



# ELV-Schaltnetzteil SPS 9001

## 0-30 V/0-20 A

### Technischer Kundendienst

Für Fragen und Auskünfte stehen Ihnen unsere qualifizierten technischen Mitarbeiter gerne zur Verfügung. Wir bitten Sie um Verständnis, daß wir technische Auskünfte nicht telefonisch, sondern schriftlich erteilen. Bitte richten Sie Ihr Schreiben an:

**ELV • Herrn Trotte • Postfach 1000 • D - 26787 Leer**

### Reparaturservice

Für Geräte, die aus ELV-Bausätzen hergestellt wurden, bieten wir unseren Kunden einen Reparaturservice an. Selbstverständlich wird Ihr Gerät so kostengünstig wie möglich instandgesetzt. Im Sinne einer schnellen Abwicklung führen wir die Reparatur sofort durch, wenn die Reparaturkosten den halben Komplettbausatzpreis nicht überschreiten. Sollte der Defekt größer sein, erhalten Sie zunächst einen unverbindlichen Kostenvoranschlag. Bitte senden Sie Ihr Gerät an:

**ELV • Reparaturservice • Postfach 1000 • D - 26787 Leer**

# ELV-Schaltnetzteil SPS 9001

## 0-30 V / 0-20 A

**Ein primär getaktetes Schaltnetzteil mit 600W-Dauer-Ausgangsleistung bei einem Wirkungsgrad von 90%.**

Basierend auf dem innovativen, äußerst zuverlässigen und sicheren Schaltungskonzept des ELV-SPS 7000 wurde ein weiterer Schaltnetzteil von ELV konzipiert.

Das 0-30V/0-20A-Netzteil trägt die Bezeichnung SPS 9001 und wird, wie die Bezeichnung schon andeutet, in dem großen ELV-Gehäuse der Serie 9000 eingebaut.

Ausgangsspannung und Ausgangsstrom sind getrennt über je einen Grob- und Feinregler einstellbar. Zwei große LED-Displays informieren jederzeit über den gegenwärtig fließenden Ausgangsstrom bzw. die anstehende Spannung. Die digitale Stromanzeige des SPS 9001 ist 4stellig bei einer Auflösung von 10 mA und die Spannungsanzeige 3stellig mit 100mV-Auflösung ausgeführt.

Bedingt durch den ausgezeichneten Wirkungsgrad in Verbindung mit dem leise arbeitenden Lüfter und der großzügigen Schaltdimensionierung wird das SPS 9001 auch bei Dauer-Vollastbetrieb nur warm.

Durch die angewendete Primärtaktung kommt das SPS 9001 völlig ohne voluminöse Netztrafos aus und vereint somit alle für Schaltnetzteile erreichbaren Vorzüge gegenüber einem konventionellen Netzteil in sich. Eindrucksvoll wird dies durch das geringe Gewicht von nur ca. 2400 g bei 600 W Ausgangsleistung unterstrichen.

Die komplexe Technik und die großen geschalteten Leistungen entsprechender Netzteile führen jedoch dazu, daß sich Störanteile und Restwelligkeit der Ausgangsspannung nicht ganz auf die Daten von konventionellen, längseregelten Netzteilen minimieren lassen. Mit einer Restwelligkeit von 20 mV<sub>eff</sub> wartet das SPS 9001 aber auch hier mit einem ausgezeichneten Wert auf.

Bevor wir uns der Schaltungsbeschreibung zuwenden, soll an dieser Stelle kurz ein grundsätzliches Wort zum späteren Aufbau gesagt werden. Wie Sie als Leser zu recht von ELV erwarten, ist auch die vorliegende Entwicklung des SPS 9001 zur Serienreife ausgefeilt, auch unter Berücksichtigung der Aspekte eines Eigenbaus. Drei übersichtliche einseitige Leiterplatten tragen die gesamte Elektronik, und der Nachbau ist trotz der zahlreichen Induktivitäten und Übertrager sogar so einfach, daß jeder, der etwas Erfahrung im Aufbau elektronischer Geräte besitzt, das Gerät pro-

blemlos erstellen kann. Doch halt: Bereits an dieser Stelle müssen wir eine klare Grenze ziehen, da uns Ihre Sicherheit und Ihre Gesundheit besonders am Herzen liegen. Trotz des vergleichsweise einfachen Nachbaus darf das SPS 9001 ausschließlich von Profis in Betrieb genommen werden, die aufgrund ihrer Ausbildung und ihrer Kenntnisse dazu befugt sind und die mit den einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen vertraut sind.

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit dem ELV-Bausatz SPS 7000 bieten wir als Ausweichlösung für diejenigen unter den ELV-Lesern, die auf das Nachbauvergnügen des SPS 9001 nicht verzichten möchten, jedoch wegen vorstehend Gesagtem dazu nicht befugt sind, auch hier folgende Alternative an:

Sie bauen das Gerät auf, ohne es jedoch jemals in Betrieb zu nehmen, d. h. an die Netzwechselfspannung anzuschließen. Nach abgeschlossenem Aufbau senden Sie das Gerät mit entsprechendem Hinweis an den ELV-Reparaturservice ein, der eine Überprüfung und komplette Inbetriebnahme vornimmt. Sie erhalten dann für Sie vollkommen risikolos, das von Ihnen aufgebaute Fertigergerät in funktionstüchtigem Zustand zurück. Die Durchlaufzeit in unserem Service beträgt hierbei nur rund eine Woche.

### Das Funktionsprinzip

Bevor wir uns der detaillierten Schaltung des 600W-Schaltnetzteils zuwenden, wollen wir zunächst zur Erläuterung der prinzipiellen Funktion des SPS 9001 das Blockschaltbild in Abbildung 1 betrachten. Nach diesen Vorbetrachtungen folgt dann die ausführliche Beschreibung der in 6 Einzel-schaltbildern unterteilten Gesamtschaltung.

### Blockschaltbild

Abbildung 1 zeigt das Blockschaltbild des ELV-Schaltnetzteils SPS 9001. Im linken, oben eingezeichneten Block wird aus der Netzwechselfspannung eine Gleichspannung für die Versorgung der Leistungsstufe des SPS 9001 gewonnen. Wie in diesem ersten Block angedeutet, wird hierzu die 230V-Netzwechselfspannung auf einen Brückengleichrichter gegeben und an-

schließend mit entsprechenden Hochvolt-Elkos gepuffert. Die mit +UB und -UB bezeichnete Gleichspannung führt direkt auf die mit den Leistungstransistoren T 101 bis T 104 bestückten, primärseitigen Leistungsstufen des SPS 9001.

Da im Block Nr. 1 keine Transformatoren zur „Herunterteilung“ der Netzwechselfspannung vorhanden sind, beträgt die Spannungshöhe der mit +UB und -UB bezeichneten Versorgungsspannung für die Leistungsendstufe über 300 V. In Verbindung mit der Tatsache, daß an dieser Stelle noch keine galvanische Trennung vom 230V-Wechselfspannungsnetz vorliegt, birgt dieser Bereich extreme Lebensgefahr bei unsachgemäßem Umgang.

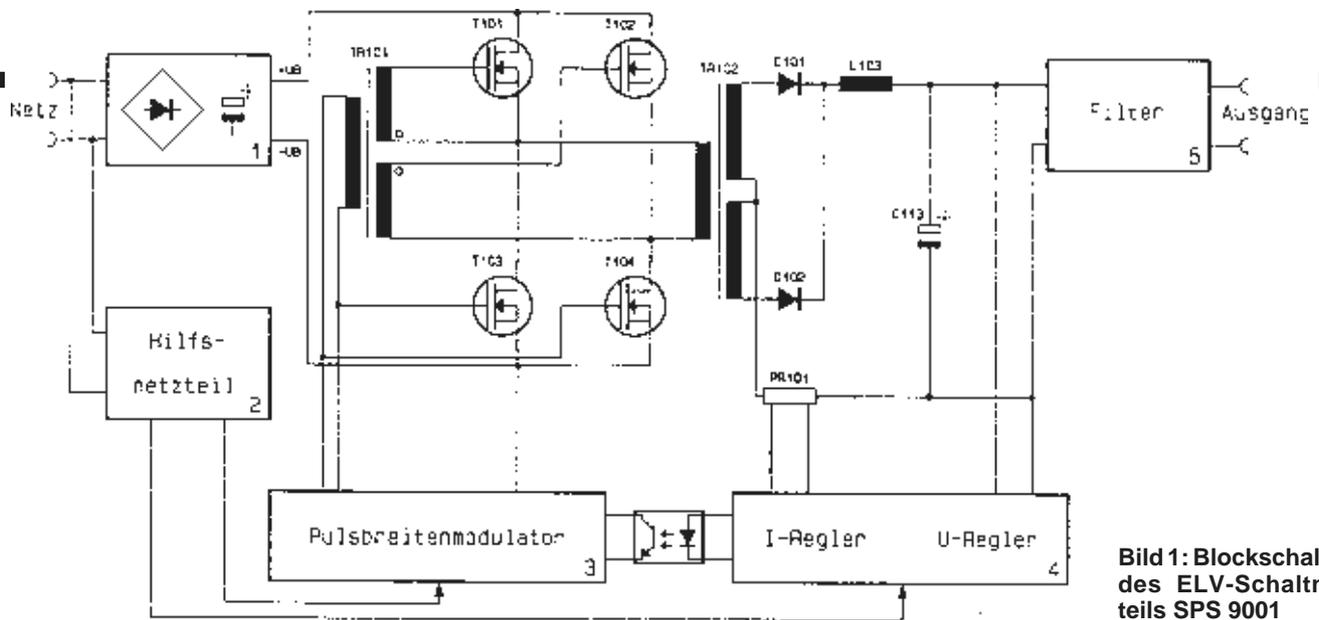
Bei den Transistoren T 101 bis T 104 handelt es sich um spezielle hochspannungsfeste Leistungs-Power-Mosfets, die in Verbindung mit dem Leistungstransformator TR 102, dem Steuertrafo TR 101 sowie der zugehörigen sekundärseitigen Beschaltung einen sogenannten Vollbrückenflußwandler bilden.

Durch die wechselseitige Ansteuerung der Leistungs-Mosfets wird die primärseitige Wicklung des Übertragers TR 102 wechselweise mit der Versorgungsspannung (-UB, +UB) beaufschlagt.

Durch dieses Schaltungskonzept in Verbindung mit einer hohen Schaltfrequenz wird die äußerst geringe Baugröße des Leistungstransformators TR 102 bei einer sekundärseitigen Ausgangsleistung von 600 W möglich. Die Abmessungen des Trafos TR 102 betragen nur ca. 38 x 54 x 52 mm. (In konventioneller Technik entsprechen diese Abmessungen lediglich einem ca. 15- bis 20VA-Transformator!)

Die sekundärseitige Ausgangsspannung des Trafos TR 102 wird über die Dioden D 101 und D 102 gleichgerichtet und gelangt über die Speicherdrossel L 103 auf den Siebelko C 113. Die so gewonnene Gleichspannung wird über eine zusätzliche Filterstufe (Block 5) auf die Ausgangsklemmen des SPS 9001 gegeben.

Bei dem im Massezweig liegenden Widerstand mit der Bezeichnung PR 101 handelt es sich um einen Präzisions-Shunt-Widerstand, über den eine dem jeweils gerade fließenden Strom proportionale Meßspannung erzeugt wird.



**Bild 1: Blockschaltbild des ELV-Schaltnetz-teils SPS 9001**

Für die Regelung der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstromes ist eine komplexe Regelstruktur erforderlich, die sich im Block Nr. 4 befindet. Wie aus dem Blockschaltbild ersichtlich, ist die Regel-elektronik, bestehend aus U-Regler (Span-nungsregler) und I-Regler (Stromregler), auf der sekundären Seite der Leistungsstu-fe des SPS 9001 angekopplert.

Der I-Regler bekommt seine Istwert-Information von dem bereits angesproche-nen Shunt-Widerstand, während der Span-nungsregler direkt vor der Filterstufe ange-schlossen ist.

Genau wie die Regler in konventionel-len Netzgeräten, arbeiten auch die Regler des SPS 9001. Der Sollwert für Strom und Spannung wird über entsprechende Potentiometer auf der Frontplatte vorgegeben, der jeweils aktive Regler vergleicht nun Soll- und Istwert miteinander und steuert daraufhin die Leistungsstufe des SPS 9001 entsprechend an.

Da es sich beim SPS 9001 um ein primär getaktetes Schaltnetzteil handelt, muß die sekundärseitig erzeugte Reglerinfor-mation auf die primäre, galvanisch von der Netzwechselspannung nicht getrennte Seite der Schaltung übertragen werden. Diese Aufgabe übernimmt der zwischen Block 4 und Block 3 eingezeichnete Optokoppler.

In der Weiterverarbeitung der Reglerinfor-mation liegt der wesentliche Unterschied zwischen einem „konventionellen“ Netz-teil und dem Schaltnetzteil SPS 9001. Während bei herkömmlichen Netzteilen die Endstufen linear von der Regelelektronik angesteuert werden, erfolgt die Endstufenansteuerung beim SPS 9001 über einen sogenannten Pulsbreitenmodulator. Die Information über die zu liefernde Lei-stung liegt also in der Pulsbreite des An-steuersignals, d. h. die Leistungstransistoren arbeiten im Schalterbetrieb. Neben dem eigentlichen Pulsbreitenmodulator befin-det sich im Block Nr: 3 ebenfalls der Oszil-lator, über den die Schaltfrequenz von ca. 30 kHz generiert wird.

Die Leistungstransistoren T 103 und T 104 werden direkt vom Ausgangssignal des Puls-breitenmodulators angesteuert. Damit dies möglich ist, liegt die Pulsbreitenstufe auf -UB-Potential. Die „oben“ liegenden Transistoren T 101 und T 102 werden über den Steuertransformator TR 101 angesteuert.

Sowohl der Pulsbreitenmodulator als auch die Reglereinheit mit dem Regler für Spannung und Strom müssen mit einer separaten Betriebsspannung versorgt werden. Da der Pulsbreitenmodulator im Sekundärkreis und die Reglereinheit im Primärkreis angeordnet sind, müssen die jeweiligen Versorgungsspannungen zuverlässig galvanisch voneinander getrennt sein. Diese Aufgabe wird von dem kleinen Hilfs-netzteil (siehe Block Nr. 2) übernommen.

Für ein Labornetzgerät wie das SPS 9001 ist eine zuverlässige galvanische Trennung der Ausgangsspannung von der lebensgefährlichen Netzwechselspannung von ent-scheidender Bedeutung. Bei der Konzep-tion dieses Labornetzgerätes wurde diesem Punkt daher besondere Aufmerksam-keit geschenkt. Erfüllt wird diese Forde-rung neben dem Layoutaufbau im wesent-lichen durch drei Bauelemente.

Im Leistungskreis übernimmt der Über-träger TR 102 diese Aufgabe, der Optokopp-ler zwischen Reglereinheit und dem Puls-breitenmodulator sorgt für eine sichere gal-vanische Trennung im Steuerkreis. Der spe-ziell für diese Anwendungen entwickelte Netztransformator des Hilfsnetz-teils entkop-pelt die Versorgungsspannungen der Regler-einheit und des Pulsbreitenmodulators.

Nach der vorstehenden prinzipiellen Funktionsbeschreibung des SPS 9001 anhand des Blockschaltbildes kommen wir nun zu der detaillierten Schaltung dieses außergewöhnlich leistungsfähigen La-bornetzgerätes.

### Schaltung

Die recht umfangreiche und komplexe Schaltung des SPS 9001 ist in 6 Teilschalt-bildern dargestellt:

- Bild 2: Hauptschaltbild mit den Leistungs-schaltstufen
- Bild 3: Pulsbreitenmodulator
- Bild 4: Reglereinheit für Strom und Span-nung
- Bild 5: Lüfterregelung
- Bild 6: Digitale Spannungsanzeige
- Bild 7: Digitale Stromanzeige.

### Hauptschaltbild (Bild 2)

Die galvanisch mit der 230V-Netzwech-selspannung verbundenen Bauteile sind in Abbildung 2 durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet. An dem rechts un-ten im Schaltbild dargestellten Steckver-binder STL 102 ist die in Abbildung 4 gezeigte Reglereinheit angeschlossen. Der zweite Steckverbinder STL 101 führt zu dem in Abbildung 3 dargestellten Puls-breitenmodulator zur Ansteuerung der pri-märseitigen Leistungsschaltransistoren.

Über die an den Lötstützpunkten ST 101 bis ST 102 angeschlossene Netzzuleitung gelangt die Netzspannung auf die mit SI 101 bezeichnete Schmelzsicherung. Von dort geht es über den Netzschalter S 101 auf die erste mit C 101 bis C 104 sowie der strom-kompensierten Ringkerndrossel DR 101 aufgebaute Filterstufe. Diese auch als Netzentstörfilter bezeichnete Schaltungs-einheit verhindert, daß die auf dem Wech-selspannungsnetz vorhandenen Störsigna-le die Funktion des SPS 9001 beeinträch-tigen. Die Hauptaufgabe liegt jedoch darin, das Versorgungsnetz vor den in einem Schaltnetzteil auftretenden Störsignalen zu schützen.

Über die zur Einschaltstrombegrenzung dienenden Heißeiter NTC 1 und NTC 2 gelangt die Netzwechselspannung auf den Gleichrichter GL 101. Die durch die Gleichrichtung gewonnene pulsierende Gleichspannung wird durch die nachge-schalteten Siebelkos C 105 bis C 107 sowie die zwischengeschalteten Drosseln L 101 und L 102 geglättet. Die durch die vorste-hend beschriebenen Maßnahmen erzeugte Gleichspannung mit einer Spannungshöhe



von ca. 330 V gelangt nun direkt auf die mit den Transistoren T 101 bis T 104 aufgebaute Leistungsstufe des SPS 9001. Wie eingangs bereits geschrieben, bilden diese 4 Leistungstransistoren in Verbindung mit den Übertragern TR 101 und TR 102 sowie den Dioden D 101 und D 102, der Speicherdrossel L 103 und den Ladeelkos C 113 und C 114 einen sogenannten Vollbrückenflußwandler.

Die Ansteuerung der Leistungsendstufe erfolgt so, daß in einer Schaltphase die Transistoren T 101 und T 104 und in der darauffolgenden Schaltphase die Transistoren T 102 und T 103 durchgeschaltet sind. Dies hat zur Folge, daß in Schaltphase 1 der Anschluß 1 des Leistungsübertragers TR 102 mit +UB beaufschlagt wird, während der Anschluß 4 auf -UB liegt. In der zweiten Schaltphase liegt der Übertrageranschluß 1 auf -UB, und am Anschluß 4 liegt nun +UB.

Der primärseitig an den Mittelpunktschlüssen 2 und 3 des TR 102 eingeschleifte Stromwandler TR 103 ist ein wesentlicher Bestandteil einer sogenannten dynamischen Strombegrenzung. Sie dient dem Schutz der Schalttransistoren T 101 bis T 104. In diesem Zusammenhang arbeiten zusätzlich die beiden Transistoren T 106 und T 107, die Widerstände R 122/R 123 sowie der Kondensator C 118, wobei die eigentliche Auswertung von dem noch zu beschreibenden Pulsbreitenmodulator vorgenommen wird.

Die sekundärseitige Ausgangsspannung des Leistungs-Ferrit-Übertragers TR 102 wird über die Doppeldioden D 101 und D 102 gleichgerichtet und gelangt dann über die Speicherdrossel L 103 und den Shunt-Widerstand PR 101 im Massezweig auf C 113, den ersten Ausgangsladeelko. Es schließen sich eine symmetrische Doppeldrossel (L 105) und der Ausgangselko C 114 an, welche ganz wesentlich zur hohen Ausgangsspannungsqualität des SPS 9001 beitragen.

Wird die Ausgangsspannung von einem zuvor hohen Wert auf einen niedrigen zurückgedreht und das insbesondere, wenn keine äußere Last angeschlossen ist, so wird dies durch die relativ großen Ladeelkos im Ausgangszweig behindert. Abhilfe schafft hier die mit den Bauelementen T 105, R 116, R 118 und den Dioden D 103 und 104 aufgebaute Stromsenke. Der Konstantstrom von ca. 200 mA sorgt hier für eine rasche Entladung der Elkos C 113 und C 114. Unterstützt wird dieser Vorgang durch den Grundlastwiderstand R 119.

Am linken, unteren Rand des Hauptschaltbildes ist das Hilfsnetzteil zur Versorgung der sekundärseitig angeordneten Schaltungsteile dargestellt. Hierzu gehören neben der Reglereinheit die Lüftersteuerung sowie die beiden AD-Wandler für Strom- und Spannungsanzeige. Zusätzlich wird aus diesem Netzteil der primärseitig angeordnete Pulsbreitenmodulator gespeist.

Die vom Netztrafo kommende Wechselspannung (Anschlußpin 3 und 4) wird über den Gleichrichter GL 102 gleichgerichtet und anschließend durch den Siebelko C 115 gepuffert. Die Widerstände R 120 und R 121 legen das Grundpotential, auf dem die hier erzeugte Gleichspannung liegt, fest, womit gleichzeitig die Potentiallage der angeschlossenen Pulsbreitenmodulatorstufe vorgegeben wird. Durch den Gleichrichter GL 103 sowie den Kondensator C 116 wird die Gleichspannung der zuvor genannten sekundären Funktionseinheiten erzeugt.

Damit ist die Beschreibung des Hauptschaltbildes abgeschlossen, und wir wenden uns dem in Abbildung 3 dargestellten Pulsbreitenmodulator zu.

### Pulsbreitenmodulator (Bild 3)

Kernstück der Steuerschaltung ist der integrierte Baustein IC 202 mit der Bezeichnung SG 3525A.

Die Ausgangsspannung des SPS 9001

wird auf der Primärseite durch das Puls-Pausen-Verhältnis des Ansteuersignals für die Leistungstransistoren T 101 bis T 104 gesteuert. Die konstante Oszillatorfrequenz und damit die Schaltfrequenz des gesamten Netzteils wird durch die Bauelemente R 205 und C 201 vorgegeben. Bei der gewählten Dimensionierung dieser Bauelemente ergibt sich eine Schaltfrequenz von ca. 30 kHz.

Das Puls-Pausen-Verhältnis des an Pin 11 und Pin 14 anstehenden Steuersignals wird in Abhängigkeit von der Eingangsinformation an Pin 1 gesteuert.

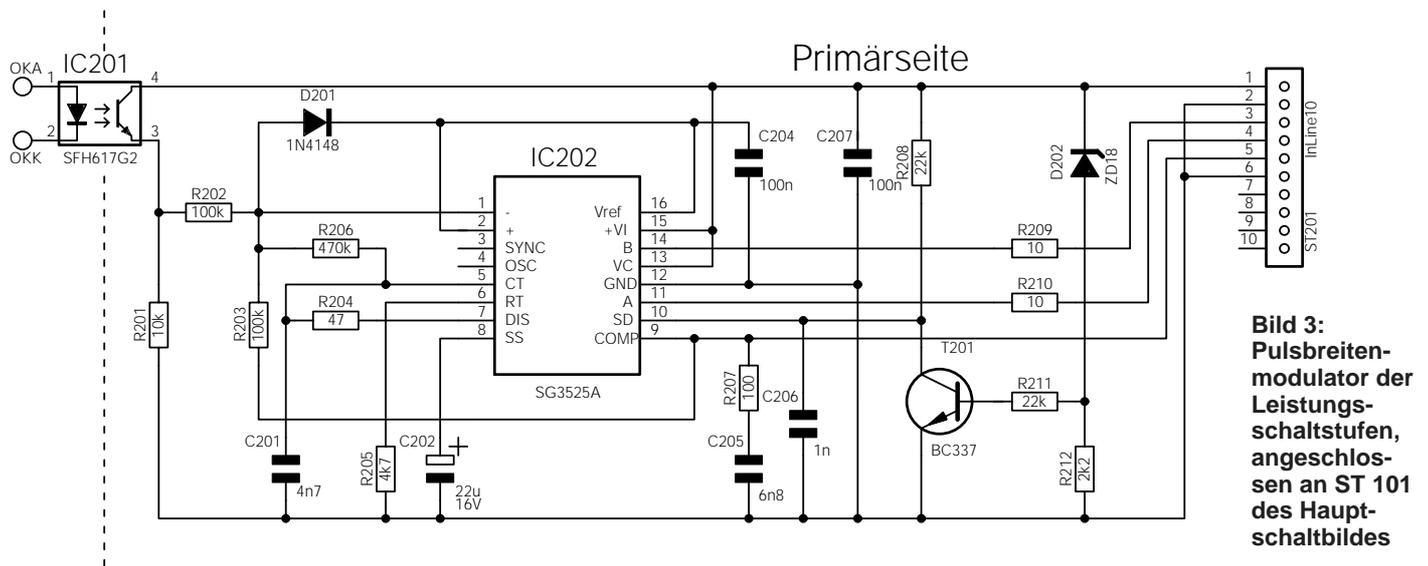
Diese Eingangsinformation kommt wiederum von der in Abbildung 4 dargestellten Reglereinheit der Sekundärseite, über den Optokoppler IC 201.

Nach dem Einschalten wird die Impulsbreite des Ansteuersignals langsam auf den über die Reglereinheit eingestellten Wert hochgefahren. Diese Schaltungseigenschaft wird auch als Soft-Start bezeichnet und durch die Beschaltung des IC 202 mit dem Kondensator C 202 an Pin 8 erreicht.

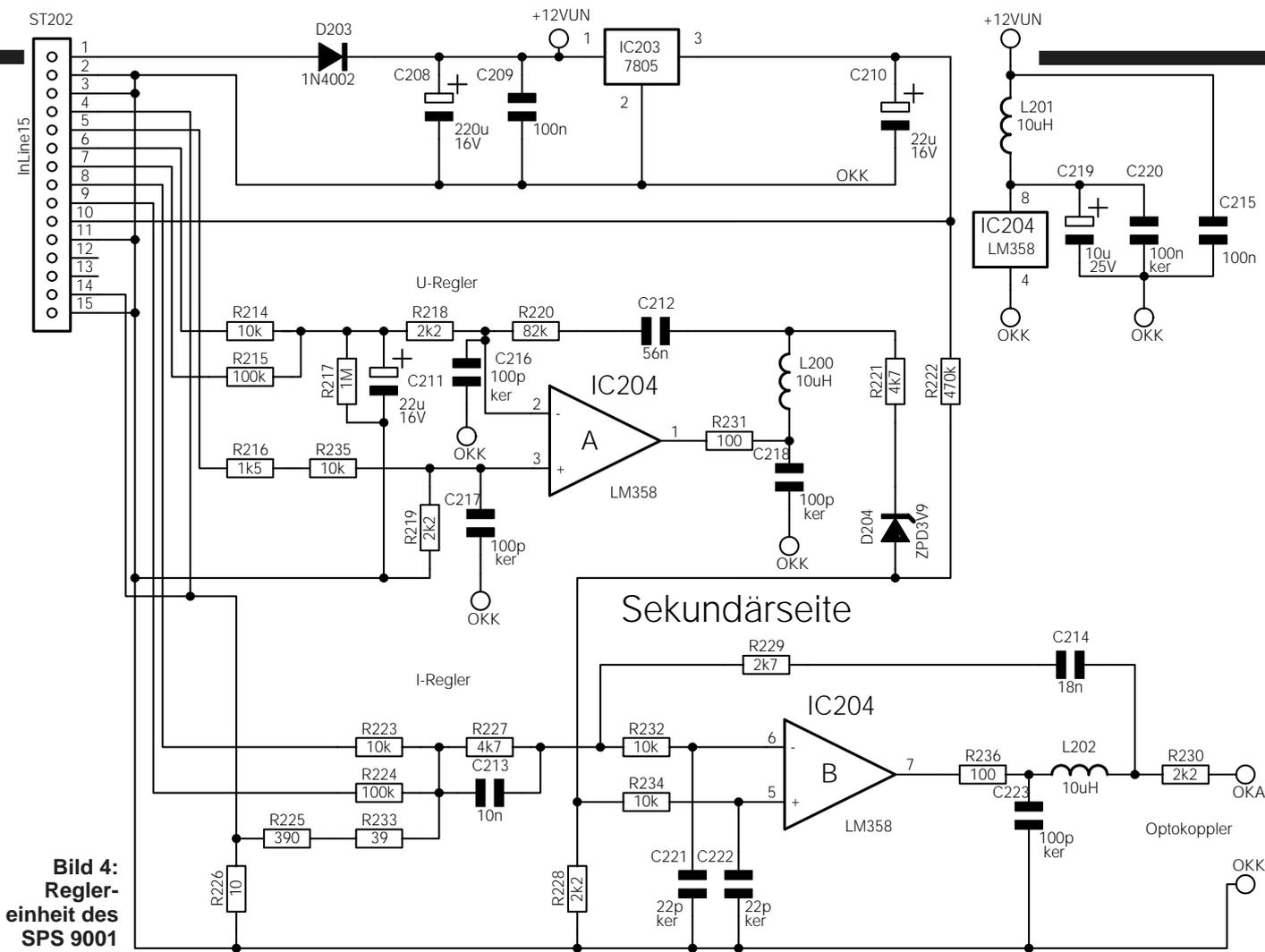
Die uninstabilisierte Versorgungsspannung der Pulsbreitenmodulatorstufe wird durch den Transistor T 201 in Verbindung mit der Z-Diode D 202 sowie den Widerständen R 208, R 211 und R 212 überwacht. Unterschreitet diese einen bestimmten, festgelegten Wert, so wird der Shut-Down-Anschluß (Pin 10) des IC 202 auf High-Potential gelegt, wodurch die Leistungsstufen des SPS 9001 deaktiviert werden.

Durch diese Maßnahme wird das SPS 9001 bei zu niedriger Netzspannung praktisch abgeschaltet, wodurch die aufwendige Leistungselektronik wirksam geschützt ist.

Wie bereits erwähnt, erhält der IC 202 seine Eingangs-Steuerinformation über den Optokoppler IC 201 in Verbindung mit den Widerständen R 201 und R 202. Über R 203 in Verbindung mit R 207 und C 205 gelangt ein zusätzliches Signal vom Steckverbinder ST 201 auf die Eingänge des IC 202. Im Zusammenhang mit den bereits



**Bild 3:** Pulsbreitenmodulator der Leistungsstufen, angeschlossen an ST 101 des Hauptschaltbildes



**Bild 4:**  
Reglereinheit des  
SPS 9001

beschriebenen Bauelementen aus dem Hauptschaltbild stellt dieses die sogenannte dynamische Strombegrenzung dar.

### Reglereinheit (Bild 4)

Abbildung 4 zeigt die Reglereinheit des SPS 9001. Die Referenzspannung für den U-Regler (IC 204 A) sowie für den I-Regler (IC 204 B) wird durch IC 203 erzeugt.

C 208 - C 210 vor und hinter dem Spannungsregler dienen in diesem Zusammenhang der Schwingneigungsunterdrückung bzw. Pufferung.

Die durch die Stabilisierung gewonnene Gleichspannung gelangt über ST 202, Pin 10 auf die im Hauptschaltbild eingezeichneten Potentiometer R 124 bis R 127. Das SPS 9001 verfügt über jeweils 2 Einstellregler für Ausgangsspannung und Ausgangstrom.

Für die Spannungseinstellung gelangen die Schleiferspannungen der Potentiometer R 124 und R 125 über die Widerstände R 214 und R 215 sowie R 218 auf den invertierenden Eingang des IC 204 A. Die so erzeugte einstellbare Spannung stellt den sogenannten Sollwert dar. Durch die unterschiedliche Dimensionierung der Widerstände R 214 und R 215 ergibt sich für das Potentiometer R 124 die Grob-Einstellfunktion, und die Fein-Einstellung erfolgt über R 125.

Der Istwert, d. h. der tatsächlich vorhandene Wert der Ausgangsspannung, gelangt über den Widerstandsteiler R 216, R 235 und R 219 an den nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 3) des OPs IC 204 A.

Der Ausgang des U-Reglers (IC 204, Pin 1) ist über R 231, L 200, R 221 und D 204 mit dem nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 5) des für die Stromregelung verantwortlichen IC 204 B verbunden.

Der Sollwert, d. h. die Vorgabe für den jeweils zulässigen Ausgangsstrom, wird in ähnlicher Weise wie beim bereits beschriebenen Spannungsregler erzeugt. Hierzu dienen neben den beiden Einstellpotentiometern R 126 und R 127 (siehe Abbildung 2) die Widerstände R 223 und R 224. An dem gemeinsamen Anschlußpunkt der Widerstände R 223, R 224 und R 227 wird zusätzlich über die Widerstände R 225, R 226 sowie R 233 der Istwert des gerade fließenden Ausgangsstromes eingespeist.

Wie in der Beschreibung des Blockschaltbildes dargelegt, wird die zum Ausgangsstrom proportionale Meßspannung (Istwert) von dem Präzisions-Shunt-Widerstand PR 101 aus der Abbildung 2 erzeugt. Diese Meßspannung gelangt über den Steckverbinder STL 102/ST 202 auf die oben genannten Widerstände und schließlich auf den invertierenden Eingang (Pin 6) des IC 204 B.

Der Ausgang des IC 204 B (Pin 7) ist

über R 236, L 202 und R 230 mit der Eingangsdiode des Optokopplers (siehe auch Abbildung 3) verbunden, womit der Regelkreis des SPS 9001 geschlossen wäre.

Der Kondensator C 212 sowie der Widerstand R 220 für den U-Regler und C 214, C 213 sowie R 229 für den I-Regler bestimmen den jeweiligen Regler-Typ. Erst durch die genaue Dimensionierung dieser Bauelemente wird es möglich, eine solche komplexe Regelstrecke, wie sie beim SPS 9001 vorhanden ist, optimal zu stabilisieren.

### Lüftersteuerung (Bild 5)

Das von ELV konzipierte Schaltnetzteil SPS 9001 besitzt einen außerordentlich hohen Wirkungsgrad von ca. 90 %. Bezogen auf die maximale Ausgangsleistung von 600 W beträgt die anfallende Verlustleistung jedoch immerhin noch ca. 66 W. Eine Verlustleistung dieser Größenordnung abzuführen, stellt in der Regel kein Problem dar, sie könnte ohne weiteres über außenliegende Kühlkörper auch ohne zusätzlichen Lüfter abgegeben werden. Aufgrund der hohen und galvanisch nicht getrennten Betriebsspannungen würden außenliegende Kühlkörper mit isolierender Transistorbefestigung jedoch ein zu großes Sicherheitsrisiko in sich bergen. Aus diesem Grunde werden beim SPS 9001 zwei Kühlkörper im Geräteinneren einge-

setzt, wobei bedingt durch die relativ geringe Konvektion im Gehäuseinneren ein zusätzlicher Lüfter unabdingbar ist.

Abbildung 5 zeigt die elektronische Lüfterregelung des SPS 9001. Sie hat die Aufgabe, die Lüfterdrehzahl der jeweils anfallenden Verlustwärme anzupassen. Wird dem SPS 9001 nur eine geringe Leistung abverlangt, so ist auch nur eine niedrige Lüfterdrehzahl erforderlich, entsprechend einer Geräuschentwicklung „im Flüsterton“. Erst bei hohen Ausgangsleistungen bzw. hohen Umgebungstemperaturen wird die volle Lüfterleistung erreicht, wobei die Kühlkörpertemperatur die 60°C-Grenze unter normalen Bedingungen nicht überschreitet.

Unten rechts im Schaltbild (angeschlossen an ST 501 und ST 502) ist der Lüfter dargestellt. Über den Längstransistor T 502 erfolgt die Steuerung der am Lüfter anstehenden Betriebsspannung, wobei der Lüfter mit der unstabilierten +12 V-Betriebsspannung betrieben wird. Die Lüfterregelung des SPS 9001 besteht aus zwei unabhängigen Reglern.

Der Temperatursensor TS 501 ist nicht wie im allgemeinen üblich mit den Kühlkörpern verbunden, sondern befindet sich aus sicherheitstechnischen Gründen im Luftstrom der vom Lüfter aus dem Gerät gesaugten, erwärmten Abluft. Damit eine solche Messung exakt vorgenommen werden kann, ist eine gewisse Grundkonvektion erforderlich.

Diese wird durch den Grundlast-Regler IC 502 A sichergestellt. Der Istwert, d. h. die Spannung, die am Lüfter ansteht, gelangt

über den Widerstand R 509 auf den nicht-invertierenden Eingang (Pin 5) des IC 502 A. Der Sollwert wird durch den Widerstandsteiler R 506/R 508 gebildet und über den Widerstand R 507 auf den invertierenden Eingang des IC 502 A geleitet.

Der Ausgang des IC 502 A steuert über die Diode D 502 sowie die Widerstände R 514 und R 515 die Basis des Längstransistors T 502, womit der Grundlastregelkreis geschlossen ist. Durch die gegebene Dimensionierung stellt sich stets eine Spannung von ca. 5,1 V über dem Lüfter ein, wodurch die Forderung nach einer definierten Grundkonvektion erfüllt ist.

Im Einschaltmoment wird durch den Kondensator C 505 ein sicheres Anlaufen des Lüfters gewährleistet. Über den Kondensator C 504 im Gegenkoppelzweig in Verbindung mit dem Widerstand R 507 wird der Regelkreis stabilisiert. IC 502 B mit Zusatzbeschaltung bildet den eigentlichen Temperaturregler.

Über R 502 bis R 504 gelangt auch hier der Istwert (am Lüfter anliegende Spannung) auf den nicht-invertierenden Eingang des Reglers. Die Messung der Temperatur erfolgt über den Sensor TS 501. Die in Verbindung mit dem Widerstand R 501 gewonnene Meßspannung (Sollwert) gelangt über R 505 auf den invertierenden Eingang des IC 502 B.

Der Ausgang des OPs steuert über die Diode D 501 ebenfalls die Basis des Längstransistors T 502, wodurch auch hier der Regelkreis geschlossen ist. D 501 und D 502 (am Ausgang der beiden Regler)

dienen zur Entkopplung der einzelnen Regler, wodurch sichergestellt ist, daß jeweils nur ein Regler aktiv ist und die Regelung der Lüfterspannung übernimmt.

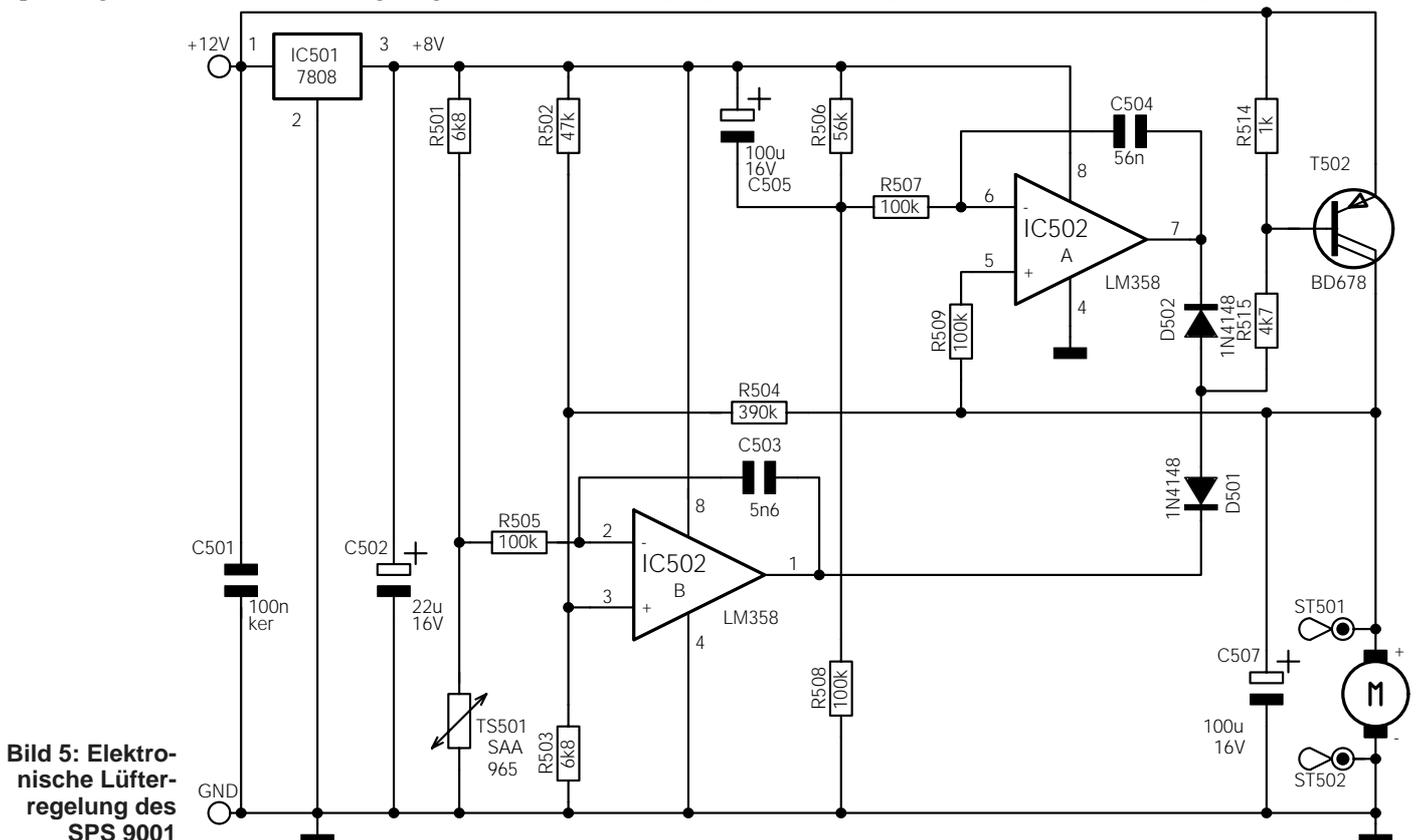
Sowohl der Grundlastregler als auch der Temperaturregler werden mit der durch IC 501 vom Typ 7808 erzeugten stabilisierten Spannung betrieben. Die Kondensatoren C 501 und C 502 dienen der Pufferung und Schwingneigungsunterdrückung für IC 501.

## Digitale Spannungsanzeige (Bild 6)

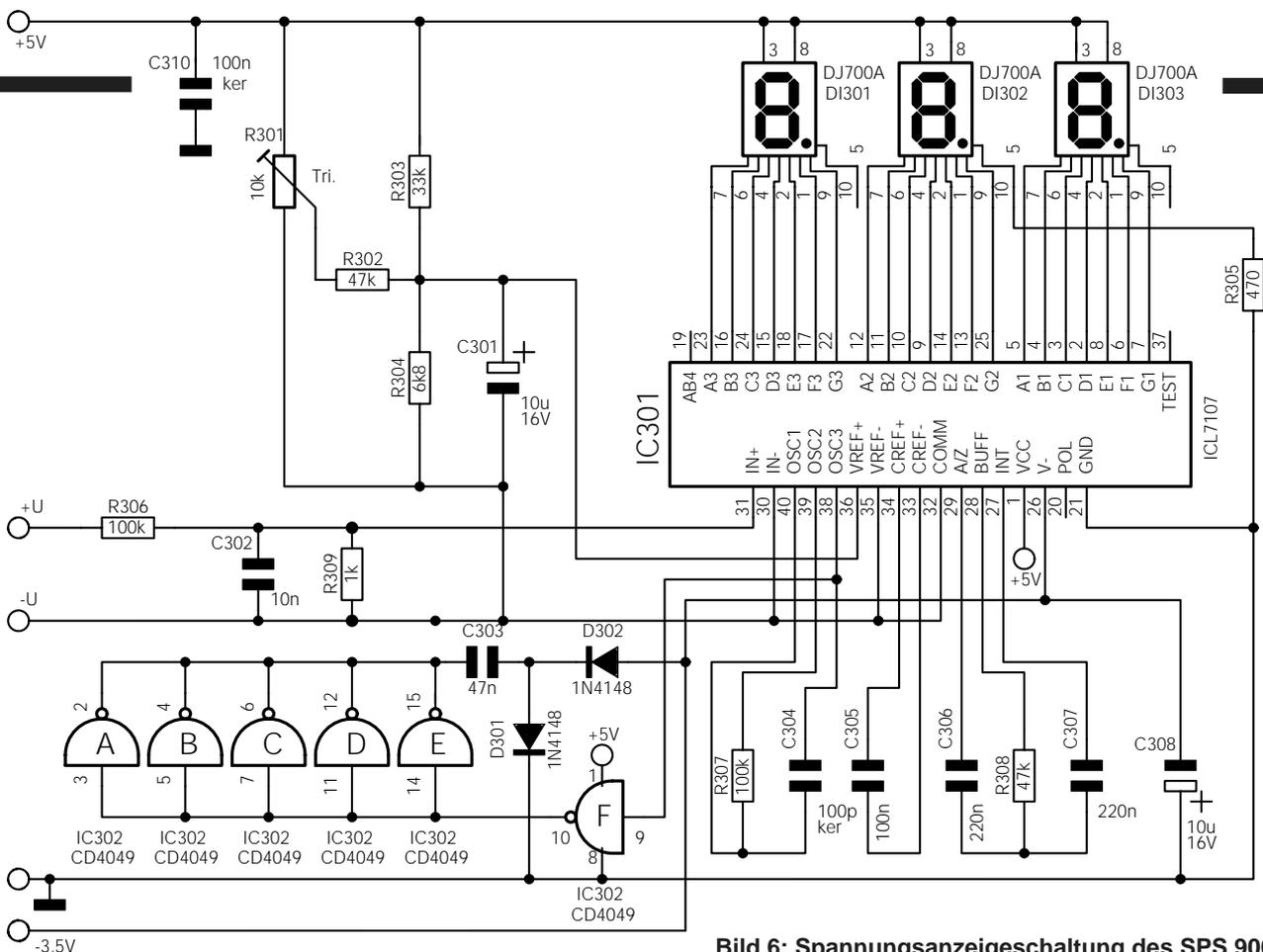
Die im SPS 9001 eingesetzte digitale Spannungsanzeige besitzt eine 3stellige Auflösung. Zentrales Bauelement der Schaltung ist der integrierte AD-Wandler des Typs ICL 7107. Neben der eigentlichen Analog-Digital-Umsetzung verfügt dieser Schaltkreis über einen integrierten 7-Segment-LED-Treiber zur Ansteuerung von DI 301 bis DI 303.

Über die externen Bauelemente R 307 und C 304 für den Oszillator sowie C 306, C 307 und R 308 für die Integrationsstufe werden das Timing bzw. die Taktfrequenz dieses komplexen Schaltkreises vorgegeben.

Als Referenzspannung dient die +5V-Versorgungsspannung, bezogen auf den U-Eingang. Der Abgleicherfolgt über R 301 in Verbindung mit den Festwiderständen R 302 bis R 304. Die an den Eingängen (+U und -U) anliegende Spannung wird zunächst durch den Spannungsteiler R 306/R 309 heruntergeteilt, bevor diese von IC 301 in den entsprechenden digitalen Anzeigewert



**Bild 5: Elektronische Lüfterregelung des SPS 9001**



**Bild 6: Spannungsanzeigeschaltung des SPS 9001**

umgesetzt und zur Anzeige gebracht wird.

Die erforderliche negative Versorgungsspannung von ca. -3,5 V wird über den 6fach-Inverter IC 302 in Verbindung mit C 303 sowie D 301, D 302 erzeugt.

### Digitale Stromanzeige (Bild 7)

Die Stromanzeige des SPS 9001 besitzt eine 4stellige Auflösung, ist jedoch weitgehend identisch zur Spannungsanzeige aufgebaut. Eine Herunterteilung der zu messenden Größe ist hier nicht erforderlich. Die Meßspannung gelangt daher direkt über die Spule L 401 auf den Eingang des Wandler-ICs. Die erforderliche negative Spannungsversorgung wird an dieser Stelle nicht noch einmal separat erzeugt, sondern von der bereits beschriebenen Inverter-Schaltstufe aus Abbildung 6 mit übernommen.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung des SPS 9001 soweit abgeschlossen, und wir wenden uns dem Nachbau mit anschließender Inbetriebnahme zu.

### Nachbau

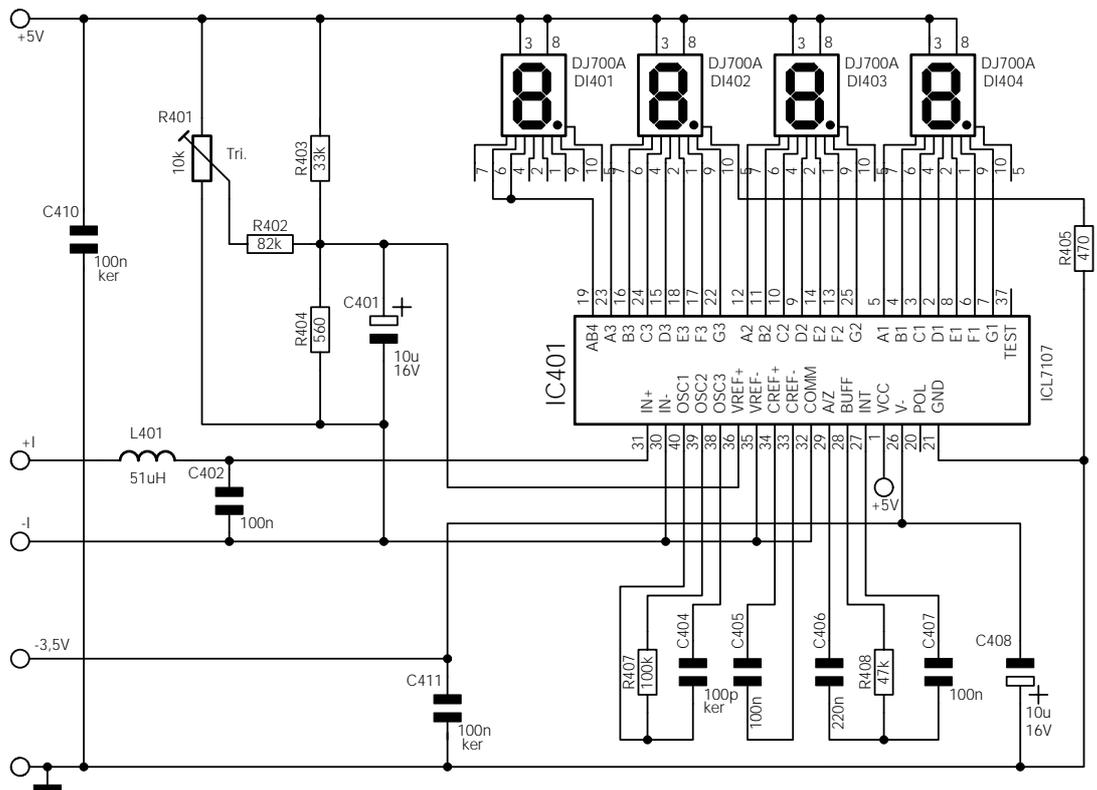
Obwohl die Schaltung des SPS 9001 recht komplex ist,

geht der Nachbau zügig vonstatten. Sämtliche Bauelemente werden auf 3 übersichtlich gestalteten Leiterplatten untergebracht.

Bei der Bestückung der Bauelemente ist höchste Aufmerksamkeit geboten, dieses gilt insbesondere für alle Bauelemente, die galvanisch mit dem 230V-Wechselspannungsnetz verbunden sind. Bei einer even-

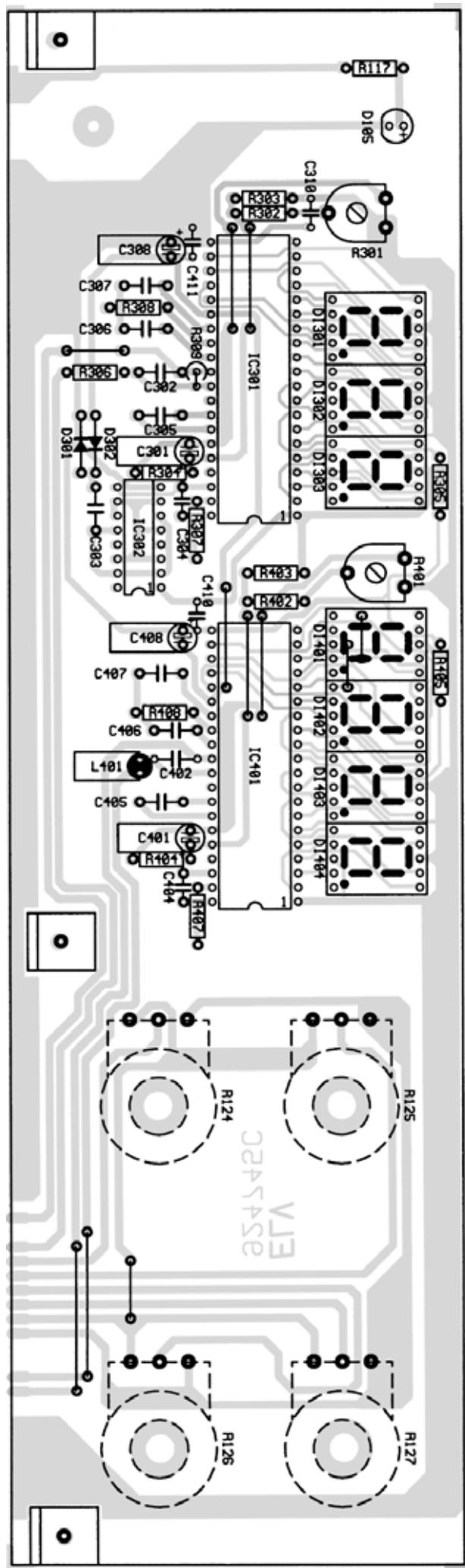
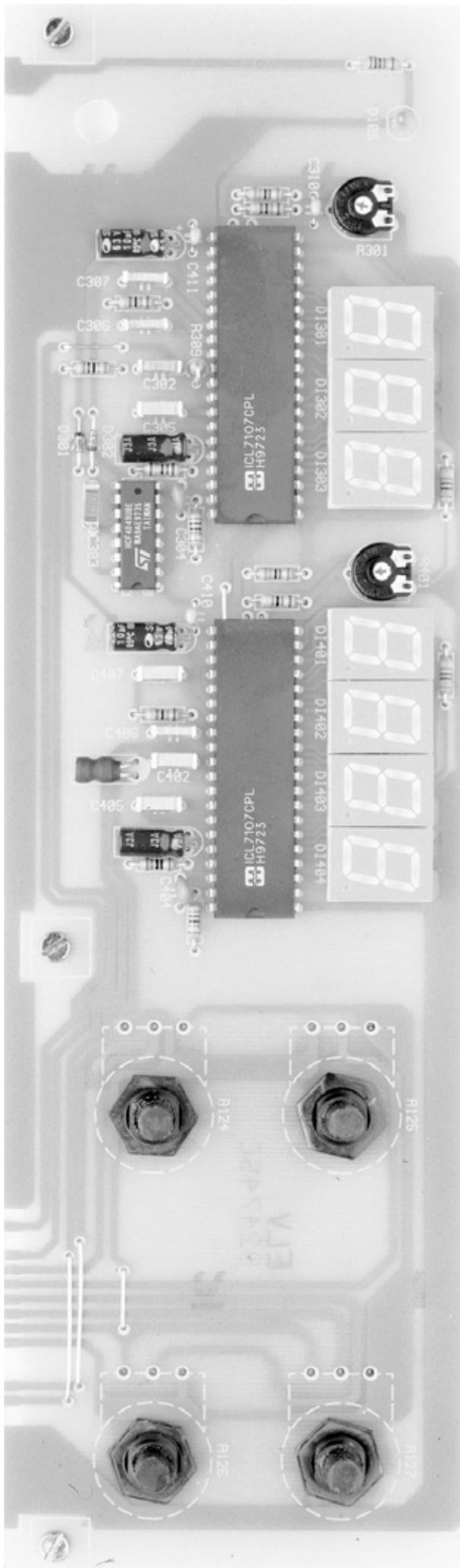
tuell erforderlichen Fehlersuche im Gerät ist ein Trenntrafo (ca. 1000 VA) aus sicherheitstechnischen Gründen, aber auch aus meßtechnischer Sicht unbedingt erforderlich. Dies gilt insbesondere bei Messungen mit einem Oszilloskop.

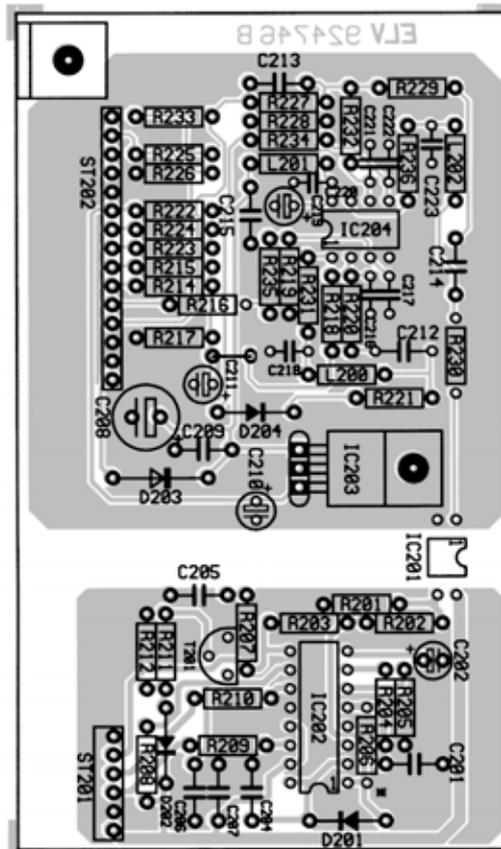
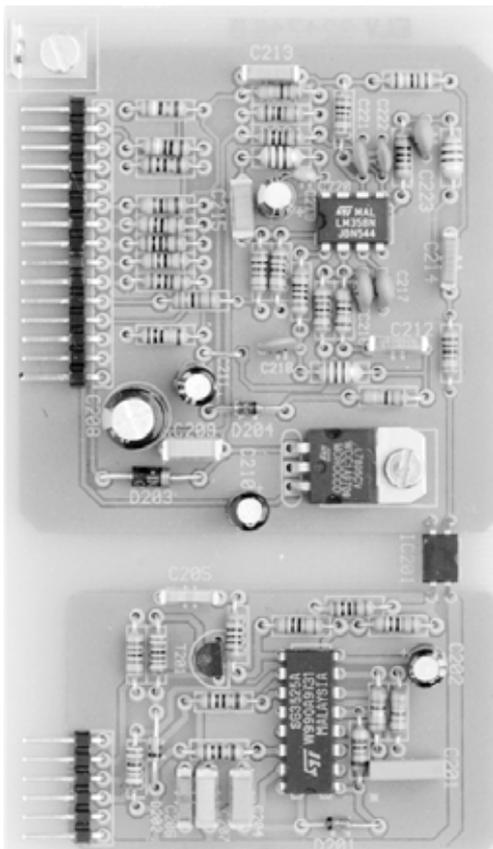
Grundsätzlich bergen Messungen an einem Gerät wie dem SPS 9001, bei dem die



**Bild 7: Stromanzeigeschaltung, bis auf wenige Einzelheiten identisch aufgebaut zur Spannungsanzeige von Bild 6.**

Ansicht der Frontplatte mit zugehörigem Bestückungsplan





**Ansicht der fertig aufgebauten Steuerplatine des SPS 9001 mit zugehörigem Bestückungsplan**

Netzwechselspannung in recht komplexer Weise verarbeitet und an vielen Stellen oder Bauteilen auch direkt berührbar ist, eine gewisse Gefahr in sich. Es ist daher in jedem Falle besser, es gar nicht erst so weit kommen zu lassen und durch einen sorgfältigen Aufbau Fehler auszuschließen.

Die Platinen werden in gewohnter Weise gemäß Bestückungsplan und Stückliste aufgebaut, wobei zunächst die niedrigen Bauelemente wie Widerstände und Drahtbrücken, danach die höheren Bauteile wie Kondensatoren oder Transistoren und zum Abschluß die ICs eingelötet werden. Beginnen wir zunächst mit der Bestückung der Frontplatine. Hierbei ist folgendes zu beachten: Die Elkos C 301, C 308, C 401, C 408 sowie die Spule L 401 sind wie auf dem Bestückungsdruck angedeutet liegend einzubauen. Der Widerstand R 309 wird hingegen stehend auf der Leiterplatte montiert. Die Leuchtdiode D 105 wird mit einem Abstand Platinenoberkante-LED-Spitze von ca. 7 mm eingebaut. Die Anschlußbeine der 4 Einstellpotentiometer (R 124 bis R 127) sind vor dem Einbau zunächst scharfkantig um den Kunststoffsockel zur Potiachse hin umzubiegen. Als dann werden die Einstellpotis von der Leiterbahnseite in die vorgesehenen Bohrungen der Leiterplatte eingesetzt, festgeschraubt und erst anschließend mit der Leiterplatte verlötet. Eine Sockelung der ICs ist aus Platzgründen nicht zulässig, auch muß beim Einlöten der Displays auf

bündiges Aufliegen auf der Leiterplatte geachtet werden.

Als nächstes sind 3 Befestigungswinkel an der Leiterbahnseite der Frontplatine mittels M3x5mm-Zylinderkopfschrauben zu befestigen. Hierzu dienen die M3-Gewindebohrungen der Winkel, wobei die verbleibenden 3,2mm-Bohrungen zur späteren Verbindung mit der Basisplatine vorgesehen sind.

Im nächsten Arbeitsschritt wird die 66 mm x 113 mm messende Steuerplatine vorgefertigt. Hierbei ist anzumerken, daß die abgewinkelten Stiftleisten in eigener Regie auf die benötigten Längen von 6 bzw. 15 Anschlußpins zu bringen sind. Dieses geschieht am besten mittels eines Seitenschneiders.

Der Spannungsregler IC 203 ist, wie im Bestückungsdruck angedeutet, liegend einzubauen. Hierzu wird der Spannungsregler zunächst mittels einer Zylinderkopfschraube M3x5mm und zugehöriger Mutter verschraubt und danach mit der Leiterbahn verlötet. Unmittelbar neben den Stiftleisten wird ein Montagewinkel in Verbindung mit einer Zylinderkopfschraube M3 x 6 mm und zugehöriger Mutter auf der Bestückungsseite der Steuerplatine angeschraubt. Die M3-Gewindebohrung im Winkel ist zur späteren mechanischen Verbindung mit der Basisplatine vorgesehen.

Als dann kommen wir zu der Bestückung der großen ca. 185 mm x 335 mm messenden Basisplatine des SPS 9001. Die

Widerstände R 113 bis R 115, R 119 und R 128 bis R 131 sind stehend einzubauen.

In die Platinenanschlußpunkte ST 101, ST 102, ST 106 - ST 109, ST 501 und ST 502 werden Lötstifte mit Lötöse eingesetzt und verlötet. Beim Anschluß einer Leitung an einen dieser Lötstifte ist zu beachten, daß das abisolierte Leitungsende erst durch die Lötöse gesteckt, umgebogen und anschließend verlötet wird.

Der Netzschalter S 101 muß mit allen Auflagepunkten an der Platine anliegen.

Die Steuersignale für die Endstufentransistoren T 101 und T 102 gelangen über je eine 75 mm lange Leitungsverbindung vom Steuertrafo TR 101 auf die besagten Transistoren. Diese Verbindung wird jeweils aus zwei Abschnitten starrer Schaltlitze hergestellt, die zuvor miteinander verdreht werden (siehe auch Leiterplattenfoto).

Die beiden Buchsenleisten STL 101 und STL 102 sind mittels eines Seitenschneiders auf die benötigten Längen (von 6 bzw. 15 Anschlußpins) zu konfektionieren.

Die Spulen L 101 und L 102 sind zunächst von der Bestückung ausgeschlossen. Ihre Montage erfolgt erst nach einer ersten Funktionsprüfung des SPS 9001. Hierauf gehen wir im Absatz Inbetriebnahme und Abgleich noch näher ein.

Der Temperatursensor wird auf 1,3mm-Lötstifte gelötet. Die Anschlußbeine werden hierbei nicht gekürzt, und die abgeflachte Seite des Sensorgehäuses soll zum hinteren Platinenrand zeigen.

Die Orientierung der insgesamt 9 Induktivitäten bzw. Transformatoren ist entweder durch das asymmetrische Pinning automatisch richtig gegeben, oder die Einbaulage ist beliebig. Letzteres gilt für L 101 bis L 103 sowie für die stromkompensierte Ringkerndrossel DR 101 und den Steuertrafo TR 103. Der Hilfstrafo TR 104 wird entsprechend den Leiterbahnenanschlüssen eingelötet.

Der Stromwandler TR 103 sowie die Ausgangsdrossel L 105 sind von Hand zu wickeln. Hierzu erhält der Ringkern von TR 103 fünfzehn Windungen aus 0,25 mm starkem Wire-Wrap-Draht.

Die Windungen sind gemäß dem Bestückungsphoto sauberlich nebeneinander aufzubringen, so daß der Kern ungefähr bis zur Hälfte umschlossen wird. Der Draht darf nicht zu fest um den Ringkern gezogen werden, da dies die Isolation beschädigen könnte. Als dann wird der so vorberei-

tete Ringkern mit einem ca. 20 mm Silberdraht auf der Leiterplatte befestigt. Dieser „Befestigungsdraht“ dient gleichzeitig als Verbindung der Mittelanschlüsse des Trafos TR 102. Der Draht wird zunächst nur einseitig angelötet, dann mittels einer Zange festgezogen und auf der Gegenseite angelötet, wodurch ein fester Sitz des Trafos erreicht wird.

Die Ausgangsdrossel L 105 wird aus dem Ringkern (26x15x20 mm) und 2 isolierten Leitungen mit einem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> hergestellt. Der Ringkern wird mit den parallelliegenden Leitungen fünfmal umwickelt, wobei diese im Kerninneren sauber nebeneinander liegen sollen (siehe auch Leiterplattenfoto). Die Enden der Litze sind an Punkt 1 und Punkt 3 der Leiterplatte einzulöten. Die Punkte 2 und 4 werden durch die zweite Windung der Drossel verbunden. Anschließend wird der Ringkern über den mitgelieferten Kabelbinder durch die Bohrungen in der Leiterplatte mit selbiger fest verbunden.

Als nächstes werden die beiden Kühlkörper für den Einbau vorbereitet. An dem von der Gerätevorderseite aus gesehenen linken Kühlkörper werden der Netzgleichrichter GL 101 sowie die 4 Leistungstransistoren T 101 bis T 104 montiert. Die Transistoren sind isoliert zu montieren, d. h. sie sind mit je einer speziellen Glimmerscheibe (hochspannungsfest) zu versehen, die beidseitig mit etwas Wärmeleitpaste bestrichen wurde. Die Montage erfolgt jeweils mittels einer Isolierbuchse und einer Zylinderkopfschraube M3 x 8 mm. Der Gleichrichter GL 101 wird mit einer M 3 x 12 mm-Zylinderkopfschraube an den Kühlkörper angeschraubt, wobei eine Glimmerscheibe hier nicht erforderlich ist, wohl aber Wärmeleitpaste zur optimalen thermischen Kopplung.

Als dann erfolgt die Halbleitermontage am rechten Kühlkörper. Die Transistoren T 105 und T 502 sowie die Doppeldioden D 101 und D 102 und der Spannungsregler IC 101 müssen wie zuvor beschrieben mit Glimmerscheibe und Isolierbuchse isoliert montiert werden. Für den Transistor T 502 (TO 126-Gehäuse) ist hierfür keine Isolierbuchse erforderlich. Der Shunt-Widerstand PR 101 wird direkt ohne Glimmerscheibe und Isolierbuchse montiert. Sämtliche Bauelemente werden mit M3x8mm-Zylinderkopfschrauben und Wärmeleitpaste montiert.

Sind alle Halbleiter soweit montiert, sollte mit einem Multimeter die Isolation zum Kühlkörper überprüft werden. Keinesfalls darf einer der Halbleiteranschlüsse einen direkten elektrischen Kontakt zum Kühlkörper haben.

Nachdem die Überprüfung der beiden Kühlkörper erfolgreich abgeschlossen ist, erfolgt die Montage auf der Basisplatine. Hierfür werden zunächst die Anschlußbeine

der Bauelemente durch die jeweiligen Bohrungen der Leiterplatte geführt, bis der Kühlkörper bündig aufliegt. Als dann werden die Kühlkörper mit je 2 Knippingschrauben 2,9 x 9,5 mm von unten durch die Basisplatine festgeschraubt. Abschließend wird die elektrische Verbindung der Halbleiter mit der Leiterplatte durch Verlöten der Anschlußbeine hergestellt.

Die mittleren Anschlüsse der Doppeldioden D 101, D 102 müssen zur Leiterbahnfläche umgebogen und mit dieser ganzflächig verlötet werden.

Sollte die Basisleiterplatte im angesprochenen Bereich mit Lötstopplack überzogen sein, so ist dieser mit einem Schraubendreher oder ähnlichem zu entfernen.

Anschließend wird das kleinere Abschirmblech vormontiert. Die Montagewinkel sind entsprechend dem Bestückungsdruck an der Seite, an der die Befestigungsflasche absteht, mittels der 3,2mm-Bohrung, einer M3x5mm-Zylinderkopfschraube sowie einer M3-Mutter locker anzuschrauben.

In die große Bohrung ist eine Durchführungsstülpe einzusetzen. Das soweit vorbereitete Abschirmblech wird jetzt mittels 3 Zylinderkopfschrauben M3 x 5 mm von unten her durch die Basisplatine festgeschraubt. Anschließend ist das Abschirmblech so auszurichten, daß die äußere Kante der Lasche 1,5 mm am Platinenrand der Basisplatine übersteht. Jetzt werden die nur locker angeschraubten Muttern festgezogen.

Als nächstes wird eine Entstördrossel aus einem Ringkern (25 x 15 x 12 mm) und 2 isolierten Leitungen mit einem Querschnitt von 1,5 mm<sup>2</sup> hergestellt. Der Ringkern wird mit den parallelliegenden Leitungen fünfmal umwickelt, wobei diese im Kerninneren sauber nebeneinander liegen sollen. Gemäß der späteren Einbaulage (siehe Platinenfoto) wird jetzt diese Drossel mit einem Abstand zur Platinenoberfläche an die Lötstifte ST 108 und ST 109 angelötet, so daß der Ringkern, nachdem das andere Ende der 2 Leitungen durch die Durchführungsstülpe gesteckt wurden, direkt vor dieser Durchführung zum Liegen kommt. Die verbleibenden 2 Leitungsenden werden an die Lötstifte ST 106 und ST 107 angelötet.

Es folgt das Einsetzen der Sicherung SI 101, die zusätzlich mit einer als Berührungsschutz dienenden Kunststoffabdeckung bestückt wird.

Sind alle Platinen soweit vorgefertigt, wird die Frontplatine mittels der vormontierten Winkel sowie 3 Zylinderkopfschrauben M3x6mm und zugehörigen Muttern mit der Basisplatine verbunden. Es ist darauf zu achten, daß kein erkennbarer Spalt an der Stoßstelle besteht. Auch muß vor allem in guter Näherung ein rechter Winkel zwischen beiden Platinen zustandekommen.

Sind diese Forderungen erfüllt, werden sämtliche Leiterbahnpaare unter Zugabe von reichlich Lötzinn sorgfältig miteinander verlötet.

Es folgt das Einsetzen der Steuerplatine, die zur zusätzlichen Sicherung an dem vormontierten Metallwinkel mittels einer Zylinderkopfschraube M3 x 5 mm von unten durch die Basisplatine festgeschraubt wird. Damit ist das Chassis des SPS 9001 soweit fertiggestellt.

An dieser Stelle empfiehlt es sich, eine kleine Schaffenspause einzulegen und den Aufbau bezüglich Bestückung, Polarität der Elkos bzw. Dioden und korrekter Lötungen zu überprüfen.

Nach gründlicher Kontrolle des Gerätechassis wird der Lüfter vorerst mit 2 Zylinderkopfschrauben M3 x 30mm und entsprechenden Muttern durch die beiden unteren Bohrungen auf der Außenseite der Rückwand des SPS 9001 montiert. In die von der Gerätevorderseite aus gesehenen rechts neben dem Lüfter befindliche Bohrung wird eine Durchführungsstülpe eingesetzt, durch die die Anschlußleitungen des Lüfters ins Geräteinnere geführt werden.

Der Lüfter ist nicht mittig an der Rückwand montiert und befindet sich damit auch nicht mittig zwischen den beiden Kühlkörpern des SPS 9001. Weiterhin ist die Lüfterbohrung zur Geräteunterseite hin verschoben.

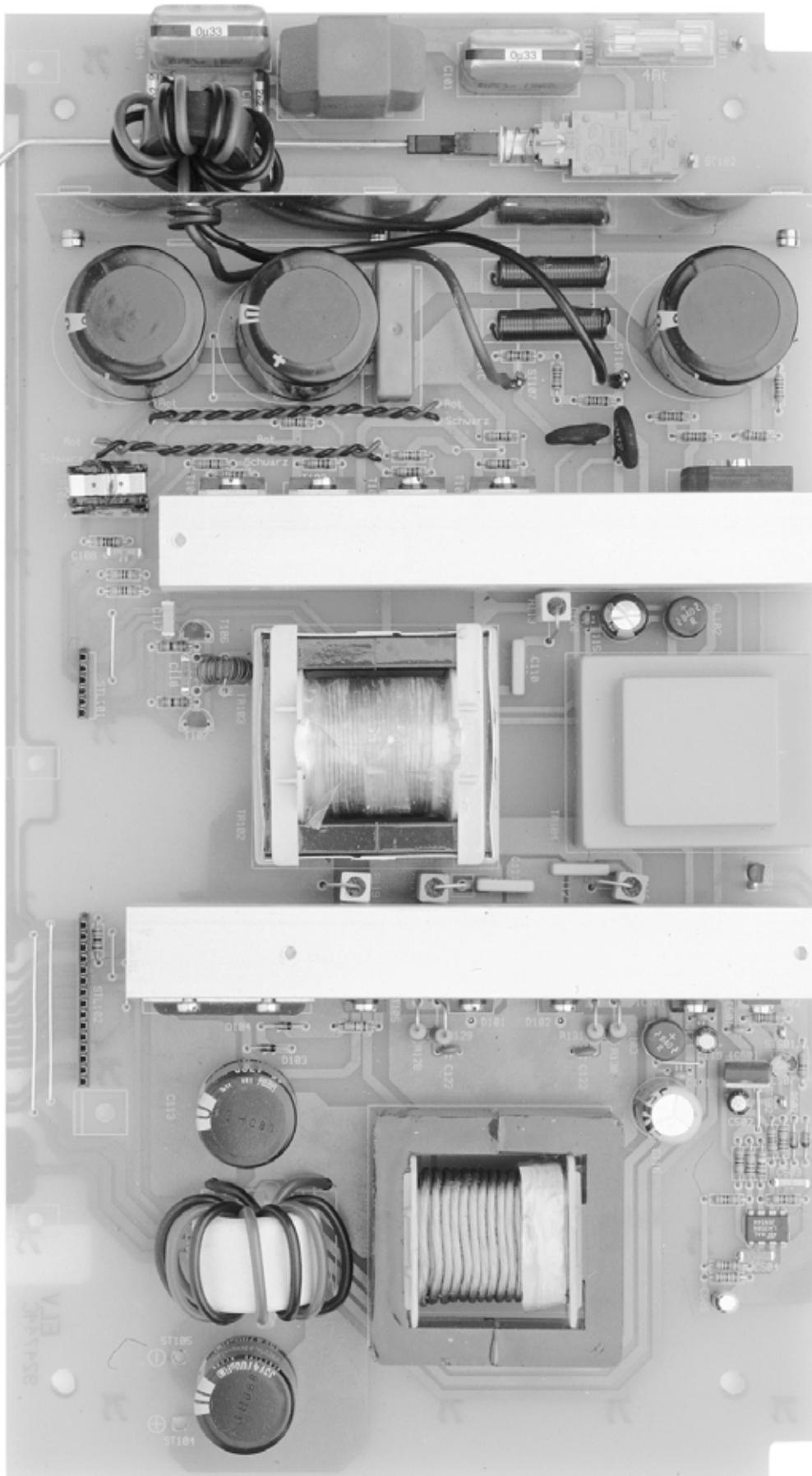
Die Montage des Lüfters erfolgt so, daß dieser die Abluft aus dem Gehäuse des SPS 9001 herausbefördert (siehe Pfeilmarkierung am Lüftergehäuse).

Nachdem die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung eingeschraubt ist, das Netzkabel hindurchgeführt und die äußere Ummantelung auf ca. 200 mm entfernt ist, kann die Rückwand mit dem Gerätechassis verbunden werden.

In die 2 Bohrungen der Rückwand und der Befestigungsflasche des Abschirmblechs in unmittelbarer Nähe der Netzkabeldurchführung wird jeweils eine Zylinderkopfschraube M3x6mm von der Außenseite her eingesetzt. Auf der Innenseite folgen dann jeweils eine Zahnscheibe M3 und eine entsprechende M3-Mutter.

Auf dem in der Rückwand befindlichen M4-Gewindebolzen oberhalb der Netzkabeldurchführung werden nun nacheinander eine M4-Zahnscheibe, eine M4-Lötöse sowie eine weitere M4-Zahnscheibe gesteckt und anschließend mit einer M4-Mutter festgeschraubt. Anschließend ist unmittelbar in der Nähe dieses Schutzleiteranschlusses zur Kennzeichnung der beiliegende Aufkleber auf der Innenseite der Rückwand anzubringen.

Die 3 Netzaern werden direkt nach dem Mantelaustritt durch einen Ringkern (25 x 12 x 8 mm) geführt. Der Ringkern wird den parallelliegenden Leitungen dreimal



### Stückliste: Schaltnetzteil

#### Widerstände

Shunt 0,01Ω/10Watt .....	PR 101
1,8Ω .....	R 122, R 123
3,3Ω .....	R 118
10Ω .....	R 209, R 210, R 226
33Ω .....	R 105, R 107, R 109, R 111
33Ω/4Watt .....	R 114, R 115
39Ω .....	R 233
47Ω .....	R 204
68Ω/1Watt .....	R128- R131
100Ω .....	R 104, R 207, R231, R236
150Ω/4Watt .....	R 113
220Ω/5Watt .....	R 119
390Ω .....	R 225
470Ω .....	R 120, R 121, R 305, R 405
560Ω .....	R 404
1kΩ .....	R 117, R 309, R 514
1,5kΩ .....	R 216
2,2kΩ .....	R 212, R 218, R 219, R 228, R 230
2,7kΩ .....	R 116, R 229
3,3kΩ .....	R 106, R 108, R 110, R 112
4,7kΩ .....	R 205, R 221, R 227, R 515
6,8kΩ .....	R 304, R 501, R 503
10kΩ ....	R 201, R 214, R 223, R 235, R232, R234
15kΩ .....	R 102A-R 102D
22kΩ .....	R 208, R 211
33kΩ .....	R 303, R 403
47kΩ .....	R 302, R 308, R 408, R 502
56kΩ .....	R 101A-R 101C, R 506
82kΩ .....	R 220, R 402
100kΩ .....	R 202, R 203, R 215, R 224, R 306, R 307, R 407, R 505, R 507-R 509
390kΩ .....	R 504
470kΩ .....	R 206, R 222
1MΩ .....	R 217
Trimmer, PT10, liegend, 10kΩ .....	R 301, R 401
Potentiometer .....	4,7kΩ,
6 mm Achse .....	R 124-R 127
NTC 4,7Ω .....	NTC 1, NTC 2

#### Kondensatoren

22pF/ker .....	C 221, C 222
100pF/ker .....	C 216- C 218, C 223, C 304, C 404
680pF/400V .....	C 110
1nF .....	C 206
1nF/50V .....	C 108
1nF/ker .....	C 122, C 123
2,2nF .....	C 118
3,3nF/400V .....	C 111, C 112
4,7nF .....	C 201
2,2nF/250V~, Y .....	C 102, C 103
5,6 nF .....	C 503
6,8nF .....	C 205
10nF .....	C 213, C 302
18nF .....	C 214
47nF .....	C 303
56nF .....	C 212, C 504
100nF .....	C 204, C 207, C 209, C 215, C 305, C 402, C 405, C 407
100nF/ker .....	C 120, C 121, C 124, C 220, C 310, C 410, C 411, C 501
220nF .....	C 306, C 307, C 406
330nF/250V~, X .....	C 101, C 104
470nF .....	C 117
470nF/630V .....	C 109
10µF/16V .....	C 301, C 308, C 401, C 408
10µF/25V .....	C 119, C 219
22µF/16V .....	C 202, C 210, C 211, C 502
100µF/16V .....	C 505, C 507
220µF/16V .....	C 208
220µF/40V .....	C 115
220µF/350V .....	C 105-C 107
2200µF/16V .....	C 116
4700µF/40V .....	C 113, C 114

#### Halbleiter

SG3525A .....	IC 202
SFH617-G2 .....	IC 201
ICL7107 .....	IC 301, IC 401
CD4049 .....	IC 302
LM358 .....	IC 204, IC 502
7805 .....	IC 101, IC 203

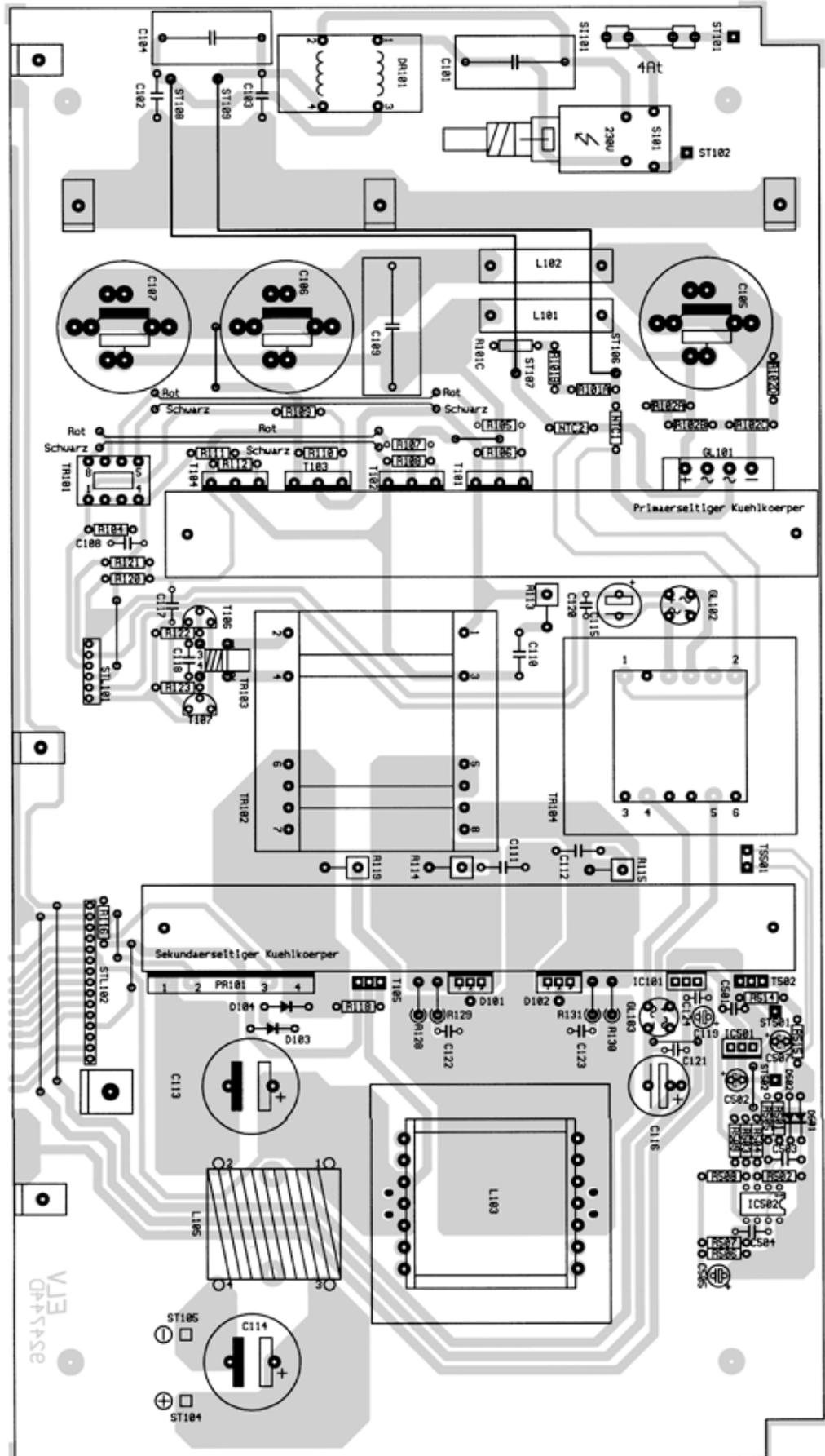
Ansicht der fertig aufgebauten Basisplatine (Originalgröße 355,9 x 86,1 mm)

# SPS 9001

7808 .....	IC 501
KBU6G .....	GL 101
B40C1000RD .....	GL 102, GL 103
BUZ326 .....	T 101-T 104
BD678 .....	T 502
BD243 .....	T 105
BC337 .....	T 106, T 107, T 201
DJ700A .....	DI 301-DI 303, DI 401-DI 404
BYV32-150 .....	D 101, D 102
ZPD18V .....	D 202
ZPD3,9V .....	D 204
1N4002 .....	D 203
1N4148 .....	D 103, D 104, D 201, D 301, D 302, D 501, D 502
LED, 3mm, grün .....	D 105
SAA965 .....	TS 501

## Sonstiges

Trafo EF16-V1 .....	TR 101
Trafo ETD49 .....	TR 102
Trafo EI48 .....	TR 104
Ringkern 10x4mm .....	TR 103
Drossel, 2x7mH/3,5A .....	DR 101
Ringkern, 26x15x20mm .....	L 105
Drossel E55/21-V1 .....	L 103
Ringkern, 25x12x08mm .....	L 106
Ringkern, 25x15x12mm .....	L 107
Spule, 10µH .....	L 200-L 202
Stabkern-drossel, 30µH .....	L 101, L 102
Spule, 51µH .....	L 401
Shadow-Netzschalter .....	S 101
Sicherung, 4A, träge .....	SI 101
1 Platinensicherungshalter (2 Teile)	
1 Kunststoffabdeckung für Platinensicherungshalter	
1 Buchsenleiste, 25polig	
1 Stifteleiste, abgewinkelt, 25polig	
1 Axial-Lüfter, 60x60mm, 12V (Papst 612)	
14 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5mm	
8 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6mm	
11 Zylinderkopfschrauben M3 x 8mm	
1 Zylinderkopfschraube M3 x 12mm	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 30mm	
19 Muttern, M3	
4 Zahnscheiben, M3	
4 Knippingschrauben 2,9 x 9,5mm	
4 Knippingschrauben 2,9 x 6,5mm	
7 Metallwinkel	
2 Zahnscheiben, M4	
1 Lötöse, M4	
1 Mutter, M4	
2 Kühlkörper, SPS 9001	
1 Shadow-Netzschalter-Verlängerungsachse	
1 Adapterstück für Shadow-Netzschalter	
1 Druckknopf für Shadow-Netzschalter	
1 Durchführungstülle, 4mm	
1 Durchführungstülle, 6mm	
1 Netzkabel, 3adrig	
1 Netzkabeldurchführung m. Zugentlastung	
1 Abschirmblech-Streifen	
1 Abschirmblech-Deckel	
1 Aufkleber mit Schutzleitersymbol	
1 Polklemme, 20A, rot	
1 Polklemme, 20A, schwarz	
Isolier nipple 4 x T03P/4 x T0220	
4 Spezial-Glimmerscheiben, für BUZ 326	
5 Glimmerscheiben T0-3P	
1 Tube Wärmeleitpaste	
2 Lötstifte, 1,3mm	
8 Lötstifte mit Lötöse	
1 Kabelbinder, klein	
16cm starre Leitung, ST1x0,5mm <sup>2</sup> , schwarz	
16cm starre Leitung, ST1x0,5mm <sup>2</sup> , rot	
35cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , schwarz	
35cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , rot	
7cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , schwarz	
7cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , rot	
50cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , blau	
50cm flexible Leitung, ST1x1,5mm <sup>2</sup> , schwarz	
30cm Wire-Wrap-Leitung 0,25 mm <sup>2</sup>	
70cm Schaltdraht, blank versilbert	



umwickelt, wobei diese im Kerninneren sauber nebeneinander liegen sollen.

Die beiden Netzdern L und N werden an die Lötstifte ST 101 und ST 102 und der Schutzleiter an dem entsprechenden Schutzleiteranschluß (Lötöse) der Rückwand angelötet, wobei darauf zu achten ist, daß die abisolierten Leitungsenden zuerst in die Lötöse gesteckt, umgebogen und erst dann angelötet werden.

Nun werden noch die rote Anschlußleitung des Lüfters an ST 501 und die blaue Anschlußleitung an ST 502 angelötet.

Damit ist der Aufbau so weit abgeschlossen, und wir können mit der Inbetriebnahme sowie dem anschließenden Abgleich beginnen.

### **Inbetriebnahme und Abgleich**

Durch das Fehlen der beiden Spulen L 101 und L 102 erhalten die primärseitigen Leistungsstufen des SPS 9001 keine Versorgungsspannung. Hierdurch kann relativ risikolos zunächst die Steuerschaltung des SPS 9001 überprüft werden, ohne daß die Gefahr einer Zerstörung der Leistungstransistoren besteht.

Grundsätzlich ist auf jeden Fall ein entsprechender Trenntransformator für die Inbetriebnahme erforderlich. Soll das SPS 9001 später unter Voll-Last am Trenntrafo betrieben werden, sollte dieser mindestens über 1kW-Ausgangsleistung verfügen. Nachdem der Netzschalter eingeschaltet ist, kann die Netzspannung eingeschaltet werden. Sämtliche auf der Frontplatte befindlichen Einstellpotis und Trimmer sind zunächst in Mittelstellung zu bringen. Beide Digitalanzeigen müssen Null anzeigen, und der Lüfter muß mit niedriger Drehzahl laufen.

Im ersten Schritt wird nun mit einem Oszilloskop das Ansteuersignal für die Leistungsstufe gemessen. Dieses wird am besten an den Anschlußpins 1 und 4 des Ansteuertrafos TR 101 abgegriffen. Es muß die maximale Pulsbreite erkennbar sein, denn die eingestellte Sollspannungsvorgabe von ca. 15 V (Mittelstellung der Einstellpotis) kann aufgrund der fehlenden Endstufenversorgung natürlich nicht realisiert werden, so daß der Pulsbreitenmodulator versucht, auf Maximum zu regeln. Als nächstes wird ein externes regelbares Netzgerät an die Ausgangsbuchsen des SPS 9001 polrichtig angeschlossen.

Im ersten Schritt sollte die am Netzgerät eingestellte Spannung zwischen 5 V und 10 V liegen. Je nach eingestellter Spannung am Netzgerät fließen jetzt ca. 200 - 300 mA in das immer noch eingeschaltete Chassis des SPS 9001 hinein.

Verursacht wird dieser Strom durch die eingebaute Stromsenke um T 105 sowie durch den Widerstand R 119. Die am Netz-

gerät eingestellte und damit an den Ausgangsklemmen des SPS 9001 anliegende Spannung sollte in ungefährender Größe auf dem noch nicht abgeglichenen Display des SPS 9001 angezeigt werden. Wird nun die an den Ausgangsklemmen anliegende Spannung allmählich erhöht und der Sollwert von ca. 15 V (Einstellung an der Frontplatte des SPS 9001) überschritten, so erkennt die Reglereinheit auf Ist-Spannung > Soll-Spannung, und der Pulsbreitenmodulator generiert jetzt die minimale Pulsbreite. Am Oszilloskop ist dies durch den Umschlag des Signals auf nahezu Nullpegel erkennbar.

Wird das Spannungseinstellpoti R 124 (grob) im Uhrzeigersinn weitergedreht, so verschiebt sich der Umschlagpunkt, und bei Überschreiten der extern zugeführten Spannung muß das Oszilloskop wieder maximale Impulsbreite anzeigen.

Dieses Spiel kann durch stückweises, alternierendes Höherdrehen der Spannung beider Geräte hinreichend überprüft werden, danach auch in der Gegenrichtung. Verließ diese erste Überprüfung soweit zufriedenstellend, kann von einer korrekten Funktion der Regel- und Steuereinheit ausgegangen werden.

Nachdem das SPS 9001 wieder vom Netz getrennt wurde, werden die beiden Spulen L 101 und L 102 eingelötet. An den Ausgangsklemmen des SPS 9001 wird nun ein möglichst genauer Spannungsmesser angeschlossen und das Chassis anschließend wieder mit Netzspannung beaufschlagt.

Nun werden beide Einstellpotis für Spannung (R 124 und R 125) an den Rechtsanschlag gedreht, worauf das SPS 9001 eine Spannung von ca. 30 V - 31 V erzeugen müßte.

Das Skalierpoti R 301 für die digitale Spannungsanzeige wird nun so eingestellt, daß die Spannung an den Ausgangsklemmen mit der Displayangabe übereinstimmt.

Es folgt die Skalierung der Stromanzeige, wozu zunächst die Stromeinstellpotis an der Frontplatte des SPS 9001 (R 126 und R 127) auf Null zu drehen sind.

Als dann wird ein entsprechender Strommesser an den Ausgangsklemmen des SPS 9001 angeschlossen.

Sofern ein hinreichend genaues Strommeßgerät mit einer Belastbarkeit von 20 A nicht zur Verfügung steht, empfehlen wir, den Abgleich mit einem Multimeter im 2A-Endbereich durchzuführen. Dieser ist normalerweise deutlich genauer als der meist nur kurzzeitig belastbare Hochstrommeßbereich, wogegen der Linearitätsfehler der eingesetzten AD-Wandler im SPS 9001 vernachlässigbar ist.

Wir stellen also durch vorsichtiges Hochdrehen des Stromes einen knapp unter dem

Meßbereichsendwert des angeschlossenen Amperemeters liegenden Strom ein und gleichen mit R 401 zügig den Anzeigewert der digitalen Stromanzeige des SPS 9001 ab.

Damit sind Inbetriebnahme und Abgleich des SPS 9001 abgeschlossen. Bevor das Gerät seiner Bestimmung übergeben werden kann, muß noch der Gehäuseeinbau erfolgen.

### **Gehäuseeinbau**

Zunächst sind die beiden massiven Polklemmen in die Frontplatte einzuschrauben. Als dann werden beide Polklemmen mit je einem etwa 70 mm langen Zuleitungsstück versehen, das an den Lötkontakt angelötet wird, der sich jeweils am Gewindeende befindet. Nach dem Lötvorgang werden die Befestigungsmuttern der Polklemmen nochmals nachgezogen und die freien Leitungsenden lötfertig abisoliert, verdrillt und verzinnt. Als dann wird die so vorbereitete Frontplatte auf das Gerätechassis aufgesetzt und die Anschlußleitungen der Polklemmen in die Bohrungen (+) (rote Leitung) und (-) (schwarze Leitung) der Basisplatte eingesteckt und verlötet.

Als nächstes wird die Betätigungsstange für den Netzschalter gemäß der Abbildung 8 mittels einer Kombizange vorgewinkelt.

Nachdem der Netzschalter mit dem schwarzen Verbindungsstück versehen wurde und die weiße Tastkappe auf das kurze Ende der Verbindungsstange aufgesteckt ist, wird diese durch Frontplatte sowie Frontplatte geführt und in das schwarze Verbindungsstück des Netzschalters eingesteckt.

Nun werden die 4 Gehäusebefestigungsschrauben (M 4 x 90 mm) von unten durch eine der Gehäuseschalen eingesteckt. Die so vorbereitete Bodeneinheit wird mit dem Lüftungsgitter nach vorne auf die Arbeitsplatte gestellt.

Im folgenden Arbeitsschritt wird das komplette Chassis des SPS 9001 einschließlich der Front- und Rückplatte von oben über die Schrauben gesetzt. Liegen Front- und Rückplatte korrekt in ihren Nuten, wird zunächst der Abschirmblechdeckel aufgesetzt. Anschließend wird der Lüfter mit den verbliebenen 2 Zylinderkopfschrauben M3x30 mm sowohl an der Rückplatte als auch am Abschirmdeckel befestigt. An den 2 links neben dem Lüfter liegenden Bohrungen wird der Abschirmdeckel zusätzlich an der Rückwand mittels 2 Zylinderkopfschrauben M3x6 mm, die von außen einzustecken sind, sowie einer auf der Innenseite folgenden M3-Zahnscheibe und einer M3-Mutter befestigt.

Danach erfolgt die Befestigung des Abschirmdeckels am Abschirmblech. Dazu finden hier 3 Schrauben M3x5 mm und entsprechende Muttern Verwendung, al-

lerdings sind diese vorerst nur locker anzuschrauben. Mittels 4 Knippingschrauben 2,9x6,5 mm wird nun der Abschirmblechdeckel auf der Oberseite der Kühlkörper angeschraubt. Die Verbindungsschrauben zwischen Abschirmblech und Deckel können jetzt festgezogen werden.

Nach erfolgter Montage des Abschirmdeckels folgen auf die oben aus der Basisplatte herausstehenden Gehäusemontageschrauben je eine 60 mm sowie eine 20 mm lange Abstandsrolle. Sodann werden die obere Gehäusehalbschale aufgesetzt und die M4-Muttern eingelegt. Für die korrekte Funktion der aktiven Kühlvorrichtung muß das Lüftungsgitter der oberen Halbschale unbedingt zur Gerätefrontseite hin orientiert sein.

Das Anziehen der Montageschrauben erfolgt von unten, wozu das Gerät einseitig über die Tischkante hervorgezogen (Schraube darf nicht herausfallen!) und die jeweilige Schraube festgezogen wird.

Als dann werden die Potiachsen entspre-

chend gekürzt und mit den vorgesehenen Einstellknöpfen versehen.

Die Endmontage des Gerätes mit Fuß- und Abdeckmodulen schließt den Aufbau des SPS 9001 ab (Gummifüße zuvor in Fußmodule einsetzen, Abdeckmodule nur bestücken, wenn kein weiteres Gerät der 9000er-Serie aufgesetzt werden soll).

Damit ist der Nachbau des SPS 9001 beendet, und das Gerät steht für die Anwendung in Ihrem Elektronik-Labor bereit.

#### **Achtung! Wichtig!**

Die lebensgefährliche Netzwechselspannung wird im Gerät in recht komplexer Weise verarbeitet und ist an vielen Stellen oder Bauteilen auch direkt berührbar.

Nachbau und Inbetriebnahme dürfen daher ausschließlich von Fachleuten durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt und mit den einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen vertraut sind.

Des Weiteren ist zur Inbetriebnahme grundsätzlich ein Sicherheits-Trenntrafo vorzuschalten, der eine Leistung von mindestens 1000 VA besitzen sollte.

Ein Gerät der vorliegenden Leistungsklasse kann bei der Inbetriebnahme im Fehlerfall bereits ein sehr ernst zu nehmendes Risiko darstellen, denn mit den auf engstem Raum umgesetzten Energiemengen ist nicht zu spaßen.

Dennoch kann jeder, der zumindest etwas Erfahrung im Aufbau entsprechender elektronischer Geräte besitzt, sich am eigenen Aufbau dieses Gerätes erfreuen, solange das Gerät stromlos bleibt und nicht an das 230V-Wechselspannungsnetz angeschlossen wird.

Anschließend senden Sie das fertig aufgebaute Gerät an unseren technischen Service ein, der die Inbetriebnahme und ggf. Korrekturen zügig und unter optimalen Bedingungen durchführt. Sie erhalten das betriebsfertige Gerät dann kurzfristig zurück.

## **EG-Konformitätserklärung**

Für das folgend bezeichnete Erzeugnis

### **ELV-Schaltnetzteil SPS 9001**

wird hiermit bestätigt, daß es den Schutzanforderungen entspricht, die in der Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (89/336/EWG) festgelegt sind. Diese Erklärung gilt für alle Exemplare, die nach den entsprechenden Fertigungsunterlagen hergestellt werden. Zur Beurteilung des Erzeugnisses hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit wurden folgende Normen herangezogen:

<b>EN 50081-1:1992 /</b>	<b>EN 55022</b>
	<b>EN 55014</b>
<b>EN 50082-1:1992 /</b>	<b>IEC 801-2 (8kV AD)</b>
	<b>IEC 801-3 (3V/m unmod.) /</b>
	<b>ENV 50140 (3V/m mod.)</b>
	<b>IEC 801-4 (1kV auf Netzl.</b>
	<b>0.5kV auf Signall.)</b>

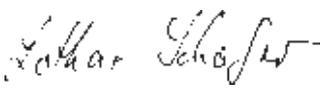
Diese Erklärung wird verantwortlich für den Hersteller/Importeur

**Elektronik-Literatur-Verlag GmbH**  
26789 Leer

abgegeben durch

**Dipl.-Ing. Lothar Schäfer**  
Entwicklungsingenieur / EMV-Beauftragter

Leer, den 25.09.1997

  
(Rechtsgültige Unterschrift)

## **Hinweise zur Betriebsumgebung im Rahmen des EMVG**

Die zur Beurteilung des Produktes herangezogenen Normen legen Grenzwerte für den Einsatz im Wohnbereich, Geschäft- und Gewerbebereich sowie in Kleinbetrieben fest, wodurch der Einsatz des Erzeugnisses für diese Betriebsumgebung vorgesehen ist. Hierzu gehören folgende, typische Einsatzorte und Räumlichkeiten:

- Wohngebäude/Wohnflächen wie Häuser, Wohnungen, Zimmer usw.;
- Verkaufsflächen wie Läden, Großmärkte usw.;
- Geschäftsräume wie Ämter und Behörden, Banken usw.;
- Unterhaltungsbetriebe wie Lichtspielhäuser, öffentliche Gaststätten, Tanzlokale usw.;
- im Freien befindliche Stellen wie Tankstellen, Parkplätze, Vergnügungs- und Sportanlagen usw.;
- Räume von Kleinbetrieben wie Werkstätten, Laboratorien, Dienstleistungszentren usw.

Alle Einsatzorte sind dadurch gekennzeichnet, daß sie in die öffentliche Niederspannungs-Stromversorgung angeschlossen sind. Bei dem Einsatz in einer elektromagnetisch stärker gestörten Umgebung wie z.B. der typischen Industrieumgebung, können insbesondere Probleme mit einer nicht ausreichenden Störfestigkeit des Erzeugnisses auftreten.



