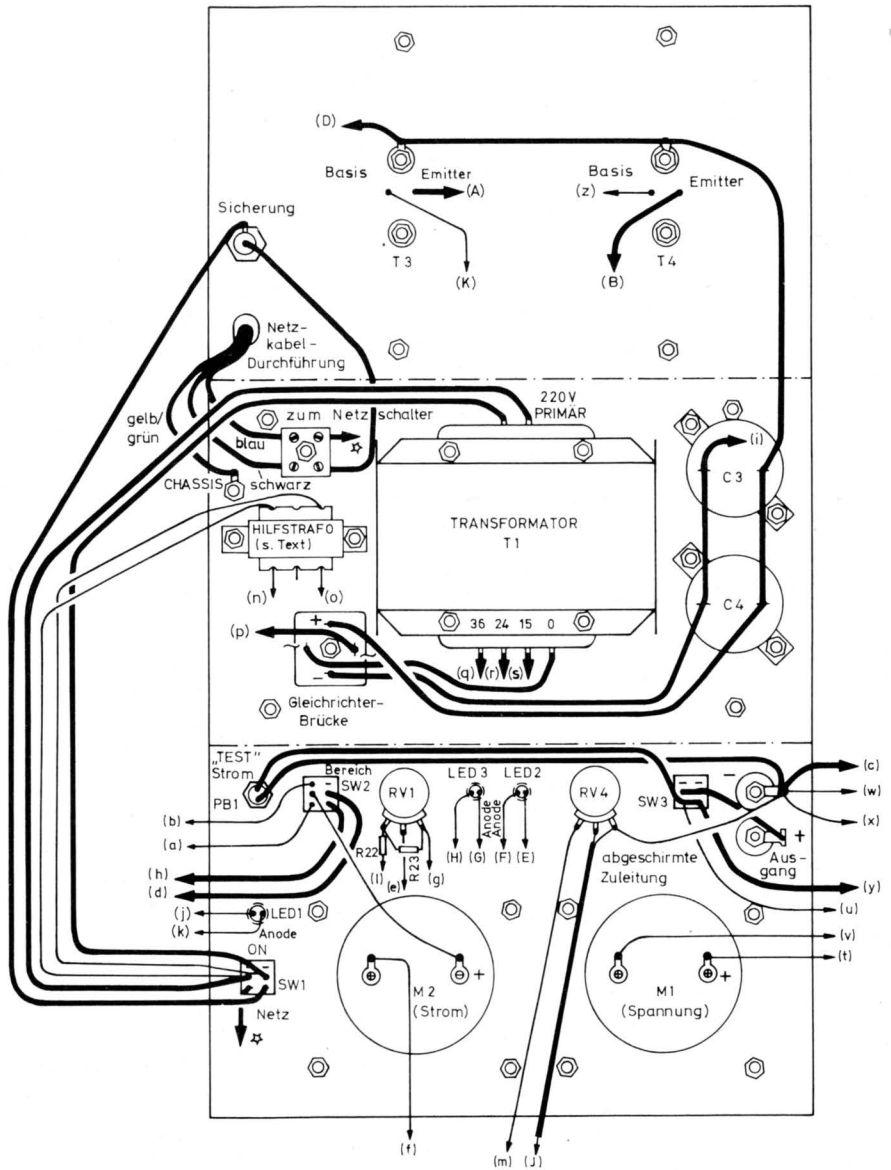
Geschafft! Nachdem der Deckel aufgeschraubt ist, kann das elrad-Labornetzgerät seinen Ehrenplatz in der Hobbywerkstatt bekommen.

Ein paar Bedienungshinweise

Bei Inbetriebnahme des Netzgeräts sollte sich der Ausgangsschalter stets in Stellung AUS befinden. Zunächst die Ausgangsspannung auf die Erfordernisse der jeweiligen Schaltung einstellen. Dann am Bereichsschalter für die Strombegrenzung den entsprechenden Bereich vorwählen, den Stromvorgabeknopf drücken und den Stromregler so einstellen, daß der Wert auf dem Anzeigeinstrument knapp über dem von der anzuschließenden Schaltung zu erwartenden Verbrauch liegt. Dabei etwaige Relais-Einschaltströme sowie den Strombedarf von Leuchten, Anzeigeinstrumenten usw. mit einrechnen.

Bei reinen CMOS-Schaltungen, selbst solchen mit über einem Dutzend ICs, reicht eine Strombegrenzung von 100–150 mA allemal aus.

Und Vorsicht bei Schaltungen, die neben den durchschnittlichen Strömen Spitzenströme in mehrfacher Höhe aufnehmen — die eingestellte Strombegrenzung hat dem Rechnung zu tragen (z. B. bei NF-Verstärkern, Impulsschaltungen). Nach ein paar Versuchen und mit ein wenig Erfahrung lernen Sie schnell, wie sich das elrad-Labornetzgerät bedienen und optimal einsetzen läßt.



□ Bild 3. Die nicht ganz einfache Verdrahtung

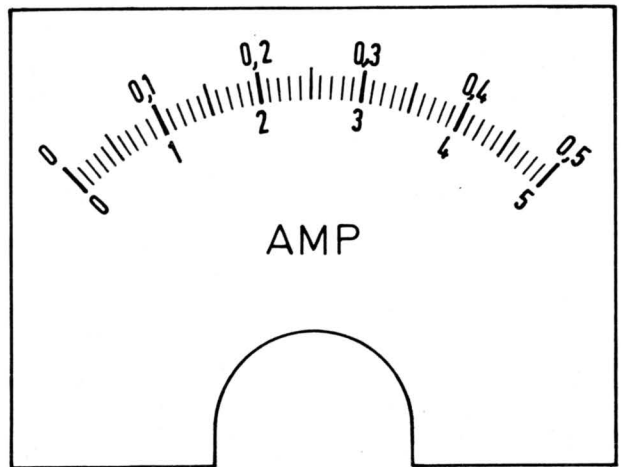
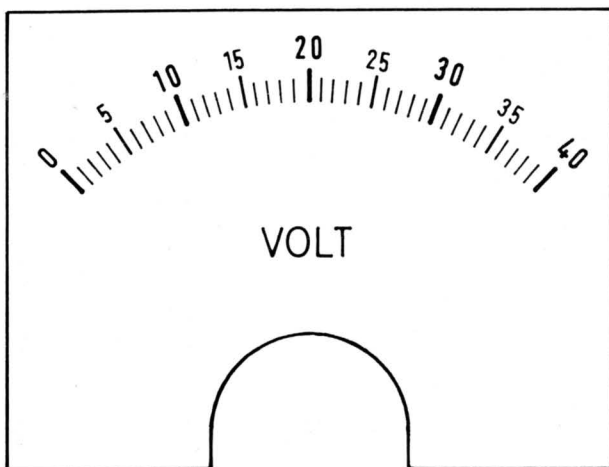


Bild 4. Die Skalen für Volt- und Amperemeter