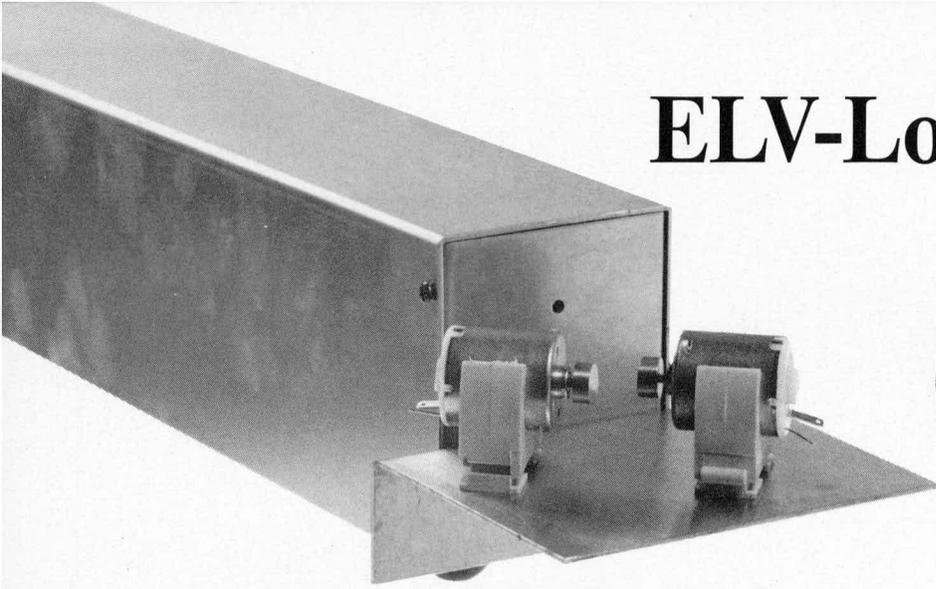


ELV-Low-Cost-Show-Laser-Anlage



Die Lasertechnik findet immer mehr praktische Anwendungen. Nicht zuletzt durch zum Teil extrem günstige Preise für Laserröhren hält der Laser jetzt auch Einzug in das Hobby-Labor.

In dem hier vorliegenden Artikel beschreiben wir den Aufbau eines Lasernetzteils, das zusammen mit der Laserröhre in einem abgeschirmten Metallgehäuse Platz findet sowie ein professionelles Steuergerät, mit dessen Hilfe der Laserstrahl abgelenkt und die verschiedensten interessanten Figuren auf Wand oder Decke projiziert werden können.

Allgemeines

In dem ebenfalls in dieser Ausgabe veröffentlichten Artikel „LASER“ (Grundlagen), sind wesentliche Merkmale rund um die Lasertechnik ausführlich beschrieben. Die interessanten technischen Daten eines Qualitäts-Laserrohres, wie es von ELV für die hier vorgestellten Anwendungen vorgeschlagen wird, sind in Tabelle 1 aufgeführt. Ebenso die technischen Daten des zugehörigen Netzteils.

ELV ist dafür bekannt, auf Sicherheitsbestimmungen großen Wert zu legen und auf mögliche Gefahren aufmerksam zu machen. So weisen wir unsere verehrten Leser immer wieder darauf hin, daß z. B. der Umgang mit Netzwechselfspannung lebensgefährlich ist und die einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen unbedingt zu beachten sind. So wollen wir an dieser Stelle, bevor wir auf die hier vorgestellte Bauanleitung näher eingehen, zunächst auf mögliche Gefahren im Umgang mit Lasern im allgemeinen und den hier vorgestellten im besonderen, eingehen.

LASER gibt es in sehr unterschiedlichen Leistungsstufen sowie mit verschiedenen Wellenlängen. Großlaseranlagen sind z. B. in der Lage, selbst dicke Stahlplatten wie Butter zu zerschneiden. Entsprechend aufwendig sind die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen, damit beim Betrieb niemand Schaden nimmt.

In unserem Artikel wollen wir uns jedoch ausschließlich mit sog. Show-Lasern befassen, deren Strahlen sich im sichtbaren Betrieb des Lichtes befinden und meistens hellrot sind.

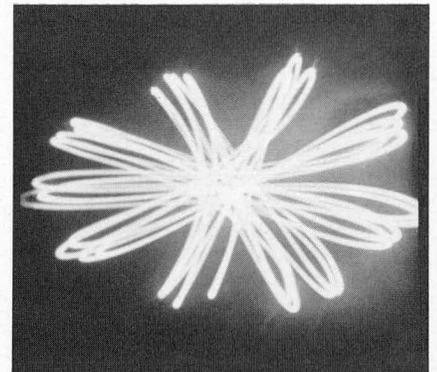
Nach unseren Informationen sind die gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen für den Betrieb entsprechender Laseranlagen nicht sehr umfangreich. Dies ist vermutlich

darauf zurückzuführen, daß LASER, und hier insbesondere größere Anlagen extrem teuer sind und fast nur von Profis eingesetzt werden, die hinreichend verantwortungsvoll damit umzugehen in der Lage sind. Jeder einzelne, der eine Laseranlage in Betrieb nimmt, auch wenn es sich um Geräte kleinerer Leistungen handelt, sollte sorgfältig darauf achten, daß keinerlei Schäden durch den Betrieb der Anlage entstehen können.

Bei öffentlichen Anlagen in Diskotheken lautet die Bestimmung, daß die ins Publikum gelangende Strahlungsleistung kleiner als 0,5 sein muß. Hierbei liegt man nach den bisherigen praktischen Erfahrungen deutlich auf der sicheren Seite zumal sich die Laserstrahlen schnell bewegen und keine Dauerbestrahlung der Netzhaut erfolgen kann.

Bei sachgemäßer Anwendung gibt der ELV-LASER eine maximale Strahlungsleistung von 2 mW ab. Da der Strahlendurchmesser im Bereich der Austrittsöffnung sehr gering ist, d. h. eine hohe Bündelung aufweist, ist es unbedingt zu vermeiden, direkt in den Strahl zu blicken. Ein Auftreffen des Laserstrahls auf andere Körperteile als die Augen ist jedoch absolut ungefährlich. Selbst wenn z. B. die Hand längere Zeit unmittelbar vor die Austrittsöffnung gehalten würde, ist mit Sicherheit kein Schaden zu erwarten.

Für die Netzhaut hingegen, kann eine direkte Bestrahlung über mehrere Sekunden bei geringem Abstand Schäden hervorrufen. Andererseits sollte man die von den Strahlen des ELV-LASERS ausgehenden Gefahren nicht überbewerten. Ein kurzer Blickkontakt, der nur den Bruchteil einer Sekunde bei einem wandernden Strahl in Anspruch nimmt, ist selbst dann harmlos, wenn man sich nur 0,5 m von der Austrittsöffnung entfernt befindet. Hat der



Strahl erst einige Meter zurückgelegt und wurde er ggf. sogar mehrmals umgelenkt, ist selbst eine intensive Bestrahlung von mehreren Sekunden der Netzhaut ungefährlich, da die Energiedichten bereits deutlich abgenommen haben.

Sicherheitshalber empfehlen wir, bei den Experimenten mit dem ELV-LASER eine Schutzbrille zu tragen, die einen wesentlichen Strahlungsanteil herausfiltert. Wird der LASER später im Partykeller eingesetzt, sind selbstverständlich keine Schutzbrillen erforderlich, da die Strahlungssintensität durch die Distanz sowie das Umlenken auf niedrige Werte herabgesetzt wurde.

Da der LASER mit einer hohen Betriebsspannung arbeitet, ist diesem Punkt im Hinblick auf die Sicherheit ebenfalls große Aufmerksamkeit zu widmen.

Die Arbeitsspannung des Netzteils liegt bei ca. 1,8 kV, während zum Zünden der Laserröhre ca. 8 kV benötigt werden.

Die Betriebsspannung von LASER-Netzteilen kann 2000 V und mehr betragen. Für die Zündung einer Laserröhre ist noch eine wesentlich höhere Spannung erforderlich, die in der Größenordnung von 8000 V liegt. Eine Berührung spannungsführender Teile ist somit in höchstem Maße lebensgefährlich.

Um eine hohe Sicherheit zu erreichen, wurde der ELV-LASER in einem mechanisch sehr stabilen Metallgehäuse aus massivem 1,5 mm starkem Aluminium eingebaut, d. h. Netzteil und Laserröhre befinden sich zusammen in demselben Gehäuse. Das Gehäuse selbst ist wiederum mit dem Schutzleiter des 220 V Wechselspannungsnetzes verbunden. Wichtig ist hierbei natürlich, daß der Schutzleiter auch ordnungsgemäß angeschlossen wurde, und zwar nicht nur am Gehäuse, sondern auch

Tabelle I

1. Technische Daten der Laser-Röhre

- Helium-Neon-Rotlicht-Laser
- Farbe: intensives Hellrot
- Wellenlänge: $0,63 \pm 0,01 \mu\text{m}$
- Ausgangsleistung: 2 mW
- Aufwärmzeit: kleiner 1 Sekunde
- Strahldurchmesser am Austrittspunkt: $0,75 \pm 0,05 \text{ mm}$
- Strahlaufweitung: ca. $0,75 \text{ mm}$ auf 1 m/entspricht einem Strahldurchmesser von ca. 15 mm auf 10 m
- Zündspannung: 8000 V
- Brennspannung: $1150 \text{ V} \pm 100 \text{ V}$
(min. Vorwiderstand: $68 \text{ k}\Omega/4 \text{ Watt}$ – entspricht min. Versorgungsspannung von ca. 1500 V)
- Betriebsstrom: $5 \text{ mA} \pm 0,2 \text{ mA}$
- Abrißstrom: ca. 4 mA
- Lebensdauer: größer 5000 Stunden (typ. 20 000 Stunden)

2. Technische Daten des Laser-Netzteils

- Laser-Power-Supply Typ LPS 8000
- 220 V-Netzteil
- Betriebsspannung: $220 \text{ V} \pm 5\% / 50 \text{ Hz}$
- Leistungsaufnahme: 10 Watt
- Zündspannung: ca. 8 kV
- Abmessungen: $92 \text{ mm} \times 70 \text{ mm} \times 360 \text{ mm}$
(H x B x L)
- Gewicht: ca. 1600 g einschließlich Laser-Röhre
- Vollgekapseltes Aluminium-Ganzmetall-Gehäuse in universeller Langform
- Durch ideale Einbaumaße leicht zu Mehrfach-Lasern stapelbar
- Stativhalterung im Bodenteil
- Vorgefertigte Bohrungen zur Aufnahme der Ablenkeinheiten
- Rutschsicher durch große GummifüÙe

3. Laser-Steuer-Geräte LSG 7000

- Figurengröße: $0,35 \text{ m} \times$ Distanz von Laser zur Projektionsfläche, d. h. 35 cm auf 1 m, bzw. 3,50 m auf 10 m
- Öffnungswinkel: $2 \times \pm 5 \text{ Grad}$
- Stromversorgung: $12 \text{ V} = / 300 \text{ mA}$ -Steckernetzteil
- Betriebsfunktionen:
 - Automatik
 - Manuell
 - NF-Signal
 - Mono
 - Stereo
- Automatik-Einstellregler getrennt für beide Ablenkeinheiten
- Drehzahl-Einstellregler getrennt für beide Ablenkeinheiten
- Abmessungen $260 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ (Basisgerät)
(B x H x T) $110 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ (Ablenkeinheiten)
- Gewicht: ca. 700 g (gesamt)

Angegeben sind typ. Werte. Technische Änderungen vorbehalten.

die zur Versorgung dienende Schutzkontakt-Netzsteckdose muß den VDE-Bestimmungen entsprechen.

Die vorstehenden Ausführungen sollen nun nicht als Abschreckung zum Bau der hier vorgestellten Laseranlage dienen, sondern vielmehr wurde so ausführlich auf die Sicherheitsbelange eingegangen, um das sorgfältige und verantwortungsbewußte Vorgehen beim Bau und beim späteren Betrieb dieser Laseranlage zu unterstützen.

Die hier vorgestellte Bauanleitung sollte jedoch nur von Profis in Angriff genommen werden, die hinreichend mit den VDE- und Sicherheitsbestimmungen vertraut sind und die aufgrund ihrer Erfahrungen den ansonsten verhältnismäßig einfachen Nachbau unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte durchführen können.

Das Lasernetzteil

In Bild 1 ist das Netzteil zum Betrieb der von ELV vorgestellten Laserröhre dargestellt. Dieses LASER-Power-Supply des Typs LPS 8000 erzeugt aus der 220 V Netzwechselspannung sowohl die Betriebsspannung als auch die Zündspannung für die Laserröhre. Es darf nur mit angeschlossener Laserröhre betrieben werden, d. h. niemals im Leerlauf.

Der Transformator Tr 1 setzt die 220 V Netzwechselspannung auf ca. 600 V herauf. Die Leistung des Trafos ist mit 15 VA erheblich überdimensioniert. Der Vorteil liegt in der stabileren Ausgangsspannung, der geringeren Erwärmung sowie der höheren Betriebssicherheit. Letztgenanntem Punkt ist bei höheren Spannungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Eine doppelte Einweg-Gleichrichtung, bestehend aus D 12, D 13 in Verbindung mit C 39 bis C 41 (positiver Zweig) sowie D 14, D 15 in Verbindung mit C 42 bis C 44 (negativer Zweig), erzeugt hieraus die Betriebsspannung von ca. 1700 V (unter Last). Im Leerlauf, d. h. vor dem Zünden der Laserröhre kann diese Spannung auf ca. 2000 V ansteigen.

Die Widerstände R 91 bis R 102 sorgen für eine geringe Vorbelastung sowie für die gleichmäßige Aufteilung der Spannung an den 6 Kondensatoren.

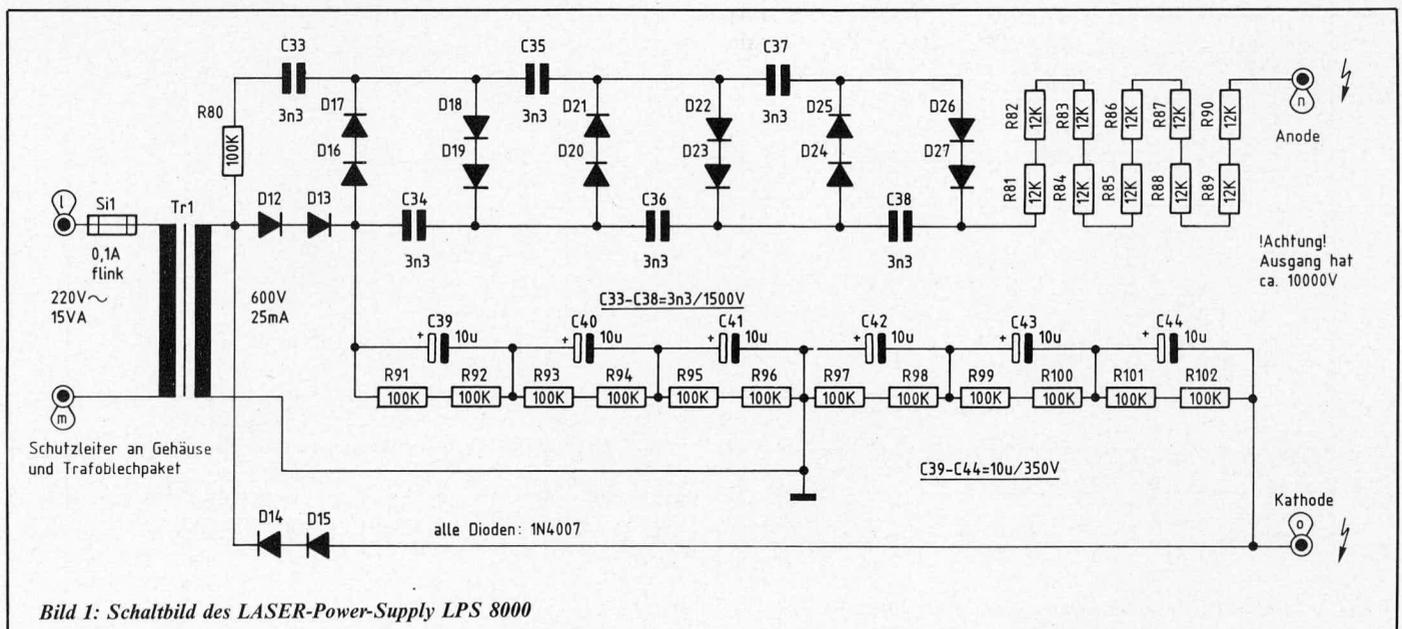


Bild 1: Schaltbild des LASER-Power-Supply LPS 8000

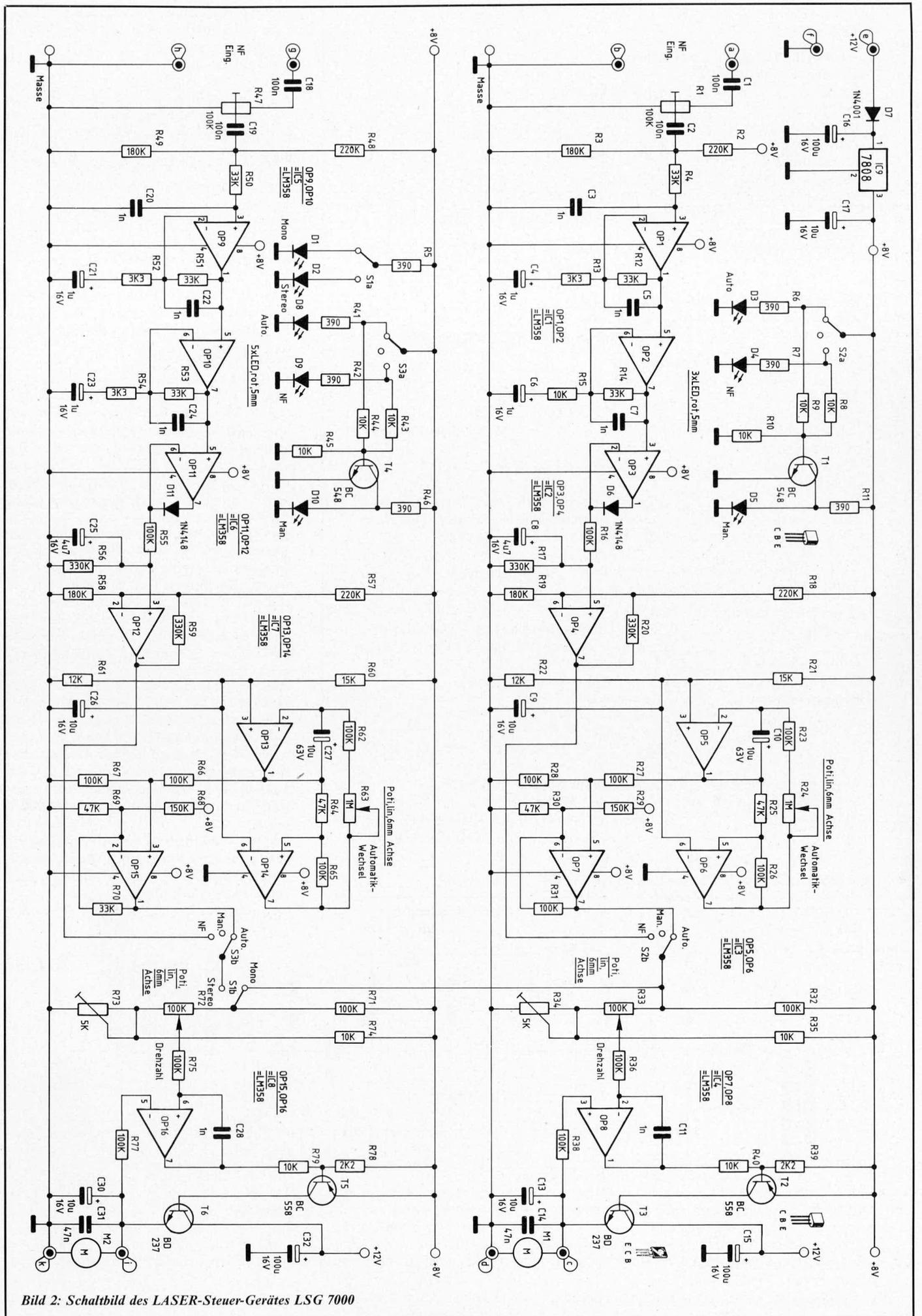


Bild 2: Schaltbild des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000

Die eigentliche Versorgungsspannung steht zwischen dem Minuspol von C 44 (Kathodenanschluß) und dem Pluspol von C 39 an. Wie der weitere Stromfluß zur Anode der Laserröhre verläuft, wird im weiteren erläutert. Zunächst wollen wir auf die Erzeugung der sehr hohen Zündspannung eingehen.

D 16 bis D 27 stellen in Verbindung mit den hochspannungsfesten Kondensatoren C 33 bis C 38 eine Dreifach-Spannungsvervielfacher-Schaltung dar. R 80 dient hierbei zur Strombegrenzung im Einschaltmoment sowie zum Schutz des Transformators bei einem Defekt der Spannungsvervielfacher-Schaltung (R 80 schlägt durch).

Mit Hilfe der Spannungsvervielfacher-Schaltung wird die im Leerlauf bei ca. 2000 V liegende Spitze-Spitze-Spannung des Trafos auf ca. 6000 V gebracht, und zwar bezogen auf den positiven Anschluß von C 39. Hinzu kommt die Leerlauf-Versorgungsspannung von ebenfalls ca. 2000 V, so daß sich am Verbindungspunkt C 38/D 27 und Platinenanschlußpunkt „o“ eine Zündspannung von ca. 8000 V ergibt. Diese Spannung finden wir in nahezu gleicher Höhe zwischen den Platinenanschlußpunkten „n“ und „o“, da an den Vorwiderständen R 81 bis R 90 kaum ein Spannungsabfall auftritt. Dies beruht darauf, daß die Laserröhre in nicht gezündetem Zustand eine nahezu vernachlässigbare Stromaufnahme besitzt.

Durch die hohe Zündspannung wird die Laserröhre im Bruchteil einer Sekunde aktiviert, wobei die Zündspannung im selben Moment durch die nun auftretende Strombelastung von ca. 5 mA zusammenbricht. Die Dioden D 16 bis D 27 gehen alle in leitenden Zustand über, so daß zwischen dem Pluspol von C 39 und dem Verbindungspunkt C 38/D 27 lediglich ein Spannungsabfall von $12 \times 0,6 \text{ V}$ (Flußspannung) = 7,2 V auftritt. Am Verbindungspunkt C 38/D 27 steht jetzt die Betriebsspannung bezogen auf den Platinenanschlußpunkt „o“ von ca. 1800 V an. Die Strombegrenzungswiderstände R 81 bis R 90 reduzieren diese Spannung durch den fließenden Strom auf ca. 1200 V (Zwischen Platinenanschlußpunkt „n“ und „o“). Durch den verhältnismäßig großen Innenwiderstand (Reihenschaltung aus R 81 bis R 90) findet eine gute Stromeinprägung statt, dadurch werden Netzspannungsschwankungen und Bauteiltoleranzen einschließlich der Laserröhre weitgehend ausgeglichen. Wesentlich beim Betrieb einer Laserröhre ist der ausreichend konstante Betriebsstrom und nicht die Kostanhaltung der Betriebsspannung. Abschließend sei darauf hingewiesen, daß alle verwendeten Bauteile die erforderliche Spannungsfestigkeit besitzen müssen, um Defekte zu vermeiden. Eine Ausgangszündspannung bis zu 10 000 V kann u. U. Überschlänge von mehreren cm bewirken. Das Gerät darf daher ausschließlich bei geschlossenem, vorschriftsmäßigem Gehäuse eingeschaltet werden. Vor dem Öffnen des Gehäuses muß das Gerät mindestens 1 Minute vorher vollkommen stromlos sein (Netzstecker ziehen), damit die Kondensatoren ausreichend Zeit haben, sich zu entladen.

Das Laser-Steuer-Gerät LSG 7000

Das von ELV entwickelte Laser-Steuer-Gerät LSG 7000 dient zur Ablenkung und Steuerung eines Laserstrahls, so daß die verschiedensten Figuren auf Wand oder Decke projiziert werden können.

Ausgehend von einer Kreisprojektion lassen sich aufgrund der Mehrfach-Strahlablenkung Formen erzeugen, die Ähnlichkeit haben mit den von der Oszilloskopie her bekannten Lissajousschen Figuren, jedoch in unserem Fall mit einer wesentlich höheren Vielfalt an Variationsmöglichkeiten. Die Funktionsweise ist wie folgt:

Ein Laserstrahl, der sowohl von der ELV-Laser-Röhre in Verbindung mit dem dazu passenden Laser-Power-Supply LPS 8000 erzeugt werden kann, als auch von einem nahezu beliebigen anderen Laser, wird auf die Ablenkeinheiten des ELV Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 gegeben.

Bei den Ablenkeinheiten handelt es sich um 2 besonders kontinuierlich und ruckfrei laufende Gleichstrommotoren, auf deren rotierender Achse ein Zylinder aufgesetzt ist, dessen Stirnfläche 5 Grad abgeschrägt und hochglanzverspiegelt ist.

Fällt der Laserstrahl auf die erste Spiegelfläche, so wird er um $90 \text{ Grad} \pm 5 \text{ Grad}$ in x- und y-Richtung abgelenkt. Bei gleichmäßiger Drehung der Spiegelfläche ergibt sich daraus ein Kreis. Diese Kurvenform wird auf die Spiegelfläche der zweiten identisch arbeitenden Ablenkeinheit gegeben. Hier erfolgt eine weitere Ablenkung um ebenfalls $90 \text{ Grad} \pm 5 \text{ Grad}$, wobei hier nicht ein feststehender Strahl, sondern die Kreisfunktion in sich abgelenkt wird. Je nach Drehzahlverhältnissen der beiden rotierenden Spiegelflächen zueinander können die verschiedensten Formationen und Figuren an Wand oder Decke projiziert werden, wobei mit Hilfe des Steuergerätes ein fortlaufender automatischer Wechsel in kontinuierlicher Übergangsfolge der Projektionen möglich ist.

Die beiden Ablenkeinheiten sind Bestandteil des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 und werden direkt über eine nahezu beliebig lange Verbindungsleitung von dem Basisgerät angesteuert.

Das Basisgerät nimmt nun eine NF-gesteuerte, manuelle oder automatische Steuerung der Drehzahlen der beiden Elektromotoren der Ablenkeinheiten vor. Die beiden Ablenkeinheiten können gemeinsam oder auch vollkommen unabhängig voneinander betrieben werden.

Mit dem ganz links bzw. ganz rechts auf der Frontplatte angeordneten Wahlschalter können 3 Grundbetriebsarten für die Ablenkeinheiten gewählt werden:

1. „Automatik“

Hierbei wird die Drehzahl einer Ablenkeinheit automatisch-fortlaufend zwischen langsam und schnell verändert, und zwar in Form einer Dreiecksfunktion. In der Praxis bedeutet dies, daß die Ablenkeinheit aus dem Stand bzw. von sehr langsamen Drehzahlen kontinuierlich schneller dreht, um nach Erreichen der maximalen Drehzahl

wieder langsamer zu werden, anschließend wieder schneller, langsamer usw.

Die Zeitspanne zwischen niedrigster und höchster Drehzahl, d. h. die Automatikwechselgeschwindigkeit kann mit dem Einstellregler „Automatikwechsel“ im Bereich zwischen ca. 1 und 10 Sekunden gewählt werden. Der Einstellregler „Drehzahl“ dient hierbei zur Festlegung der maximalen Drehzahl.

2. „Manuell“

In dieser Stellung ist nur der Einstellregler „Drehzahl“ wirksam, d. h. die Drehzahl der betreffenden Ablenkeinheit kann zwischen 0 und Maximum eingestellt werden. Sie bleibt auf dem gewählten Wert konstant erhalten.

3. „NF“

Hierbei dient ein angeschlossenes NF-Sprach- oder Musiksignal zur Frequenz- und amplitudenabhängigen Drehzahlsteuerung. Auf der Rückseite des Basisgerätes befindet sich eine DIN-Stereo-Diodenbuchse, wobei der linke Kanal die Ablenkeinheit 1 und der rechte Kanal die Ablenkeinheit 2 steuert. Als Ansteuerungspegel eignet sich der genormte 0 dB-Pegel, der von handelsüblichen Vorverstärkern oder Receivern zur Verfügung gestellt wird. Mit dem Einstellregler „Drehzahl“ kann auch hierbei wieder der Drehzahlbereich, in dem sich der NF-gesteuerte Drehzahlwechsel bewegen soll, festgelegt werden.

Auf der übersichtlich gestalteten Frontplatte des Basisgerätes ist in der Mitte ein Schalter für Mono- bzw. Stereobetrieb angeordnet. Im Stereobetrieb arbeiten beide Ablenkeinheiten vollkommen unabhängig voneinander, während beim Monobetrieb die Steuerkommandos für beide Ablenkeinheiten von den Bedienelementen auf der linken Hälfte der Frontplatte des Steuergerätes erteilt werden. Lediglich die Einstellung der Absolutdrehzahlen mit den Reglern „Drehzahl“ erfolgt für Ablenkeinheit 1 und Ablenkeinheit 2 noch getrennt.

Nachdem wir die vielfältigen Einstell- und Funktionsmöglichkeiten des Laser-Steuer-Gerätes ausführlich beschrieben haben, kommen wir im folgenden zur Schaltungsbeschreibung des Steuergerätes.

Zur Schaltung des ELV-Steuer-Gerätes LSG 7000

Obwohl es sich hierbei um eine verhältnismäßig komplexe und umfangreiche Schaltung handelt, ist sie doch keineswegs so kompliziert, wie es im ersten Moment vielleicht den Anschein hat. Es finden ausschließlich preiswerte und handelsübliche Bauelemente Verwendung, die zudem keinerlei besondere Ansprüche an die Handhabung stellen.

Die vom Steckernetzteil kommende 12 V-Versorgungsspannung wird an die Platinenanschlußpunkte „e“ (+) und „f“ (Schaltungsmasse/-) gelegt. D 7 dient dem Verpolungsschutz. Mit dem Festspannungsregler IC 9 des Typs 7808 wird in Verbindung mit den beiden Kondensatoren C 16 und C 17 eine stabilisierte 8 V-Versorgungsspannung erzeugt.

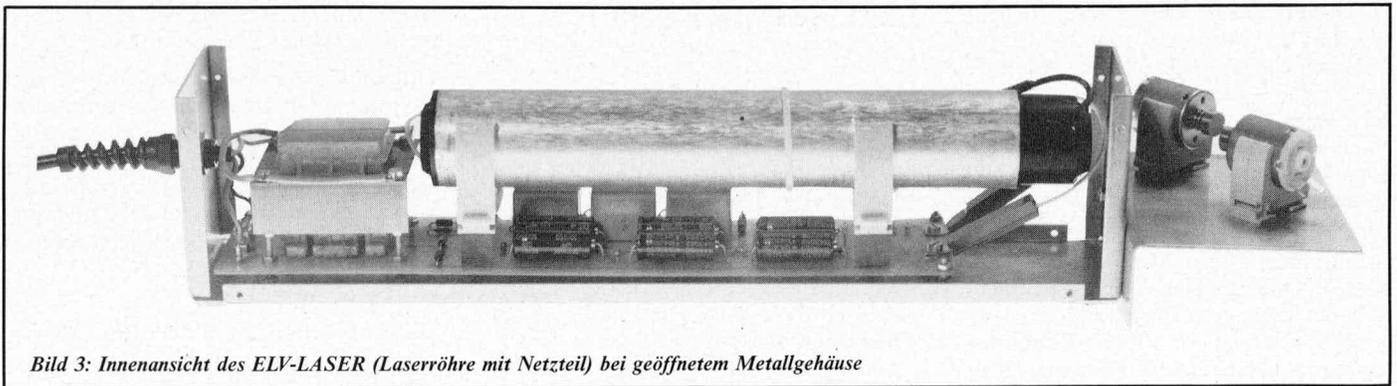


Bild 3: Innenansicht des ELV-LASER (Laserröhre mit Netzteil) bei geöffnetem Metallgehäuse

Da der mit OP 1–8 aufgebaute Schaltungsteil weitgehend identisch ist mit dem Schaltungsteil, der mit OP 9–16 aufgebaut ist, wollen wir uns bei der Beschreibung auf die obere Hälfte (OP 1–8) konzentrieren, die zur Ansteuerung der Ablenkeinheit 1 dient.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit beginnen wir mit dem Ausgang und der davorgeschalteten Endstufe und nicht, wie sonst üblich, mit dem Eingang.

Der Elektromotor der Ablenkeinheit 1 wird an die Platinenanschlußpunkte „c“ und „d“ angeschlossen. Er wird direkt über den Leistungs-Endstufentransistor T 3 aus der ungestabilisierten 12 V-Versorgungsspannung des Steckernetzteils gespeist (also vor dem Festspannungsregler). Über R 38 findet eine Rückkopplung auf den nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) des OP 8 statt. Der Ausgang des OP 8 (Pin 1) stellt sich so ein, daß die über R 40, T 2 und T 3 gesteuerte, am Ausgang (Platinenanschlußpunkt „c“) anstehende Spannung mit der über R 36 auf Pin 2 des OP 8 gelangenden Spannung identisch ist.

Befindet sich der Schalter S 2 b in Mittelstellung („Manuell“), ist er also offen, kann mit R 33 eine Ausgangsspannung zwischen ca. 0 V und +4 V eingestellt werden. Dies entspricht einer Drehzahl der Ablenkeinheit 1 von 0 – Maximum.

Spannungen größer als 4 V sollten nicht an den Spezialmotoren anliegen. Mit dem Trimmer R 34 kann eine Nullpunktverschiebung vorgenommen werden, die bewirkt, daß bei der minimal mit R 33 eingestellten Drehzahl in Stellung „Manuell“ der zugehörige Ablenkmotor nicht ganz stehenbleibt, sondern noch langsam weiterdreht. Je nach individuellen Anforderungen kann dies gewünscht sein, oder auch nicht. Die Möglichkeit ist jedenfalls vorhanden.

Wird der Schalter S 2 b in Stellung „Automatik“ gebracht, so ist durch die niederohmige Ansteuerung des oberen Punktes von R 33 durch den Ausgang (Pin 7) des OP 7 die manuelle Steuerung ausgeschaltet, d. h. die Vorspannungserzeugung über R 32 ist wirkungslos. Die Ansteuerung der Endstufe erfolgt jetzt durch den Dreiecksgenerator (OP 5,6) über den Pegelumsetzer OP 7 sowie den Einstellregler R 33. Dieser ist weiterhin wirksam, legt jedoch jetzt nur noch die Maximaldrehzahl fest, während der Dreiecksgenerator die Drehzahl automatisch in diesem mit R 33 gewählten Bereich variiert. Im einzelnen arbeitet die Schaltung wie folgt:

OP 5 arbeitet in Verbindung mit R 23, R 24 sowie C 10 als Integrierer. Der nachgeschaltete, als Komparator dienende OP 6 gibt an seinen Ausgang (Pin 7) eine Rechteckspannung über R 23, R 24 auf den Eingang des OP 5, und zwar in Abhängigkeit von der Dreieck-Ausgangswechselspannung an Pin 1. Es handelt sich somit um ein rückgekoppeltes, selbstschwingendes System. Die Arbeitsfrequenz kann über R 24 im Bereich von ca. 1 : 11 variiert werden.

Zur Steuerung der Ablenkeinheit und damit der Endstufe ist eine Dreiecksspannung zwischen 0 V und +4 V erforderlich. Aus diesem Grunde ist der Differenzverstärker OP 7 eingefügt, der die Ausgangsspannung des OP 5 (Pin 1) in diesen gewünschten Bereich verschiebt.

In der dritten Stellung des Schalters S 2 b („NF“) erfolgt die Ansteuerung nicht mehr über den Dreiecksgenerator, sondern in ähnlicher Weise ebenfalls niederohmig über den Ausgang (Pin 7) des OP 4.

Dieser als Pufferverstärker arbeitende OP erhält sein Signal aus der aufbereiteten, am Eingang angeschlossenen NF-Spannung.

Diese wird an die Platinenanschlußpunkte „a“ und „b“ gelegt und über C 1, R 1, C 2 auf die erste NF-Filter/Verstärkerstufe gegeben, die mit OP 1 und Zusatzbeschaltung aufgebaut wurde. R 12, C 5 legen die obere Grenzfrequenz und R 13, C 4 die untere Grenzfrequenz fest. Es folgt eine zweite, mit OP 2 ähnlich aufgebaute Verstärkerstufe.

Daran schließt die mit OP 3, D 6 bestückte Gleichrichterstufe an, wobei R 16, R 17, C 8 den Integrierer/Speicher bilden. Es folgt der bereits erwähnte OP 4 mit Zusatzbeschaltung, der zusätzlich eine Pegelverschiebung vornimmt, damit das an Pin 7 anstehende Ausgangssignal in dem gewünschten Bereich zwischen 0 und 4 V bleibt.

Je nach Größe des NF-Eingangssignals unter Berücksichtigung der Frequenz (Filterbandbreite 35–1600 Hz) steht am Ausgang (Pin 7) des OP 4 und damit am Einstellregler R 33 eine mehr oder weniger große Gleichspannung zur Steuerung des Ablenkmotors 1 an. Die Aufladezeitkonstante (R 16/C 8) wurde hierbei bewußt kleiner gewählt als die Entladezeitkonstante (R 17/C 8). Ein Paukenschlag wird somit schnell in eine Drehzahlerhöhung umgewandelt, um langsamer abzuklingen.

Durch die Auslegung des Filterbereiches ist somit in gewissem Rahmen eine rhythmus-

gesteuerte Drehzahlsteuerung der Ablenkeinheiten möglich.

Mit dem Kippschalter S 2 a wird in Verbindung mit R 6 bis R 11, D 3 bis D 5 sowie T 1 eine LED-Anzeige der 3 Betriebszustände erreicht. Diese für eine einfache Anzeige etwas aufwendige Schaltung ist erforderlich, da die verwendeten 2poligen Kippschalter mit Mittelstellung in der Mittelstellung selbst keinen Kontakt besitzen.

Die Mono-/Stereoumschaltung wird über S 1 a angezeigt und über S 1 b durchgeführt. In der eingezeichneten Stellung von S 1 b wird die Endstufe für die Ablenkeinheit 2 von den gleichen Ansteuerbausteinen gespeist (OP 4 bzw. OP 7), die auch für die Ablenkeinheit 1 zuständig sind.

Wird S 1 b in Stellung „Stereo“ gebracht, so wird die mit OP 16 und Zusatzbeschaltung aufgebaute Endstufe für die Ablenkeinheit 2 jetzt vollkommen unabhängig von den Schaltungsteilen für die Ablenkeinheit 1 gespeist. Hierzu dienen die Operationsverstärker OP 9 bis OP 15, die identisch aufgebaut sind, wie die bereits beschriebenen (OP 1 bis OP 7).

Zum Nachbau

Da es sich bei der Laserröhre mit dem zugehörigen Netzteil sowie dem Laser-Steuer-Gerät um zwei vollkommen getrennte Geräte handelt, wollen wir auch beim Nachbau eine getrennte Beschreibung vornehmen.

Aufbau des Lasernetzteils

Grundsätzlich gestaltet sich der Nachbau des Laser-Power-Supply LPS 8000 recht einfach, hält man sich genau an die vorliegende Beschreibung. Dennoch sollten sich aus Sicherheitsgründen, wie eingangs bereits erwähnt, nur Profis damit befassen, die hinreichend mit den einschlägigen VDE- und Sicherheitsbestimmungen vertraut sind. Gegebenenfalls kann dieser Teil der ELV-Show-Laser-Anlage auch separat als Fertigerät bezogen werden. Der Aufbau des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000 hingegen ist für jedermann geeignet, der etwas Erfahrung im Umgang mit Selbstbauelektronik besitzt. Hier treten keinerlei gefährliche Spannungen auf, da die gesamte Schaltung einschließlich der Ablenkeinheiten des LSG 7000 mit einem kleinen 12 V/300 mA-Steckernetzteil betrieben wird.

Doch kommen wir zunächst zur eigentlichen Laseranlage. Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die Widerstände, Kondensatoren und Dioden sowie Siche-

ringshalter und Lötstifte auf die Platine gesetzt und verlötet. Die beiden Hochspannungsanschlußblaschen werden mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm sowie 2 Muttern M 3 auf der Bestückungsseite der Leiterplatte montiert. Zum Schutz vor unbeabsichtigtem Lösen der Muttern wird zwischen Anschlußblase und Mutter jeweils ein Federring eingefügt.

Als nächstes wird der Transformator auf die Platine gesetzt und verlötet.

Die Laserröhre findet ihren Halt durch zwei Kunststoffhalterungen, die das Rohr ca. dreiviertel umschließen. Sie sind so weit dehnbar, daß die Laserröhre, bevor die Halterungen montiert sind, von oben eingedrückt werden kann.

Die Kunststoffhalterungen werden unter Zwischenfügen von 2 10 mm starken Plexiglas-Distanzstücken mit je einer Schraube M 4 x 20 mm mit der Leiterplatte fest verschraubt. Die genaue Positionierung der Kunststoffhalterungen sowie der vorher einzusetzenden Laserröhre ist der Abbildung 3 zu entnehmen.

Die Befestigung der Leiterplatte im Aluminiumgehäuse geschieht wie folgt (zuvor ist eine evtl. vorhandene Schutzfolie vom Aluminium abzuziehen):

Im Bereich des Transformators besitzt die Gehäuseunterhalbschale 4 Bohrungen, durch die von außen, also von der Gehäuseunterseite her, 4 Schrauben M 3 x 50 mm gesteckt und mit je einer Mutter M 3 auf der Gehäuseinnenseite fest verschraubt werden. Aus Sicherheitsgründen wird eine zweite Kontermutter fest aufgezogen. Als

nächstes folgt auf jede der Schrauben eine dritte Mutter, die nur so weit aufgedreht wird, daß die später darübersetzte Leiterplatte einen Abstand von 10 mm zur Gehäuseunterseite besitzt.

Die Gehäusebodenplatte besitzt 2 weitere Bohrungen in der Nähe der gegenüberliegenden Stirnseite, die ebenfalls der Leiterplattenbefestigung dienen. Hier werden 2 Schrauben M 3 x 15 mm von der Bodenplattenunterseite eingesetzt und jeweils mit zunächst einer Mutter, anschließend einer Kontermutter und danach einer dritten Mutter zur Abstandserzielung verschraubt.

Auch hier muß sich ein Abstand von 10 mm zwischen Platinenunterkante und Bodenblechinnenseite ergeben.

Bevor die Leiterplatte ins Gehäuse gesetzt wird, ist die Stativhalterung von unten in die Bodenplatte einzusetzen und von innen mit Federscheibe und Mutter fest zu verschrauben. Eine zusätzliche Kunststoffkappe, die über die Mutter gesetzt und verklebt wird, verhindert Spannungsüberschläge in diesem Bereich (Abstand zur Leiterplatte ist an dieser Stelle nur gering).

Als nächstes wird die Leiterplatte von oben über die 4 Schrauben M 3 x 50 mm gesetzt und langsam abgesenkt. Bevor die Schrauben in das Blechpaket des Transformators eintauchen, sind auf jede dieser 4 Schrauben 2 Muttern M 3 aufzuschrauben und gemeinsam mit dem Absenken der Leiterplatte weiterzuschrauben, d. h. diese 8 Muttern (4 x 2 Stück) befinden sich zwischen Leiterplattenoberseite und Blechpaket des Transformators.

Laser Netzteil

Widerstände

12 k Ω R 81-R 90
100 k Ω R 80, R 91-R 102

Kondensatoren

3,3 nF/1500 V C 33-C 38
10 μ F/350 V C 39-C 44

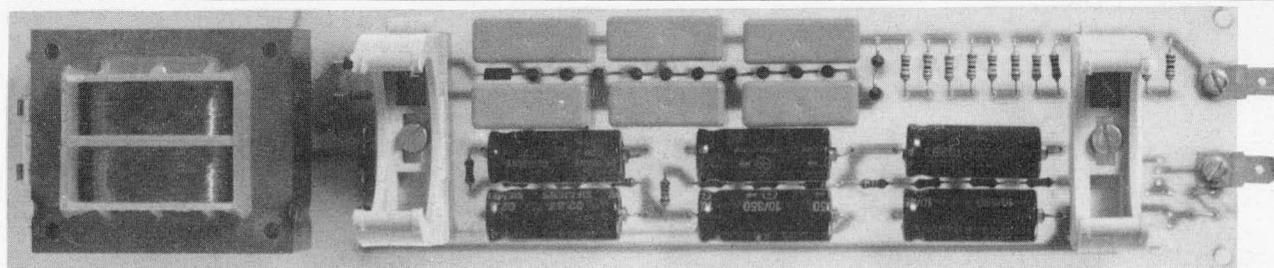
Halbleiter

1N4007 D 12-D 27

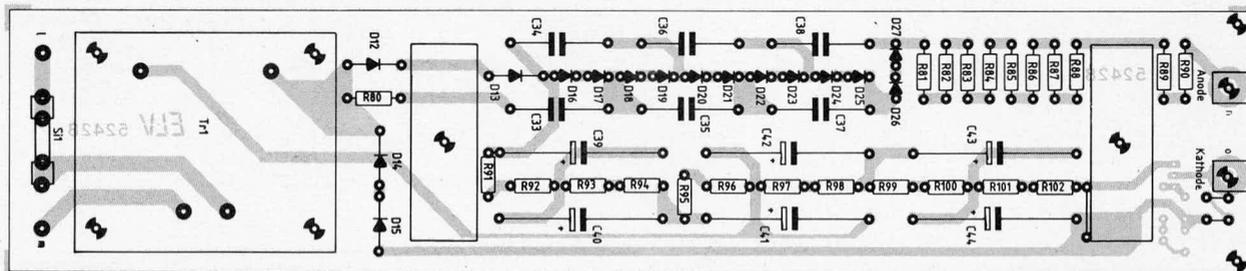
Sonstiges

Sicherung 0,1 A flink Si 1
Trafo prim: 220 V/15 VA ... Tr 1
sek: 600V/25 mA

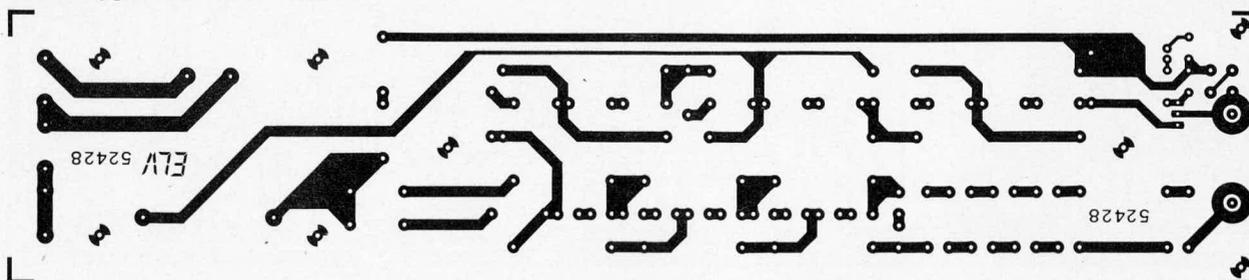
- 1 Alu-Gehäuse
- 1 Platinensicherungshalter
- 2 Kunststoffhalterungen 38 mm \varnothing
- 2 Plexiglas Distanzstücke
- 6 Federringe 3,2 mm
- 2 Kfz-Flachstecker
- 4 Schrauben M 3 x 50
- 2 Schrauben M 3 x 15
- 2 Schrauben M 4 x 20
- 2 Schrauben M 3 x 6
- 4 Lötösen 3,2 mm
- 32 Muttern M 3
- 2 Muttern M 4
- 2 Lötstifte
- 4 Gummifüße



Ansicht der fertig bestückten Platine des LASER-Netzteils



Bestückungsplan des LASER-Netzteils



Leiterbahnseite der Platine des LASER-Netzteils (Originalgröße: 285 mm x 59 mm)

Nachdem die Leiterplatte auf den unteren Muttern aufliegt und sich somit in einem Abstand von 10 mm zur Bodenplatte befindet, wird die Leiterplatte mit den 4 unteren der zuletzt genannten 8 Muttern fest verschraubt. Die 4 oberen Muttern werden so weit nach oben gedreht, daß sie gerade an die Unterseite des Transformator-Blechpaketes anstoßen. Ist dies erledigt, wird der Transformator im Bereich des Durchtritts der 4 Schrauben von der Lack-schicht sorgfältig befreit, um anschließend 4 Lötösen und danach 4 Federringe und 4 Muttern aufzusetzen.

Nachdem die Netzkabeldurchführung mit Zugentlastung und Knickschutztülle in die Gehäuserückseite eingeschraubt und das Netzkabel durchgeführt wurde, kann der Schutzleiter an jede der 4 Lötösen am Transformator angelötet werden. Die beiden anderen Adern der Netzzuleitung werden mit den Platinenanschlußpunkten „l“ und „m“ verbunden.

Die Anode der Laserröhre (die Seite, in der sich die deutlich sichtbare ca. 15 mm lange Verdickung in der Zuleitung befindet) wird an den positiven Hochspannungsanschluß (Platinenanschlußpunkt „n“) angeschlossen, d. h. der entsprechende Steckanschluß wird auf die zugehörige

Stückliste: ELV-Low-Cost- Show-Laser-Anlage

Widerstände

390 Ω	.....	R 5-R 7, R 11, R 41, R 42, R 46
2,2 kΩ	.....	R 39, R 78
3,3 kΩ	.....	R 13, R 52, R 54
10 kΩ	.....	R 8-R 10, R 15, R 35, R 40, R 43-R 45, R 79
12 kΩ	.....	R 22, R 61
15 kΩ	.....	R 21, R 60
28 kΩ	.....	R 28
33 kΩ	.....	R 4, R 12, R 14, R 50, R 51, R 53, R 70
47 kΩ	.....	R 25, R 30, R 64, R 69
100 kΩ	.....	R 16, R 23, R 26, R 27, R 31, R 32, R 36, R 38, R 55, R 62, R 65-R 67, R 71, R 74, R 75, R 77
150 kΩ	.....	R 29, R 68
180 kΩ	.....	R 3, R 19, R 49, R 58
220 kΩ	.....	R 2, R 18, R 48, R 57
330 kΩ	.....	R 17, R 20, R 56, R 59
5 kΩ, Trimmer liegend	...	R 34, R 73
100 kΩ, Trimmer, liegend	..	R 1, R 47
100 kΩ, Poti, 6 mm, lin.	..	R 33, R 72
1 MΩ, Poti, 6 mm, lin.	...	R 24, R 63

Kondensatoren

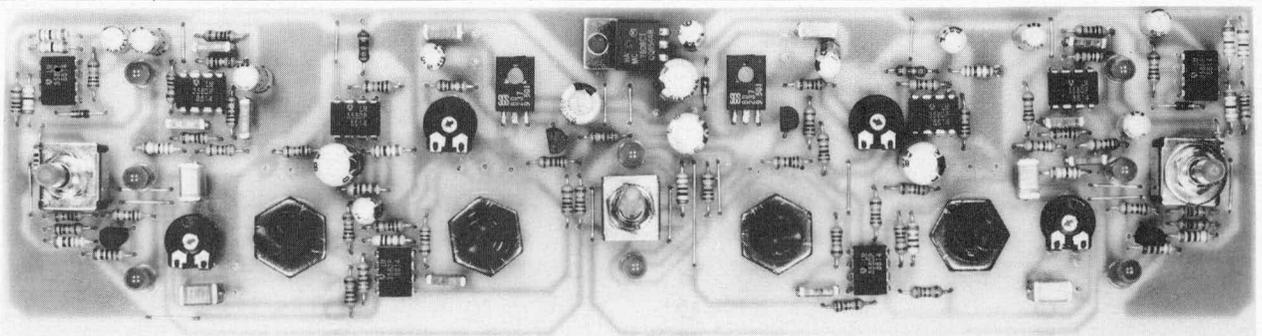
1 nF	.....	C 3, C 5, C 7, C 11, C 20, C 22, C 24, C 28
47 nF	.....	C 14, C 31
100 nF	.....	C 1, C 2, C 18, C 19
1 µF/16 V	.....	C 4, C 6, C 21, C 23
4,7 µF/16 V	.....	C 8, C 25
10 µF/16 V	.....	C 9, C 10, C 13, C 26, C 27, C 30
100 µF/16 V	.....	C 15-C 17, C 32

Halbleiter

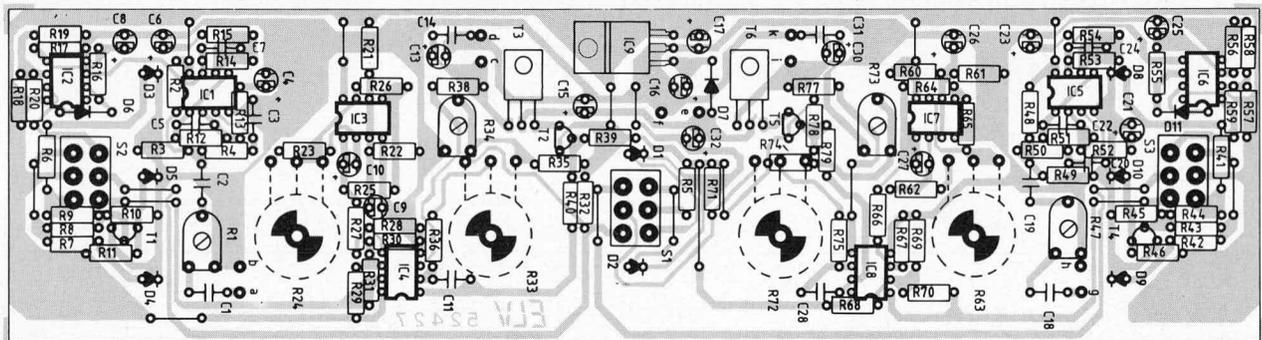
LM 358	.....	IC 1-IC 8
7805	.....	IC 9
BC 558	.....	T 2, T 5
BC 548	.....	T 1, T 4
BD 237	.....	T 3, T 6
1N4148	.....	D 6, D 11
1N4001	.....	D 7
LED, 5 mm, rot	.....	D 1-D 5, D 8-D 10

Sonstiges

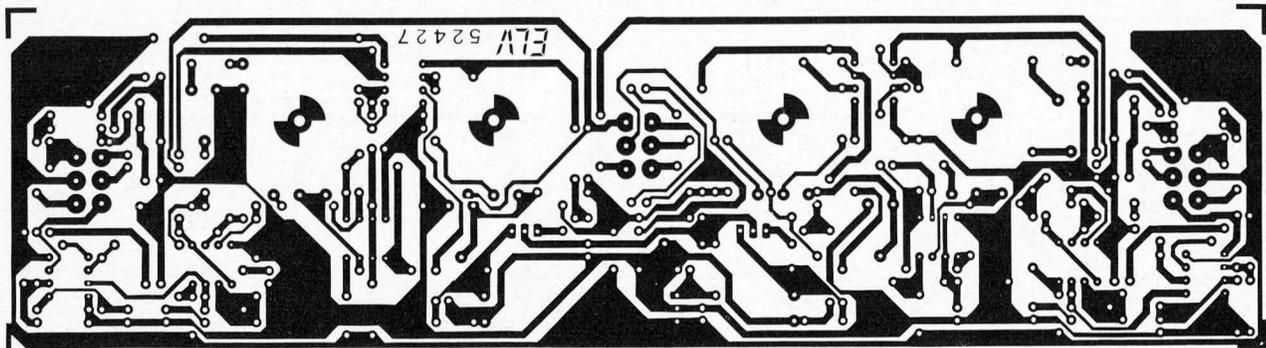
Kippschalter 2 x um	.....	S 1
Kippschalter 2 x um +0	.....	S 2, S 3
1 Alu-Platte		
2 Spezial-Gleichstrommotore		
2 Kunststoffhalterungen 24 mm Ø		
2 Schrauben M 4 x 10		
2 Muttern M 4		
3 Schrauben M 3 x 10		
3 Muttern M 3		
660 cm flexible Leitung 2 x 0,4 mm ²		
2 Klinkenstecker		



Ansicht der fertig bestückten Platine des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000



Bestückungsplan des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000



Leiterbahnseite der Platine des LASER-Steuer-Gerätes LSG 7000 (Originalgröße: 245 mm x 64 mm)

Stecklasche auf der Leiterplatte aufgesteckt. In gleicher Weise wird der Katodenanschluß der Laserröhre mit dem Platinenanschlußpunkt „o“ verbunden.

Nun wird die Sicherung Si 1 eingesetzt und das Gehäuseoberteil aufgeschraubt.

Für eine gute Stand- und Rutschfestigkeit sorgen 4 Gummifüße, die selbstklebend an jeder Ecke der Bodenplatte angedrückt werden.

Wird die Ablenkeinheit nicht montiert, so sind die entsprechenden Gehäusebohrungen mit den passenden Schrauben fest zu verschließen. Mit Ausnahme der Laserstrahlaustrittsbohrung dürfen keine Öffnungen im Gehäuse vorhanden sein.

Die entsprechenden VDE- und Sicherheitsbedingungen sind sorgfältig zu beachten.

Aufbau des Laser-Steuer-Gerätes LSG 7000

Sieht der Schaltplan zunächst auch etwas aufwendig aus, so ist der Nachbau doch recht einfach durchzuführen, zumal sämtliche Bauelemente mit Ausnahme der Aus- und Eingangsbuchsen auf einer einzigen übersichtlichen Leiterplatte untergebracht sind.

Zunächst werden anhand des Bestückungsplanes in gewohnter Weise die niedrigen und anschließend die höheren Bauelemente auf die Platine gesetzt und verlötet. Auch die 3 Kippschalter sind direkt von der Bestückungsseite her in die entsprechenden Bohrungen auf der Leiterplatte zu setzen und auf der Rückseite zu verlöten.

Als Besonderheit werden die 10 Lötstifte für die Platinenanschlußpunkte a-k auf der Platinenrückseite (Leiterbahnseite) eingesetzt und verlötet, da die zugehörigen Aus- und Eingangsleitungen von dieser Seite aus anzuschließen sind.

Ebenso sind die Achsen der 4 Einstellpotentiometer von der Platinenrückseite her durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken und auf der Bestückungsseite zu verschrauben. Die zugehörigen Lötanschlüsse sind auch hier auf der Leiterbahnseite anzulöten.

Die Befestigung der Platine erfolgt auf einfachste Weise über die 3 Kippschalter an der Gehäusefrontplatte. Hierzu ist zunächst je eine Mutter ca. 5 mm weit auf jeden der 3 Kippschalterhäse zu schrauben, anschließend die Frontplatte darübersetzen, um zuletzt die Fixierung über je eine weitere Mutter von der Frontplattenvorderseite aus vorzunehmen.

Jetzt kann die Frontplatte in die vorliegende Nut der Gehäuseunterhalbschale gesetzt werden und die Befestigung der Leiterplatte im Gehäuse ist bereits vollzogen.

Zur Verbindung nach außen werden in die Gehäuserückwand 2 3,5 mm Klinkenbuchsen für die Ausgänge zur Ansteuerung der Ablenkeinheiten geschraubt sowie eine weitere 3,5 mm Klinkenbuchse zum Anschluß des 12 V/300 mA-Steckernetzteils.

Ungefähr in der Mitte der Gehäuserückwand ist die 5polige Diodenbuchse für den NF-Eingang anzubringen und mit 2 Schrauben M 3 x 6 mm sowie 2 Muttern zu verschrauben.

Die Verbindung zwischen den Buchsen und den Platinenanschlußpunkten a-k erfolgt mit 5 Zadrigen flexiblen isolierten Zuleitungen.

Hierbei ist auf die Polarität beim Versorgungsspannungsanschluß zu achten sowie beim Anschluß der Diodenbuchse (an den mittleren Anschlußpin werden die beiden Masseleitungen angeschlossen). Die Polarität der Ablenkeinheiten spielt grundsätzlich keine Rolle, wobei es sinnvoll ist, die Schaltungsmasse an den Innenring zu legen und den Steueranschluß (Platinenanschlußpunkt „c“ bzw. „i“) an den Kontakt, der die Steckerspitze speist.

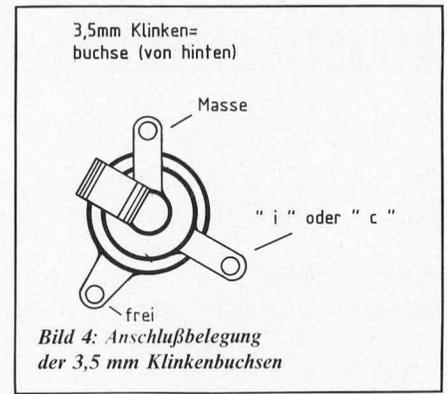
Die genaue Anschlußbelegung ist in Bild 4 nochmals ausführlich dargestellt.

Nachdem die Gehäuseoberhalbschale aufgesetzt und verschraubt wurde, ist das Basisgerät fertiggestellt.

Jetzt sind noch die Ablenkeinheiten zu montieren.

Montage der Ablenkeinheiten

Die gesamte Konstruktion der Ablenkeinheiten besteht aus einer rechtwinklig abgekanteten stabilen Aluminiumträgerplatte, die später so anzuordnen ist, daß der Laserstrahl direkt auf die Spiegelflächen der Ablenkeinheiten auftrifft. Die Montage am Gehäuse des ELV-Lasers ist aus Bild 5 er-



sichtlich. Es können jedoch auch andere Laser hierdurch gesteuert werden.

Die beiden Elektromotoren werden ähnlich der Laser-Röhre über 2 Kunststoffhalterungen mit der Trägerplatte verbunden. Hierzu werden die Halterungen jeweils mit einer Schraube M 4 x 15 mm sowie einer Mutter M 4 mit der Trägerplatte fest verbunden. Die genaue Positionierung ist Bild 5 zu entnehmen.

Zuvor werden die beiden Elektromotoren von oben in die Halterungen geschoben und mit ausreichend langen 2adrigen Zuleitungen mit 3,5 mm Klinkensteckern versehen. Nachdem alle Verbindungen hergestellt wurden, steht dem Einsatz der ELV-Show-Laser-Anlage nichts mehr im Wege.

