

Im Laufe der Jahre, zwölf sind's nun schon, wurden allerhand Netzgeräte in Elektor veröffentlicht – alle möglichen Varianten mit den unterschiedlichsten Abmessungen. Diese "Flut" von Netzteilen rührt sicherlich auch daher, daß wir uns bemühen, ständig auf dem neuesten Stand der Technik zu sein. Außerdem begibt sich wohl jeder Elektronik-Anfänger zunächst auf die Suche nach einem Experimentier-Netzgerät. Der Bedarf ist also einigermaßen groß. Ein gutes Labor-Netzgerät muß einige Voraussetzungen erfüllen, die wir im folgenden einmal auflisten wollen.

- Ausreichende Leistung: einige Amperes bei einer maximalen Spannung von mindestens 24 V.
 - Unter allen Umständen stabil.
 - Kurzschlußfest, auch über längere Zeit.
 - Strombegrenzung stufenlos einstellbar.
 - Ausgangsspannung von Null bis zum Maximum einstellbar.
 - Ausgangsspannung und -strom auf Instrumenten ablesbar.
 - Fühler- (Sense-)Eingänge zum Ausgleich des Spannungsverlustes auf langen Leitungen vorhanden.
- Die beiden zuletzt genannten Voraus-

setzungen müssen nicht unbedingt erfüllt sein, sind allerdings sehr nützlich. Die übrigen Voraussetzungen lassen sich nicht einfach mit wenigen und handelsüblichen Bauteilen realisieren. Trotzdem ist uns die Entwicklung eines Geräts gelungen, das sich durchaus mit fertigen Industrie-Netzgeräten messen kann. Die Schaltung ist außerdem so universell ausgelegt, daß man einen großen Spannungs- und Strombereich wählen kann. Bei der Entwicklung dieses Netzgeräts sind wir vom einem Regelprinzip ausgegangen, das überwiegend in professionellen Geräten verwendet wird, aber nicht allzu bekannt sein dürfte. Also sehen wir uns die Sache einmal an.

Das Regelprinzip

Bei der Spannungsstabilisation hat man im allgemeinen die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten: Reihen- oder Parallelstabilisierung. Bei der Reihenstabilisierung liegt der Steuer-(Leistungs-)Transistor in Reihe mit der Last. Bei der Parallelstabilisierung liegt er parallel dazu. Normalerweise "greift" man zur Serienstabilisierung. So auch hier. Nichts Neues also. Neu ist allerdings die Art der Regelung.

**Solide, robust
und durch nichts zu
erschüttern**

Elektor-Labor-Netzgerät

Was ist wohl das meistgebrauchte Gerät im Hobby-Labor? Richtig: ein gutes Netzgerät! Zu Experimentierzwecken ist nicht nur ein Netzgerät nötig, das eine stabile Spannung liefert. Ebenso wichtig ist ein Gerät, das mal einen Stoß vertragen kann, kurzschlußfest ist und – noch besser – eine einstellbare Strombegrenzung besitzt. Nun – hier ist also die "eierlegende Wollmilchsau" unter den Netzgeräten: reichlich "Power" (35 V/3 A) und alle wichtigen "Features" sind vorhanden. Außerdem fällt die Schaltungstechnik doch etwas aus dem üblichen Rahmen. Grund genug, sich auch aus diesem Grunde das Netzgerät genauer anzusehen.

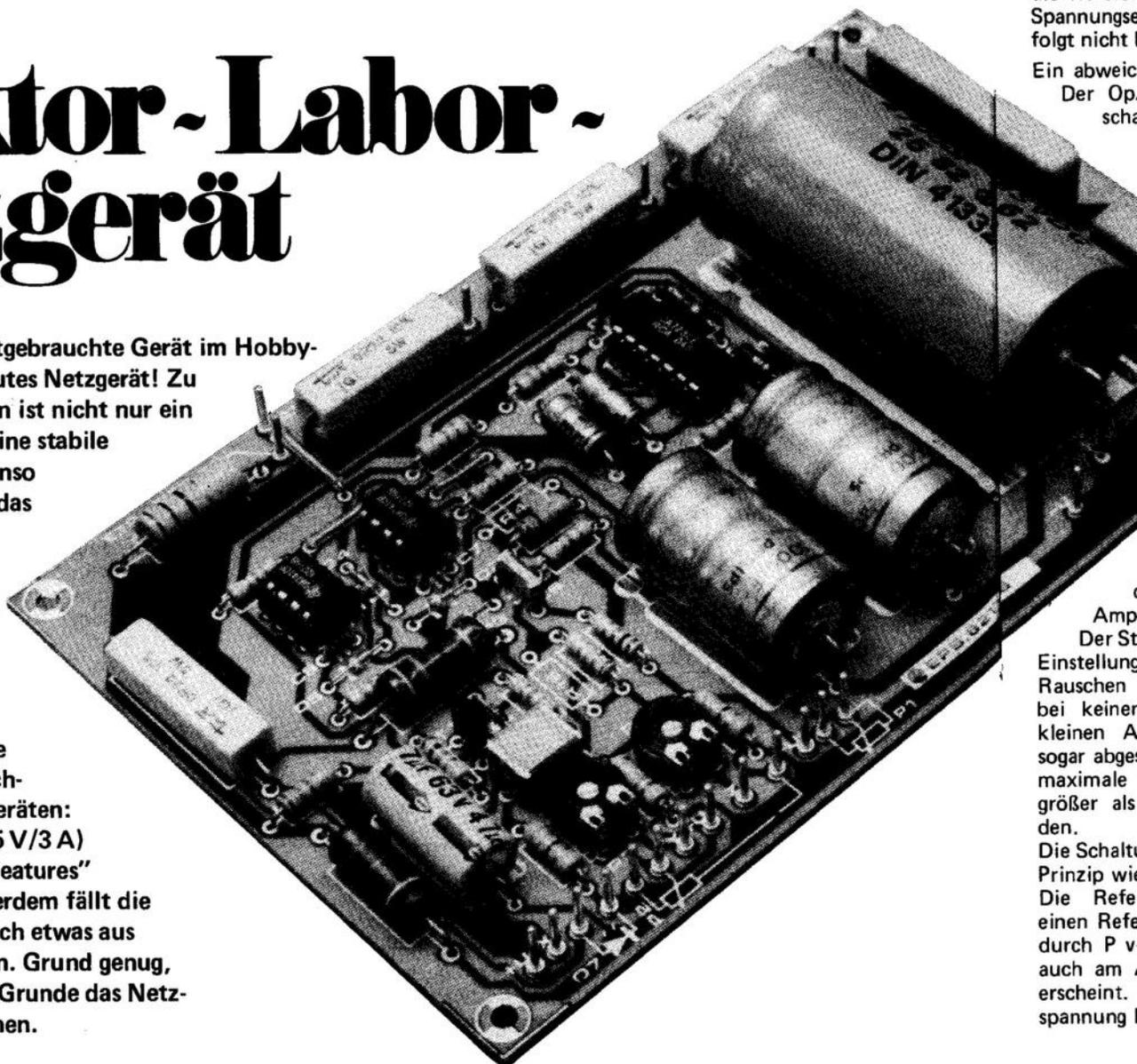


Bild 1a zeigt
Spannungsre
Der Ausgang
liegt in Seri
Eingang des
Referenzspa
Ausgangsspa
an den M
Dieser stellt
ein, daß
zwischen se
Null wird.
von P ist
Referenzspa
von P am
die Ausgang
Referenzspa
Schleifer v
dann ist die
so groß wie
so weiter.
ist offensiv
faktor hän
des Potis ab
spannung
abgeschwäc
gang des C
Rauschen
abhängig v
Potis, verst
die Ausgang
die Referen
Spannungse
folgt nicht
Ein abweic
Der Op
scha

Amp
Der St
Einstellung
Rauschen
bei keiner
kleinen A
sogar abge
maximale
größer als
den.
Die Schalte
Prinzip wie
Die Refe
einen Refe
durch P v
auch am
erscheint.
spannung

Bild 1a zeigt zunächst eine "normale" Spannungsregelung im Blockschema. Der Ausgang des Leistungsverstärkers A liegt in Serie mit der Last R_L . Am Plus-Eingang des Leistungs-OpAmps liegt die Referenzspannung U_{ref} . Ein Teil der Ausgangsspannung gelangt über Poti P an den Minus-Eingang des OpAmps. Dieser stellt die Ausgangsspannung so ein, daß der Spannungsunterschied zwischen seinen beiden Eingängen zu Null wird. Die Spannung am Schleifer von P ist also genauso groß wie die Referenzspannung. Steht der Schleifer von P am oberen Ende, dann ist auch die Ausgangsspannung so groß wie die Referenzspannung. Befindet sich der Schleifer von P in der Mittelstellung, dann ist die Ausgangsspannung doppelt so groß wie die Referenzspannung, und so weiter. Der Nachteil dieses Systems ist offensichtlich: Der Stabilisierungsfaktor hängt von der Schleiferstellung des Potis ab. Änderungen der Ausgangsspannung werden nämlich zunächst abgeschwächt, bevor sie an den Eingang des OpAmps gelangen. Auch das Rauschen der Referenzspannung wird, abhängig von der Schleiferstellung des Potis, verstärkt. Außerdem kann man die Ausgangsspannung nicht kleiner als die Referenzspannung wählen. Und die Spannungseinstellung mit dem Poti erfolgt nicht linear.

Ein abweichendes Prinzip zeigt Bild 1b. Der OpAmp ist hier als Puffer gehalten. Das Poti liegt an der Referenzspannung und dessen Schleifer am Plus-Eingang des OpAmps. Die Ausgangsspannung entspricht also

der Spannung am Schleifer von P. Hier kann man die Ausgangsspannung von Null bis zur Referenzspannung ändern. Voraussetzung: Der OpAmp wird symmetrisch gespeist. Der Stabilisierungsfaktor ist für jede Einstellung des Potis gleich. Und das Rauschen der Referenzspannung wird bei keiner Potistellung verstärkt. Bei kleinen Ausgangsspannungen wird es sogar abgeschwächt. Allerdings kann die maximale Ausgangsspannung nicht größer als die Referenzspannung werden.

Die Schaltung in Bild 1c folgt demselben Prinzip wie in Bild 1b. Der Unterschied: Die Referenzspannung wurde durch einen Referenzstrom ersetzt. Der Strom durch P verursacht eine Spannung, die auch am Ausgang des Regelverstärkers erscheint. Der Vorteil: Die Referenzspannung braucht nicht gleich der maxi-

mal gewünschten Ausgangsspannung zu sein. Die zuvor erwähnten guten Eigenschaften der Schaltung bleiben erhalten. Schließlich Bild 1d. Diese Schaltung funktioniert genau wie diejenige in Bild 1c. Die Stromquelle wurde hier durch eine Spannungsquelle ersetzt. Eigentlich nichts Besonderes. Nur der Platz, an dem sie nun "sitzt", mutet schon etwas eigenartig an. Im Prinzip kann man nämlich eine Stromquelle einfach dadurch nachbilden, daß ein hochohmiger Widerstand in Reihe mit einer Spannungsquelle geschaltet wird. Eine solche Stromquelle funktioniert allerdings nur dann zufriedenstellend, wenn der Lastwiderstand (in diesem Fall das Poti) sehr klein im Vergleich zu Widerstand R ist. In der Praxis nur schwer zu realisieren. Deshalb die Suche nach einer anderen Lösung. Wie schon erwähnt, "versucht" ein OpAmp, den Spannungsunterschied an seinen Eingängen auszugleichen. Er stellt in diesem Fall die Spannung am Plus-Eingang an den Ausgang durch, denn der invertierende Eingang ist ja mit dem Ausgang direkt verbunden. Dadurch, daß die Reihenschaltung aus Referenzspannung und Widerstand R zwischen den beiden Verstärker-Eingängen liegt, geschieht folgendes: Die Eingänge des OpAmps sind so hochohmig, daß praktisch kein Strom hineinfließt. Die Spannungsquelle kann also nur in den gestrichelt gekennzeichneten Kreis Strom liefern. Da $U_1 = U_2$ sein wird (dafür sorgt der OpAmp!), bleibt der fließende Strom unabhängig von der Einstellung von P und der Größe des Lastwiderstands konstant. Er beträgt U_{ref}/R . Aufgrund dieses Stroms entsteht eine Spannung über dem Poti, die vom OpAmp an den Ausgang "durchgeschaltet" wird. Gleichzeitig kompensiert der OpAmp auch den vom Referenzstrom verursachten Spannungsabfall am Lastwiderstand. Das Ergebnis: Eine Schaltung mit den erwähnten Vorteilen gegenüber dem herkömmlichen Regelprinzip. Da die Spannung über der Referenzstromquelle konstant (nämlich Null!) ist, kann man diese Stromquelle einfach mit einer Referenzspannungsquelle und einem Widerstand aufbauen.

Das Blockschema

Das Blockschema in Bild 2 hat schon viel mehr Ähnlichkeit mit der endgültigen Schaltung des Labor-Netzgeräts. Der "Leistungs-OpAmp" besteht nämlich aus einem "normalen" OpAmp (A1) und einem nachgeschalteten Leistungstransistor (T). Die Stromquelle - U_{ref} und R - und das Poti zur Einstellung der Ausgangsspannung (P1) sind genau so angeschlossen wie in Bild 1d bereits gezeigt. Außerdem enthält das Blockschema eine Strombegrenzungsschaltung mit A2. Der Widerstand R_S in der Emitterleitung von T bildet in diesem Fall den "Stromfühler". Die Spannung über diesem Widerstand ist nämlich ein Maß für den fließenden Laststrom. A2 vergleicht die Spannung über R_S mit

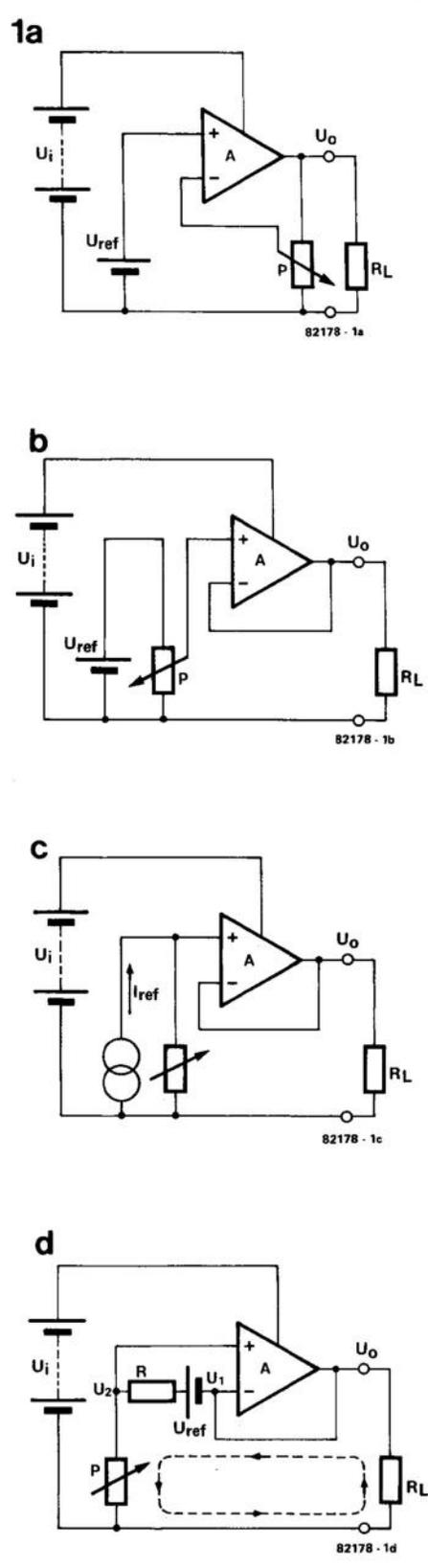


Bild 1. Verschiedene Möglichkeiten, eine Spannung mit einem Serienregler konstant zu halten. Bild 1a zeigt die bekannteste Form, Bild 1b einen grundsätzlich anderen Lösungsweg, der in den Abbildung 1c und 1d noch weiter ausgearbeitet ist. Die Spannungsversorgung für die Operationsverstärker ist der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet.

einer mit P2 eingestellten Gleichspannung. Auch diese Spannung wird aus der Referenzspannung abgeleitet. Wird die Spannung über R_S größer als die eingestellte Spannung, dann "entzieht" der OpAmp dem Leistungstristor so viel Basisstrom, daß der Laststrom auf den praktisch mit P2 eingestellten Wert begrenzt wird. Eine LED am Ausgang von A2 zeigt an, wann diese Strombegrenzung wirksam ist.

Die Schaltung

Nach der Theorie nun zum Schaltbild, zu sehen in Bild 3. Das sieht zwar um einiges umfangreicher aus als das Blockschaltbild, mit etwas Erklärung werden die Zusammenhänge aber schnell deutlich.

Eigentlich besteht das Netzteil aus zwei separaten Netzteilen: Einem Leistungsnetzteil, das die benötigte Ausgangsleistung liefert, und einem Kleinnetzteil, das der inneren Versorgung (Referenzspannung und OpAmps) dient. Das Kleinnetzteil besteht aus einem Trafo mit zwei 12-V-Sekundärwicklungen (oder zwei von den übrigen Wicklungen völlig getrennte Wicklungen auf dem "großen" Trafo), einem Brückengleichrichter B1 und den Ladeelkos C1 und C2. Die Referenzspannung liefert ein für diesen Zweck stets noch ausreichender Spannungsregler vom bekannten Typ 723 (IC1). Dieses IC liefert in der angegebenen Beschaltung eine Referenzspannung von 7,15 V. Diese Referenzspannung gelangt an die Widerstände R4/R5, R15/R16 und R9. R4/R5 entsprechen dem Widerstand R im Blockschaltbild. Der Knotenpunkt R4/R5/P1 ist über R6 mit dem nichtinvertierenden Eingang des OpAmps IC2 verbunden (A1 im Blockschaltbild). Ein anderer Anschlußpunkt des Potentiometers P1 steht mit der Minus-Leitung am Ausgang des Netzteils in Verbindung. Der invertierende Eingang des OpAmps liegt über R8 an der Null-Leitung der Hilfs-Versorgungsspannung (die wiederum über R24 mit der Plus-Ausgangsleitung verbunden ist). R6, D8, D2 und D3 dienen dem Schutz der OpAmp-Eingänge, z.B. vor zu hoher Spannung an den Ausgängen des Netzteils.

Die Referenzspannungsquelle liefert auch den Strom zur Steuerung der Leistungsstufen. Die Basis von T2 liegt nämlich über R9 am 7,15-V-Ausgang von IC1. IC2 regelt die Ausgangsspannung, in dem es einen mehr oder weniger großen Teil des Basisstroms T2 über D4 ableitet. T2 steuert eine Reihe von drei parallelgeschalteten Leistungstristoren des Typs 2N3055 (T3, T4 und T5). Bei Bedarf kann die Anzahl der parallelgeschalteten Transistoren dem benötigten Ausgangsstrom angepaßt werden. Die vorliegende Schaltung ist für ein 3-A-Netzteil ausgelegt. Jeder Transistor erhält einen kleinen Emitterwiderstand, der für eine gleichmäßige Stromverteilung zwischen den parallelgeschalteten Transistoren sorgt. Auf die Leistungsstu-

2

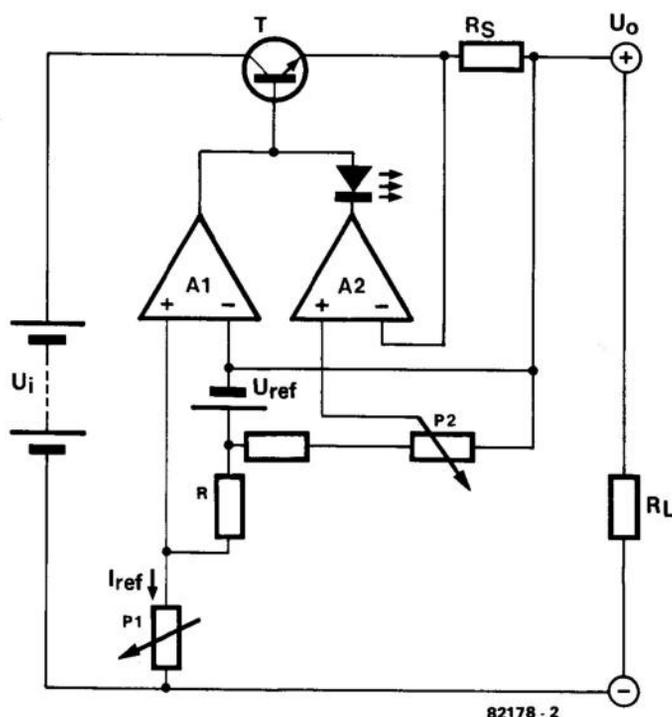


Bild 2. Blockschaltbild des Labornetzteils. Das Prinzip stimmt mit Bild 1d überein, allerdings wurde noch die Strombegrenzung hinzugefügt.

fen folgt R21 als Strommeßwiderstand (entsprechend R_S im Blockschaltbild). Den nach Ohm zum Strom proportionalen Spannungsabfall an R21 vergleicht OpAmp IC3 mit der an P2 eingestellten Gleichspannung. Diese Gleichspannung ist sehr stabil, da über R15/R16 von der Referenzspannung abgeleitet. Der Ausgang von IC3 ist ebenso wie der von IC2 über eine Diode an der Basis von T2. Überschreitet der Ausgangsstrom den mit P2 eingestellten Referenzwert, so zieht der Ausgang des 741 von der Basis T2 so viel Strom ab, daß der Ausgangsstrom des Netzteils nicht weiter ansteigen kann (Strombegrenzung). Damit man das Einsetzen dieser Strombegrenzung auch sehen kann, bringt T1 die LED D7 zum Leuchten.

Die Ausgangsstufe regelt den Strom vom Leistungs-Netzteil, bestehend aus Trafo, Brückengleichrichter und Elko. Am Ausgang befinden sich zwei Meßinstrumente, die Ausgangsstrom bzw. Ausgangsspannung anzeigen. Widerstände und Trimpotentiometer legen den Anzeigebereich fest.

Damit ist die Schaltung im großen und ganzen beschrieben. Bleiben noch ein paar wichtige Details. Zuerst einmal der Elko C3. Normalerweise dient ein Elko an dieser Stelle ausschließlich zum Abblocken der Rauschspannung der Z-Diode. Im vorliegenden Fall hat dieser Elko aber noch eine weitere Funktion: Er sorgt für den langsamen Anstieg der Spannung beim Einschalten ("soft-start"). Dies ist erforderlich, um den OpAmps vom Typ 741 Zeit zum Einschwingen zu geben. Bei einem schnellen Spannungsanstieg würde die Regelung zu spät einsetzen, so daß die Ausgangsspannung beim Einschalten über

den eingestellten Wert ansteigen könnte ("Überschießen" der Ausgangsspannung). Der große Wert von C3 verhindert wirksam derart unliebsame Einschwingvorgänge.

Ebenfalls Schutzfunktion erfüllen die Dioden D1 und D8. Sie schützen die Schaltung vor zu hohen Spannungen am Ausgang, z.B. dann, wenn das Netzteil ausgeschaltet ist und an den Ausgangsklemmen noch eine Spannung anliegt (wenn ein großer Elko oder ein Akku angeschlossen ist).

Die Dioden D4 und D5 erfüllen eine ODER-Funktion, die die Regelung von Ausgangsspannung (IC2) und Ausgangsstrom (IC3) an der Basis von T2 verknüpft.

R7/C6 dienen der Beschleunigung des Regelverhaltens, C7 und C8 sorgen für Stabilität (Schwingneigungsunterdrückung). Ein stabiles Regelverhalten erfordert auch eine minimale Belastung, für die bei offenem Ausgang der Widerstand R22 sorgt.

Zum Schluß kommt eine echte Neuerung gegenüber den bisher in Elektor veröffentlichten Netzteilen: Zwei zusätzliche Anschlüsse an den Ausgängen. Wozu dieses?

Es handelt sich um sogenannte "Sense"-Eingänge, wie sie bei professionellen Netzteilen immer häufiger zu finden sind. Mit Hilfe dieser Zusatzklemmen kann man den Spannungsabfall an den Zuleitungen zur Last kompensieren. Die eingestellte Ausgangsspannung liegt nun tatsächlich an der Last. Bei Netzteilen ohne diese Einrichtung ist hingegen nur sichergestellt, daß die Spannung an den Ausgangsklemmen "richtig" ist. Damit auch die Zuleitungen zur Last innerhalb der Regelung liegen, muß die Spannung

3

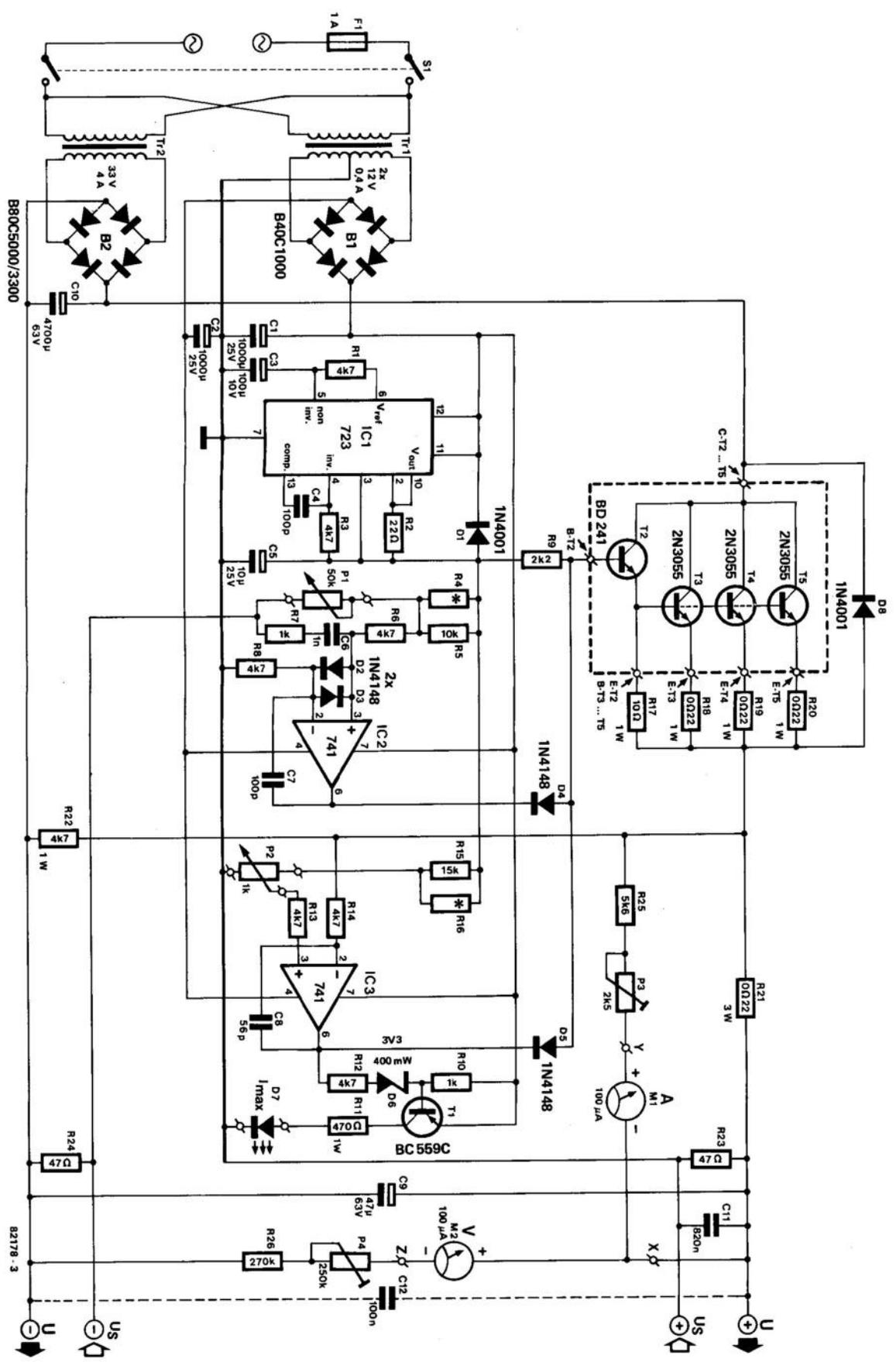


Bild 3. Schaltplan des Netzteils: Etwas umfangreich, aber vollständig mit gut erhältlichen Standard-Bauteilen aufgebaut. Die Referenzspannung erzeugt ein Spannungsregler vom bekannten Typ 723.

4

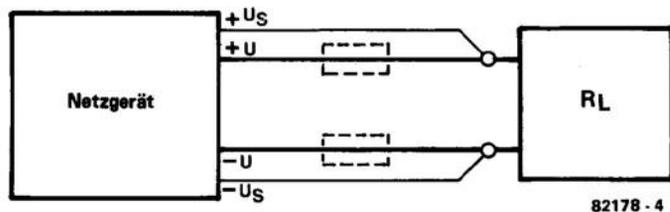


Bild 4. So verwendet man die Sense-Eingänge des Netzgeräts, um den Spannungsabfall auf den Zuleitungen zur Last zu kompensieren.

an der Last wieder zum Netzteil zurückgeführt werden. Dazu dienen die zusätzlichen Sense-Leitungen, angeschlossen an die Sense-Eingänge. Wie das in der Praxis aussieht, zeigt Bild 4. Die Ausgangsspannung gelangt über (möglichst dicke) Kabel zur Last. Die Sense-Eingänge sind über (ruhig dünne) Strippen mit der Last verbunden. Der Einfluß des Spannungsabfalls an den Kabeln ist nicht zu unterschätzen. Ein Kabel- und Kontaktwiderstand von 1 Ohm führt bei 1 A Strom schon zu einem Volt Spannungsverlust. Über die Sense-Leitungen fließt hingegen praktisch kein Strom, so daß selbst bei dünnen Sense-Kabeln die tatsächliche Spannung an der Last vom Netzteil geregelt wird.

Auffassen muß man allerdings dann, wenn man auf die Sense-Leitungen wegen kurzer Strippen oder kleiner Lastströme (also in 80 % aller Fälle?) verzichten will: Dann müssen die Sense-Eingänge mit den entsprechenden Ausgangsklemmen (Plus mit Plus, Minus mit Minus) verbunden werden, sonst klappt die Regelung nicht! So ganz schlimm ist es zum Glück nicht. Vergißt man den Anschluß der Sense-Eingänge, so erhalten diese noch über die Widerstände R23 und R24 ein Signal. Das Netzteil arbeitet dann zwar, die Ausgangsspannung läßt sich aber nicht mehr bis zum Maximum einstellen.

Wie man das Supernetzteil baut

Bevor man mit dem Bauen anfängt, gilt es zu überlegen, welche Leistung das Netzteil liefern soll. Wieviel Spannung und wieviel Strom darf es denn sein?

Der abgebildete Schaltplan Bild 3 ist gut für 35 V und 3 A. Die maximale Ausgangsspannung wird durch die Spannungsfestigkeit der Transistoren T2... T5 bestimmt, bei 60 V ist diese Grenze erreicht. Die Elkos C9 und C10 müssen entsprechend spannungsfest sein, die Nennspannung der Elkos sollte in jedem Fall höher sein als die maximale gleichgerichtete Spannung.

Für die Wahl der Trafospaltung läßt sich folgende Faustregel anwenden: Nennwert der Trafosekundärspannung sollte der gewünschten höchsten Ausgangsspannung des Netzteils bei Vollast entsprechen. Bei 33 V Trafospaltung kann das Netzteil bei voller Belastung höchstens 35 V liefern.

Welchen Strom sollte der Trafo abgeben können? Ganz einfach: Wählen Sie die Belastbarkeit des Trafos ungefähr um

den Faktor $\sqrt{2}$ (1,414) höher als den benötigten maximalen Ausgangsstrom, um sicher zu gehen. Für 3 A Ausgangsstrom ist ein Trafo erforderlich, der maximal etwa 4 A liefern kann.

Die Anzahl der parallelgeschalteten Leistungstransistoren 2N3055 richtet sich nach der maximal auftretenden Verlustleistung. Als grobe Pi-mal-Daumen-Regel kann hier gelten, daß ein 2N3055 nicht mehr als 50 W Verlustleistung aufgebürdet bekommen sollte (siehe auch Abschnitt "Kühlen" im Beitrag "Schwere Jungs", Elektor, April 82, S. 4-50 und 4-51). Da die Ausgangsspannung von Null Volt an eingestellt werden kann, ergibt sich für die maximale Verlustleistung der Leistungstransistoren ungefähr die gleichgerichtete Spannung, multipliziert mit dem maximalen Strom. Bei 35 V/1 A kommt man daher beispielsweise mit einem einzigen 3055 aus. Ohne Änderung der angegebenen Schaltung kann man bis zu 5 Leistungstransistoren parallelschalten. Jeder Transistor bekommt natürlich seinen eigenen Emittierwiderstand.

Nach diesen Dimensionierungsentscheidungen geht's an die Realisierung. Die Platine Bild 5 trägt alle Bauteile mit folgenden Ausnahmen:

Transistoren T2... T5, Kondensator C12, Potentiometer P1 und P2 sowie die beiden Drehspulinstrumente und die Trafos. Die ICs sind nicht sonderlich empfindlich, so daß man auf IC-Fassungen verzichten könnte. Für den Treiber-

Stückliste

Widerstände:

R1, R3, R6, R8, R12, R13, R14 = 4k7
 R2 = 22 Ω
 R4, R16 = Trimmwiderstände, siehe Text
 R5 = 10 k
 R7, R10 = 1 k
 R9 = 2k2
 R11 = 470 Ω /1 W
 R15 = 15 k
 R17 = 10 Ω /1 W
 R18, R19, R20 = 0,22 Ω /1 W
 R21 = 0,22 Ω /3 W
 R22 = 4k7/1 W
 R23, R24 = 47 Ω
 R25 = 5k6
 R26 = 270 k

Potentiometer:

P1 = 50 k (47 k) lin.
 Potentiometer (evtl. 10-Gang)
 P2 = 1 k lin. Potentiometer
 P3 = 2k5 (2k2) Trimpotentiometer
 P4 = 250 k (220 k) Trimpotentiometer

Kondensatoren:

C1, C2 = 1000 μ /25 V
 C3 = 100 μ /10 V
 C4 = 100 p
 C5 = 10 μ /25 V
 C6 = 1 n
 C7 = 100 p
 C8 = 56 p
 C9 = 47 μ /63 V
 C10 = 4700 μ /63 V
 C11 = 820 n
 C12 = 100 n

Halbleiter:

B1 = Brückengleichrichter B40/C1000
 B2 = Brückengleichrichter B80/C5000/3300
 D1, D8 = 1N4001
 D2... D5 = 1N4148
 D6 = Z-Diode 3V3/400 mW
 D7 = LED (rot)
 T1 = BC 559C
 T2 = BD 241
 T3, T4, T5 = 2N3055
 IC1 = 723
 IC2, IC3 = 741

außerdem:

S1 = Netzschalter, doppelpolig
 M1, M2 = Drehspulinstrument 100 μ A
 Tr1 = Netztrafo 2 x 12 V/400 mA sekundär
 Tr2 = Netztrafo 33 V/4 A sekundär
 F = Feinsicherung 1 A träge



5

Bild 5. Kupfer-

transistor T...
 ren benötigt
 körper von
 gangtransist
 transistoren
 Transistoren
 Wärmeleitpa
 Potentiomet
 instrumente
 platte mon
 Verdrahtung

5

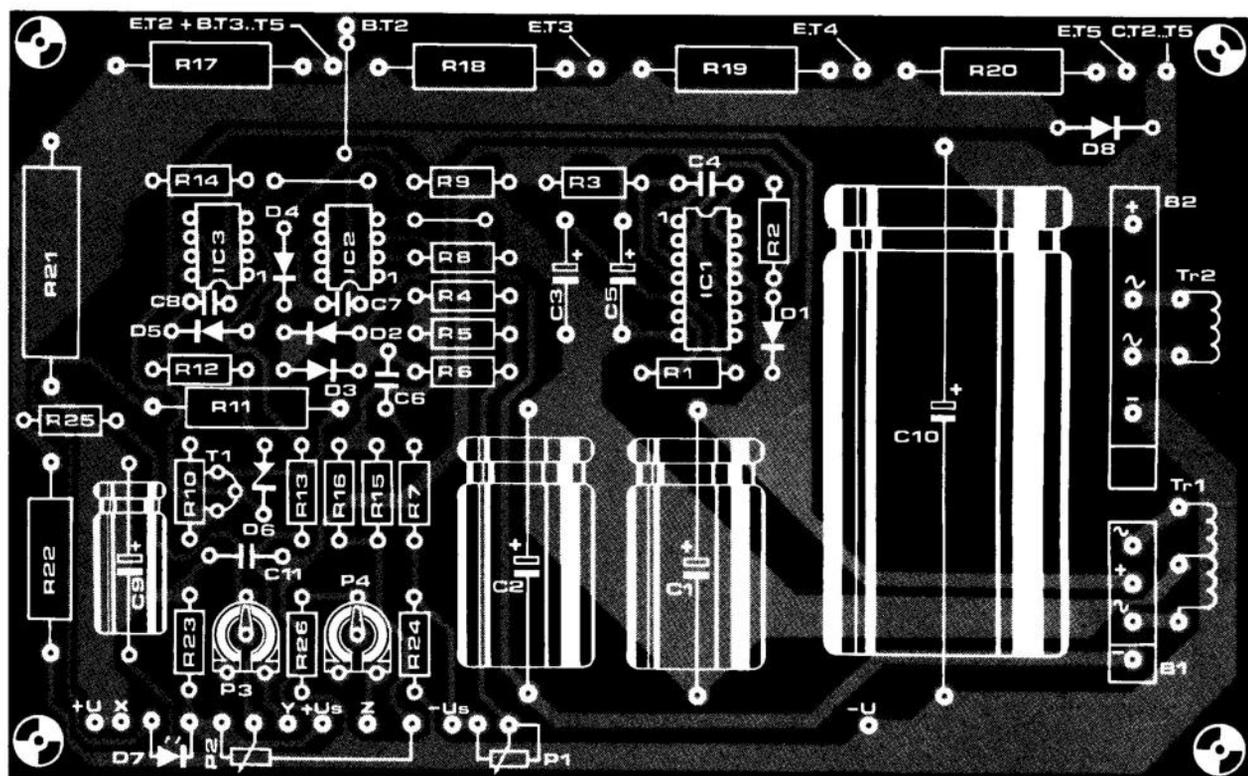
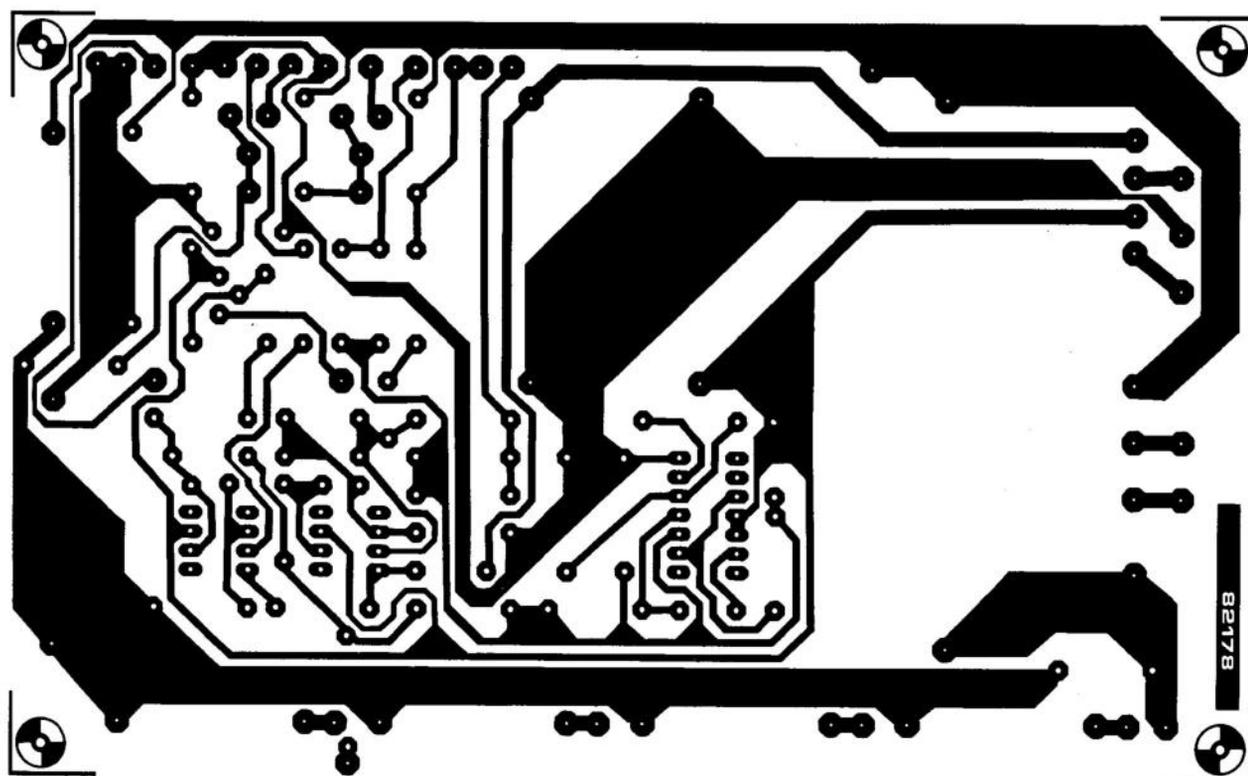


Bild 5. Kupfer- und Bestückungsseite der Labornetzteil-Platine.

transistor T2 und die Ausgangstransistoren benötigt man einen stattlichen Kühlkörper von wenigstens 2 K/W pro Ausgangstransistor. Bei zwei Leistungstransistoren also mindestens 1 K/W. Alle Transistoren sind isoliert und mit Wärmeleitpaste versehen zu montieren. Potentiometer, Buchsen und Drehspulinstrumente werden erst auf die Frontplatte montiert. Dann entsprechend Verdrahtungsplan Bild 6 die Strippen

ziehen und dabei auf ausreichenden Drahtquerschnitt bei den ampereführenden Leitungen achten. Kondensator C12 wird direkt an den Ausgangsklemmen montiert. Die Platine sollte man noch nicht im Gehäuse festschrauben, weil noch die Widerstände R4 und R16 auf der Unterseite der Platine einzulöten sind. Beim späteren endgültigen Befestigen der Platine ist auf ausreichenden Abstand vom Gehäuseboden zu

achten, sonst gibt es leicht Kurzschlüsse. Ist alles so weit gebaut und verdrahtet (nochmals überprüfen!), kann man die Netzspannung einschalten. Zur ersten Funktionsprüfung Ausgangsspannung messen und checken, ob sie sich mit P1 verändern läßt. Danach kann man mit R4 die maximale Ausgangsspannung und mit R16 den maximalen Ausgangsstrom festlegen. Zuerst zu R4:

6

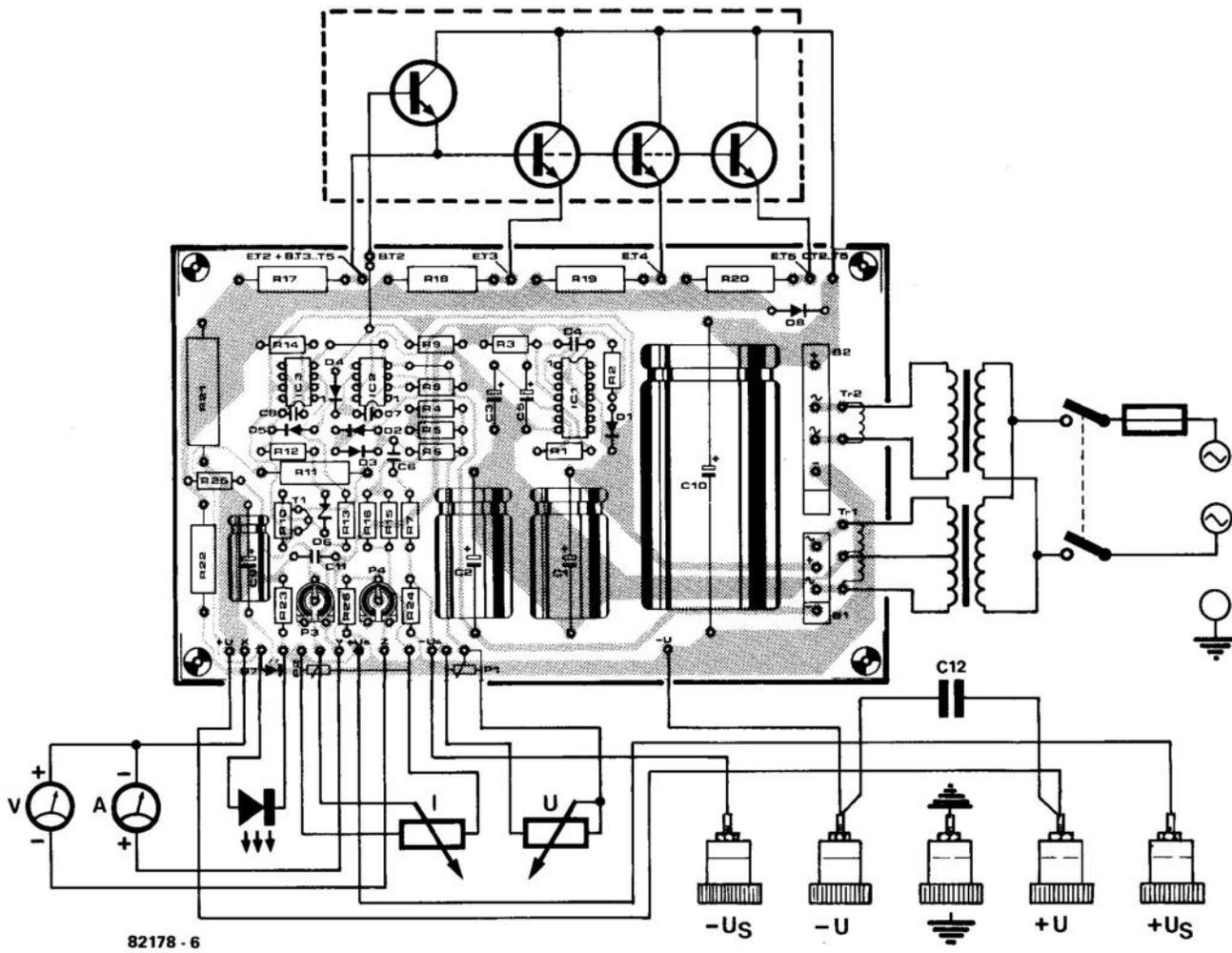


Bild 6. Mit Verdrahtungsplan geht alles leichter.

7

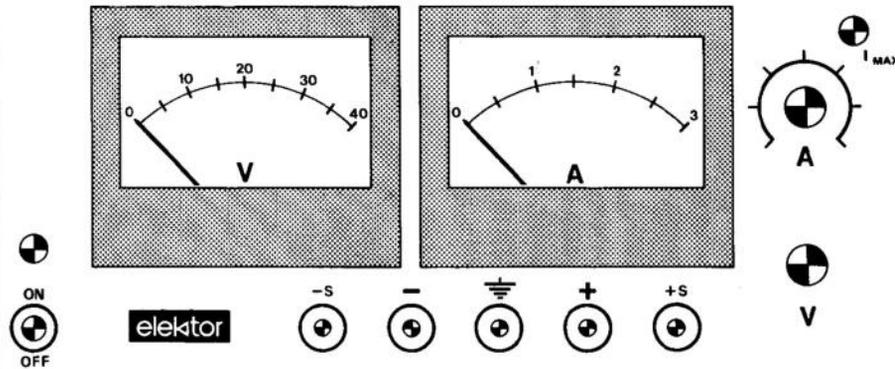


Bild 7. Frontplattenentwurf für das Labornetzteil.

P1 bis zum Anschlag aufdrehen und verschiedene Widerstandswerte zu R5 parallelschalten ("dranhalten") um den richtigen Wert für die gewünschte Ausgangsspannung herauszufinden. Dann den gefundenen richtigen Widerstand auf die Platine löten. Man kann natür-

lich anstelle eines Widerstands auch ein Trimpotentiometer für R5 einlöten und auf den richtigen Wert abgleichen. Die Methode mit dem Widerstand ist aber langzeitstabiler. Nun zu R16: Ausgang des Netzteils mit einem Am-

peremeter (5-A-Bereich) kurzschließen, P2 ganz aufdrehen und P1 ebenfalls. Nach der zuvor beschriebenen Methode den richtigen Parallelwiderstand R16 zu R15 ermitteln und dann einlöten (Ausgangstrom nimmt den gewünschten Maximalwert an). Schließlich die beiden Drehspulinstrumente eichen, Voltmeter mit P4 und Amperemeter mit P3.

Bis jetzt wurde immer davon ausgegangen, daß zwei Anzeigeinstrumente eingebaut werden. Um Kosten einzusparen, kann man auch ein einziges Instrument verwenden und zwischen Spannungs- und Strommessung umschalten. Dazu ist lediglich ein doppelpoliger Umschalter erforderlich, der zwischen den Anschlüssen M1 und M2 umschaltet.

Wenn Sie das neue Netzteil soweit fertig haben, können Sie erwarten, daß es genau den Zweck erfüllt, für den es entwickelt wurde: Unter allen Umständen eine stabile Spannung liefern. Nicht mehr und nicht weniger, das ist schließlich die wichtigste Eigenschaft eines guten Netzteils.

Audio,
A + B-V
A/D- u
Audio-S
AVR, e
Crescen
Die Ele
(High-
DNR au
Einscha
Elektor
Kopfhö
Neue R
CX un
PDM-V
Pegelt
Simple
Soft Sw
Stereo-
Stereot
SUPRA
Wiederg
1-IC-Ver
120-Wa

Auto, F
Auto-A
Autodie
Auto-Lo
Autolac
LED-Dr
Rücklic
Türschl

Haus ur
Analoge
Außenl
Außenl
Bereich
DCF-Co
Doppela