

# Laser-Spiraloskop LS 90: Qualität ist Trumpf!

**Spiegelmotor-Ablenkeinheiten gehören zu den robustesten, preiswertesten und effektivsten Lasershow-Systemen. Die hierauf beruhende ELV-Showlaseranlage hat sich inzwischen vieltausendfach bewährt. Für den neuen 12-V-Laser von ELV stellen wir Ihnen hier nun die maßgeschneiderte Neuentwicklung eines 2-Motoren-Ablenksystems vor, welches aufgrund des professionellen, gekapselten Gehäuses und herausragender optischer Kennwerte auch höchsten Ansprüchen gerecht wird. Das System kann aber auch an andere Lasertypen als den ELV-12-V-Laser angeflanscht werden.**

## Grundlagen

Wie bereits in einigen früheren Artikeln dargelegt, erzeugt ein Lasergerät zunächst einmal nur einen einfachen, unbewegten Strahl, welcher als Lichteffekt oder -akzent zwar in entsprechender „Räucheratmosphäre“ gut zur Geltung kommt, aber an sich noch keinen sonderlich spektakulären Lasereffekt darstellt. Für projizierbare Muster, Figuren oder Ornamente muß der Laserstrahl daher über rasch bewegte Spiegel oder andere, aufwendigere Ablenksysteme umgelenkt werden. Hierdurch entsteht für das träge menschliche Auge die Illusion von Lichtlinien und, sobald das Muster öfter als etwa 10 x pro Sekunde durchfahren wird, von stehenden Laserfiguren. In Wirklichkeit ist in allen diesen Fällen nur ein rasch bewegter Lichtpunkt vorhanden.

Diesem Effekt auf der Projektionsfläche (z. B. weiße Leinwand oder Zimmerwand) steht dann noch der räumliche Ausbreitungskegel des Musters im Projektionsraum zur Seite, so daß sich bei Vorhandensein

entsprechender Lufttrübung und Laserleistung auch in der Luft bewegte Lichtfiguren erkennen lassen. Mit einem Laser von 2 mW Leistung können hier schon beachtliche Wirkungen erzielt werden, und zwar insbesondere dann, wenn das projizierte Lasermuster nicht zu kompliziert ist und der Betrachter dem Lichtbündel schräg von vorn entgegenblickt. Das Auge empfängt hierbei einen besonders hohen Streulichtanteil des durch die Luft eilenden Laserstrahls, da die verantwortlichen Trübungspartikel wie Rauch, Staub oder Flüssigkeitströpfchen das Laserlicht bevorzugt um nur geringe Winkel ablenken.

Es gibt verschiedene Antriebs- und Steuerkonzepte für die den Laserstrahl ablenkenden Spiegel, wie etwa Lautsprechersysteme (vgl. ELV-Laser-Akustik-Modulator, Heft 6/89), Galvanometer (vgl. ELV-Linear-Ablenkeinheit, Heft 2/90) oder Motore. Letztere eignen sich aufgrund ihres i.a. sehr günstigen Anschaffungspreises, der einfachen Ansteuerbarkeit sowie dem Wegfall von Schwingprozessen hervorragend zur Konzeption einfacher, zuverlässiger und wirkungsvoller Ablenksysteme.

## Spezielle Informationen zu Spiegelmotor-Ablenksystemen

Ein Spiegelmotorsystem ist vom Prinzip her ähnlich aufgebaut wie ein Plattenspieler, nur daß anstelle des Plattentellers ein kleiner Spiegel von zumeist wenigen mm Durchmesser verwendet wird. Außerdem ist dieser Spiegel gegenüber dem perfekten 90°-Winkel zwischen Drehachse und Ebene leicht geneigt, was bei Plattenspielern eher unerwünscht wäre. Ein einfaches Denkmodell eines Spiegelmotors läßt sich aber herstellen, indem man einen flachen Spiegel auf den Teller eines Plattenspielers legt und diesen Spiegel durch einseitiges Unterlegen von z. B. einer Streichholzschachtel leicht kippt.

Fällt nun ein Lichtstrahl in Achsrichtung auf den Drehspiegel, so durchläuft der reflektierte Strahl bei Rotation des Spiegels einen Kreiskegelmantel. Der Öffnungswinkel dieses Kegels entspricht dabei genau dem Vierfachen des Spiegel-Neigungswinkels, und auf einer Projektionsfläche ergibt sich eine Kreislinie oder, bei schrägem

Einfall des Projektionskegels, eine Ellipse. Der Durchmesser der Kreislinie wächst proportional mit der Entfernung zwischen Ablenssystem und Projektionsfläche; für ein flimmerfreies Bild muß die Figur außerdem, wie schon gesagt, mindestens 10 x pro Sekunde durchfahren werden (hier endet dann die Brauchbarkeit unseres Platenspieler-Denkmodells).

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß sich exakt kreisförmige Linien nur dann erreichen lassen, wenn der ankommende Laserstrahl genau in Achsrichtung auf den Drehspiegel fällt. Bei schrägem Einfall hingegen wird näherungsweise eine elliptische, leicht abgeplattete „Kreis“-Linie erzeugt. Dieser Effekt bleibt bei Einfallswinkeln bis etwa 10° unterhalb der Wahrnehmungsschwelle; bis zu Einfallswinkeln von etwa 45° kann die Verzerrung durch entsprechende Neigung der Projektionsfläche annehmbar ausgeglichen werden. Bei noch größeren Einfallswinkeln würde auch dies nicht mehr funktionieren, da die Verzerrung dann sichtbar asymmetrisch wird.

Aufgrund des eben Gesagten sollten gute Spiegelmotor-Ablenssysteme stets so konstruiert sein, daß die einfallenden Laserstrahlen keine unnötig großen Winkel mit der Spiegel-Drehachse bilden.

Der eigentliche Trick des Spiegelmotor-Ablenkprinzips besteht nun darin, daß mehrere Spiegelmotoren optisch hintereinander angeordnet werden. Das vom ersten Spiegel abgelenkte Bündel wird also auf einen zweiten Spiegelmotor gegeben, danach evtl. noch auf einen dritten und vierten Motor (die erforderlichen Spiegeldurchmesser wachsen natürlich immer weiter an!). Hierdurch lassen sich in Abhängigkeit von Drehzahlverhältnissen, Drehrichtungszusammenstellung und Kippwinkel der Einzelspiegel vielgestaltige Rosetten- oder auch komplexere Muster herstellen.

Hierzu sind einige Einzelheiten wissenswert:

a.) Wenn zwei optisch hintereinander angeordnete Spiegelmotoren sich in derselben Richtung drehen, entstehen grundsätzlich andere Muster, als wenn diese sich gegenläufig drehen.

b.) Bei 2 Spiegelmotoren mit genau gleichen Ablenkswinkeln lassen sich 2 besonderes reizvolle Lasermuster erzeugen, nämlich eine gerade Linie, die bei geringer Drehzahlverstimmung zu rotieren beginnt, sowie ein sich zu einem Punkt zusammenziehender und dann wieder expandierender Kreis.

c.) Bei 2 Spiegelmotoren mit unterschiedlichen Ablenkswinkeln entstehen für ein gegebenes Drehzahlverhältnis unterschiedliche Lasermuster je nachdem, welcher der beiden Motoren sich schneller dreht als der andere. Ein 2-Motoren-System mit unter-

schiedlichen Spiegelkippwinkeln kann daher doppelt so viele verschiedene Muster erzeugen wie ein solches mit identischen Kippwinkeln. Die Effekte nach b.) sind dann aber nur noch näherungsweise zu erreichen.

d.) Die eingestellten Drehzahlverhältnisse eines Motorpaares müssen ganzzahlig und stets so einfach sein, daß die Figur mehr als 10 x pro Sekunde durchlaufen wird, damit sich kein Flimmereindruck einstellt. Bei einer Maximaldrehzahl von 100 U/sek. wären daher Verhältnisse bis maximal 1 zu 10 realisierbar, bei 150 U/sek. maximal 1 zu 15, und so fort. Je höher also die maximal erreichbare Drehzahl der Motore, desto mehr und desto komplexere Figuren sind darstellbar.

e.) Es ergeben sich für alle ganzzahligen, nicht kürzbaren Drehzahlverhältnisse, die der Bedingung nach d.) genügen, eigenständige Lasermuster, die zudem wegen a.) und c.) in bis zu vier verschiedenen Ausführungen projiziert werden können. Letzteres gilt für 2-Motoren-Systeme; bei noch mehr Motoren sind gemäß a.) und c.) i. a. noch erheblich mehr Muster aus einem feststehenden Drehzahlverhältnis zu erzielen.

Ein 2-Motoren-System mit unterschiedlichen Kippwinkeln und umschaltbarer Drehrichtung kann bei einer angenommenen Motor-Maximaldrehzahl von z. B. 150 U/sek. daher 306 verschiedene (!) Laserfiguren erzeugen, wie der interessierte Leser nachrechnen mag. Bei maximal 200 U/sek. ergäben sich bereits 530 Muster.

f.) Wenn ein eingestelltes Drehzahlverhältnis nicht ganz exakt ist, ergeben sich Schwebungsphänomene in Form von Rotationen, Pulsationen oder, bei 3- und mehrmotorigen Anlagen, pseudo-räumlichen Veränderungen. Diese Schwebungen stellen einen wesentlichen Reiz der Figuren dar; für das Auge ist eine Schwebungsfrequenz von maximal 5 Hz angenehm. Bei relativ geringen Motordrehzahlen führen bereits niederfrequente Schwebungen zu einem „Auseinanderfallen“ des geschlossenen Bildeindrucks. Hohe Drehzahlen der Motoren sind also auch unter diesem Gesichtspunkt sinnvoll.

### Das Laser-Spiraloskop LS 90

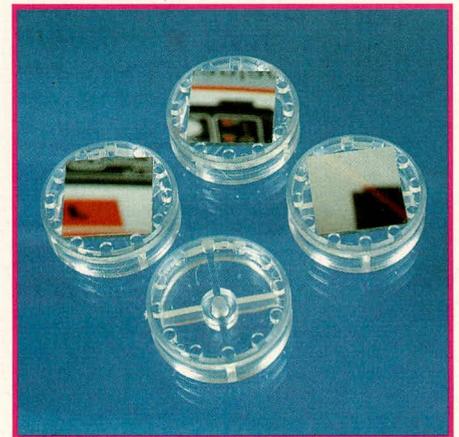
Das LS 90 unterscheidet sich durch einige wesentliche Verbesserungen von allen dem Verfasser bekanntgewordenen Spiegelmotor-Ablenssystemen. Es ist als 2-Motor-System konzipiert, da diese Ausführung übersichtlich und preisgünstig aufzubauen ist, eine erhebliche Menge von Grafikmustern ermöglicht und problemlos zusammen mit dem Laser-Steuergerät LSG 7000 verwendet werden kann (Heft 52).

Das LS 90 arbeitet mit 2 Oberflächen-

Glasspiegeln mit Quarz-Schutzschicht; genau den gleichen Spiegeln übrigens, wie sie sich im Laser-Akustik-Modulator seit langem buchstäblich glänzend bewähren.

Die beiden Spiegel sind auf leichtlaufenden Präzisions-DC-Motoren in verschiedenem Kippwinkel angeordnet, was gemäß dem oben genannten Punkt c.) einer Verdopplung der Bildmusteranzahl entspricht. Das Verhältnis der Winkel genügt dabei recht genau dem sog. Goldenen Schnitt (ca. 1:1,62), wodurch sich wegen der zustandekommenden geometrischen Proportionen innerhalb der Lasergrafiken besonders harmonische Muster einstellen.

Für die wohldefinierten Spiegel-Kippwinkel hat ELV eigens ein spezielles Plexiglas-Spritzgußteil entwickelt, welches auf die Motorachsen aufgepreßt wird und seinerseits in drei möglichen Winkeln mit einem Spiegel zu verbinden ist (im vorliegenden System kommen aber nur 2 dieser Winkel zur Anwendung). Dieser sogenannte ELV-Vario-Spiegelträger ist daneben auch auf möglichst geringe Umwucht, bedingungslose Langzeit-Präzision sowie bestimmte weitere Forderungen abgestellt, die bei der Konstruktion von Spiegelmotorsystemen von Belang sind.



**Bild 1: Vario-Spiegelträger unbestückt und mit aufgesetzten Spiegeln**

Bild 1 zeigt einen solchen Spiegelträger unbestückt sowie drei weitere, bestückte Spiegelträger mit unterschiedlichen Spiegel-Kippwinkeln. Der besondere „Pfiff“ der Konstruktion besteht darin, daß sich die quadratischen Spiegel in drei unterschiedlichen Orientierungen relativ zum Spiegelträger einlegen lassen, wo sie sicher und formschlüssig zwischen jeweils 8 der insgesamt 12 Führungszyylinder greifen. Eine Kante der Spiegel liegt dabei jeweils flach auf der inneren Grundfläche des Spiegelträgers auf, die jeweils andere hingegen auf 2 gleichhohen, kleinen Auflagenockern, welche für einen definierten Kippwinkel sorgen. Es sind somit 3 Paare derartiger Auflagenockern in unterschiedlichen Höhen vorhanden. In der gewünschten Posi-

tion wird der Spiegel dann an allen 4 Ecken mit Sekundenkleber fixiert.

Wesentliches Merkmal des LS 90 ist weiterhin der gegenüber dem Laser um 90° geknickte Strahlaustritt, hervorgerufen durch eine verblüffende, neue Anordnung der Einzelspiegel. Somit muß das Gerät nun nicht mehr in den Projektionsraum hineinragen, sondern kann parallel zur Wand befestigt oder aufgestellt werden. In der Praxis bedeutet dies eine deutliche Erleichterung der Ausrichtung und Montage.

Ein weiterer Vorteil der Konfiguration ist der geringe Auffallwinkel des Laserstrahls auf die Spiegel, ohne daß dieser durch großen Spiegelabstand und entsprechende Größe des Zweitspiegels erkaufte werden mußte. Als Endergebnis ergibt sich eine besonders geringe Musterverzerrung, die außerdem wegen der in den meisten Fällen schräg von oben erfolgenden Musterprojektionen auch noch gut kompensiert wird.

Die Bildgröße beträgt stets ca. 1/3 der Projektionsweite, also z. B. 1 m Ø bei 3 m Entfernung zwischen Laser und Leinwand.

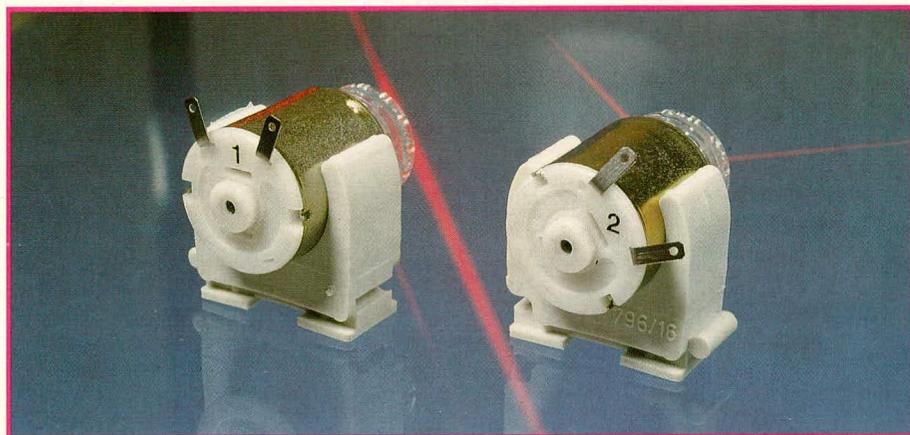
Zum echten Profi-Gerät wird das LS 90 durch sein perfektes, mattschwarzes Metallgehäuse, das nur im Bereich des Strahlaustritts eine entsprechende, kreisförmige Öffnung frei läßt und optimalen Schutz vor Staub, Zugriff oder Beschädigung bietet. Das gesamte System ist rasch und einfach zu montieren, und auch die genaue Ausrichtung der Spiegelmotoren bereitet aufgrund bestimmter konstruktiver Details keinerlei Schwierigkeit.

### Zum Nachbau

Bild 3 zeigt das an einen Laser angeflanschte, komplett aufgebaute LS 90 ohne Gehäuseoberenteil. Eingezeichnet sind dort einige Pfeile und für die Aufbaubeschreibung wesentliche Details.

Zunächst wird das unbestückte Unterteil des LS 90 mit dem Laser verschraubt. Hierzu muß dieser geöffnet und die Laserröhre aus ihren Klemmhalterungen gelöst werden, so daß von der Innenseite des Laser-Vorderteils 4 Schrauben M 3 x 5 mm durch die entsprechenden Bohrungen von Laser- und LS-90-Gehäuseunterteil gesteckt werden können. Die Bohrungen sind bewußt eng toleriert, damit sich eine spiel- und justierfreie Montage ergibt; z. T. kann es erforderlich sein, die Innenseite der Bohrungen von geringfügigen Lackresten zu befreien. Außerdem sollte vor Montage des LS 90 das auf der Laser-Vorderseite befindliche Laser-Warnschild entfernt werden. (Dieses Warnschild muß wieder angebracht werden, wenn der Laser irgendwann einmal wieder ohne Spiralkopfbetrieb betrieben werden sollte).

Vor dem Anschrauben des Gehäuseun-



**Bild 2:**  
Rückansicht der beiden einbaufertigen Spiegelmotoren

terteils empfiehlt es sich, die herstellerseitig z.T. noch nicht ganz auf 90° abgewinkelten Seitenflächen durch vorsichtiges Zusammendrücken auf den vorgesehenen rechten Winkel gegenüber der Bodenfläche zu bringen.

Die 4 Schrauben werden auf der Innenseite des LS-90-Unterteils mit entsprechenden Muttern bestückt und fest (!) angezogen, danach wird der Laser wieder ordnungsgemäß zusammengebaut.

Soll das System mit anderen Lasertypen verbunden werden, so müssen zunächst 4 Bohrungen Ø 3,2 mm eingebracht werden, deren Mittelpunkte ein Quadrat von 40 mm Kantenlänge bilden, in dessen geometrischem Zentrum die Austrittsöffnung des Lasers liegt.

Nun erfolgt die Vorbereitung der Spiegelmotoren, die von ELV bereits komplett mit Spiegelträger und Spiegel geliefert werden. Die Laserspiegel sind durch eine Schutzfolie abgedeckt, die zunächst unbedingt an ihrem Platz bleiben muß. Außerdem sind die Motoren mit „1“ und „2“ gekennzeichnet.

Zunächst werden beide Motoren in die Halteschellen eingesetzt, und zwar derart, daß gemäß Bild 2 die Anreihnocke der Halteschelle bei Motor 1 nach links und bei Motor 2 nach rechts weist, wenn man von der Rückseite her auf die Motoren blickt. Beide Motoren werden so weit in die jeweilige Schelle eingeschoben, daß die Blecheinstantung im Motorgehäuse mit ihrer Hinterkante genau auf die Höhe der vorderen Schellenkante zu liegen kommt. In Bild 3 ist dies durch die auf Motor 1 aufgebraute Strichlinie verdeutlicht.

Weiterhin ist die Orientierung der Anschlußfahnen zu beachten: bei Motor 1 sollen diese, wie aus Abbildung 2 ersichtlich, genau nach oben weisen und dann rechtwinklig nach oben abgebogen werden. Motor 2 hingegen wird in seinem Halter so ver-

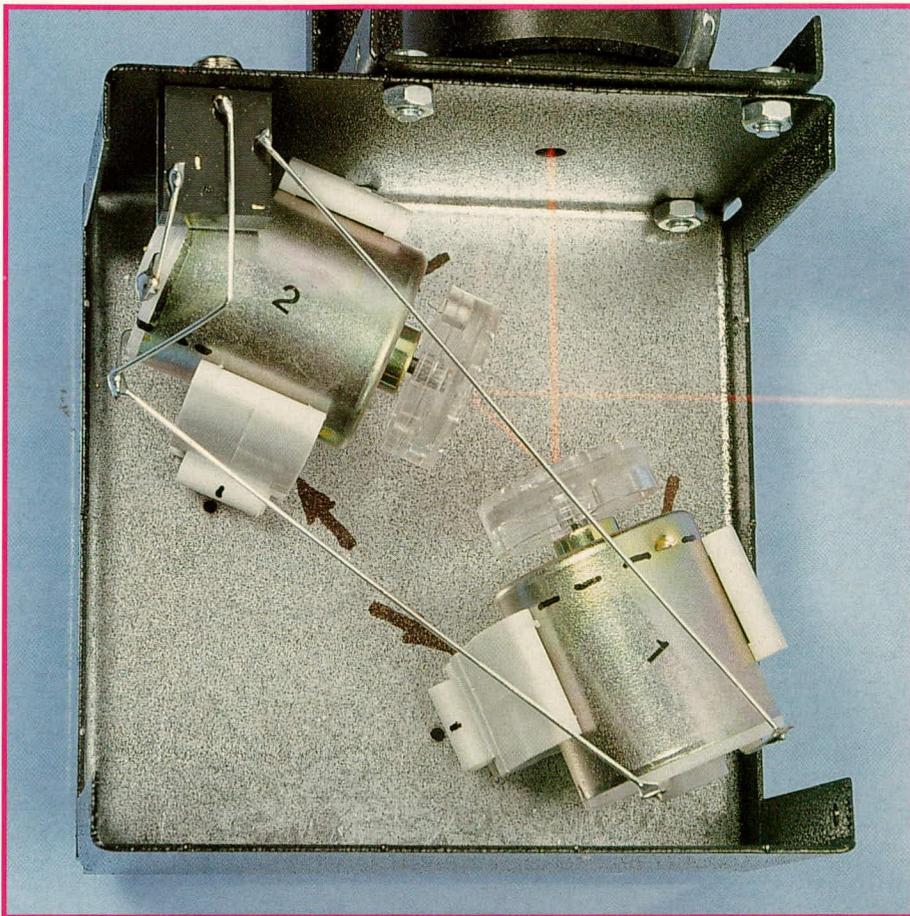
dreht, daß die Anschlußfahnen symmetrisch zur rechten Oberkante der Halteschelle liegen, wenn man genau von hinten darauf blickt. Die Fahnen werden dann ebenfalls rechtwinklig und noch ca. 15° weiter nach oben abgebogen. Sie liegen dadurch später, wie in Bild 3 ersichtlich, parallel zur Gehäuse-Außenfläche.

Ist dies bewerkstelligt, werden die Halter an das Gehäuse-Unterteil geschraubt. Hierzu dienen 2 Schrauben M 6 x 10 mm, die von unten durch die entsprechenden Bohrungen des LS 90 gesteckt und in die Halteschellen gedreht werden, welche einen vorbereiteten M-6-Gewindegang bereits werkseitig angeformt haben. Die Schrauben werden zunächst nur leicht angezogen, damit eine genaue Ausrichtung der Halter erfolgen kann. Diese ist sehr wesentlich für die vorgesehene Funktion der Einheit, bereitet jedoch aufgrund eines konstruktiven Details des Gehäuseunterteils keine Schwierigkeit. Es wurden nämlich zwei kleine Markierungsstanzungen eingebracht, und die Halter müssen nun nur noch so verdreht werden, daß die Mitten der beiden Anreihnocken der Halteschellen genau mittig über diesen Bohrungen liegen, wenn man genau von oben in das Gehäuse schaut. In Bild 3 ist dies durch jeweils einen kurzen Strich auf den Haltenocken gekennzeichnet, unter dem sich die jeweilige Justierbohrung erkennen läßt.

Nun sind beide Schrauben fest (aber nicht mit Brachialgewalt) anzuziehen.

Damit sich die Halter im Laufe längerer Nutzung des LS 90 nicht allmählich verdrehen können (schließlich wurden die Schrauben in den relativ nachgiebigen Halteschellen nicht gekontert!), empfiehlt sich eine Fixierung durch dünnflüssigen Sekundenkleber, und zwar an den 4 durch Pfeile gekennzeichneten Stellen (Bild 3), sowie der beiden Schraubenköpfe von unten.

Nun erfolgt bereits die Endverdrahtung, die hochelegant mit unisoliertem Silberdraht ausgeführt wird. Dazu ist zunächst die Klinkenbuchse einzubauen und fest anzuziehen (wer mag, kann die beiden nicht benötigten Anschlußfahnen abknäueln, wie



**Bild 3: Blick in das geöffnete Gehäuse des Laser-Spiraloscops LS 90.**  
Im Text näher beschriebene Details sind gekennzeichnet.

das auch in Bild 3 zu sehen ist). Der Silberdraht (genaugenommen handelt es sich natürlich um versilberten Kupferdraht von 0,6 mm Ø) wird begradigt, etwa durch kurzes Recken, und auf zwei Stücke von 87 mm und 120 mm Länge zugeschnitten. Das Reststück verbindet nun als erstes gemäß Bild 1 den linken Pol von Motor 2 mit dem zugehörigen Anschlußdraht der Stereo-Klinkenbuchse; der Überstand wird abgekantet.

Das 87 mm lange Stück wird durch die rechte Anschlußöse von Motor 1 geführt, an den entsprechenden Pin der Buchse gehalten und angelötet (zuerst am Motor, dann an der Buchse). Schließlich wird das 120 mm lange Drahtstück durch die verbliebenen Laschen von Motor 1 und 2 geführt, angelötet, dann hinter der Öse von Motor 2 hochgebogen, einmal abgewinkelt und an den Massepol der Klinkenbuchse gelötet, wie aus Bild 3 ersichtlich ist.

Sobald der Sekundenkleber restlos abgebunden hat (es darf keinerlei Geruch mehr wahrnehmbar sein!), keinesfalls jedoch früher werden nun die Schutzfolien mit einer spitzen Pinzette von den Spiegeln abgezogen, wobei äußerste Vorsicht geboten ist. Man beginnt am besten jeweils an einer Ecke des Spiegels.

Nun kann das Oberteil des LS 90 aufge-

setzt und mit insgesamt 8 schwarzen Knippingschrauben Ø 2,9 x 6,5 mm verschraubt werden, so daß die Austrittsöffnung gegenüber dem Spiegel von Motor 2 zu liegen kommt. Abschließend klebt man noch das Laser-Warnschild neben die Austrittsöffnung sowie die beiden halbrunden Gummifüße von unten unter die beiden äußersten Enden des LS 90, wodurch das Gerät einen stabilen, sicheren Stand erhält. Der vordere Gummifuß des Lasers wird vor-

### Stückliste: Laser-Spiraloskop LS 90

- 1 Gehäuseoberteil, bedruckt
- 1 Gehäuseunterteil
- 1 Spiegelmotor, Typ 1, komplett
- 1 Spiegelmotor, Typ 2, komplett
- 2 Rohrschellen 796/16
- 2 Schrauben M 6 x 10, verzinkt
- 4 Schrauben M 3 x 5, verzinkt
- 4 Muttern M 3
- 8 Knippingschrauben 2,9 x 6,5 mm, Kreuzschlitz, schwarz brüniert
- 1 Stereo-Klinkenbuchse 3,5 mm (Printversion)
- 22 cm Schaltdraht, blank, versilbert
- 2 Gummifüße, halbrund
- 1 Laser-Warnaufkleber

sichtig herausgezogen, da er bei dieser Anordnung nur noch stören würde.

Der Anschluß des LS 90 erfolgt über einen Stereo-Klinkenstecker 3,5 mm sowie eine daran angeschlossene 3-adrige Leitung (z. B. 2-adrig abgeschirmt), die ohne weiteres 10 m Länge und mehr aufweisen darf. Die Ansteuerspannung der Motoren darf jeweils bei maximal +/- 4,5 V gegenüber der gemeinsamen Masseleitung liegen, was einer Drehzahl von maximal 150 Hz entspricht.

### Abschließende Hinweise

Im Normalfall benötigt das LS 90 auf absehbare Zeit keinerlei Wartung. Damit die im Gehäuse gut geschützt untergebrachten Spiegel jedoch auch tatsächlich sauber bleiben, sind bestimmte Mindestforderungen zu erfüllen. Schließlich sind beim Umgang mit Laserlicht bereits sehr geringe Verunreinigungen störend und wirken sich über entsprechendes Streulicht, bei gleichzeitig starker Schwächung des Hauptstrahles, aus. Bei sauberen optischen Flächen wird das Gerät bei stehenden Motoren einen scharfen Lichtpunkt auf die Leinwand projizieren, umgeben vielleicht noch von schwachen, konzentrisch angeordneten Lichterscheinungen. Verschmutzungen hingegen führen zu um den eigentlichen Strahlaufpunkt verteilten Lichtsprenkeln in mehr oder minder starkem Ausmaß sowie zu einer Blendwirkung, wenn seitlich an der eigentlichen Strahlachse vorbei ins Gehäuse des LS 90 geblickt wird. (Achtung! Keinesfalls direkt in den unbewegten Laserstrahl blicken!) Derartige Verunreinigungen entstehen sofort, wenn aus kurzer Entfernung Rauch ins Innere der Ablenkeinheit geblasen wird, „weil man dann den Strahlengang so schön verfolgen kann“. Derartiges sollte also unterbleiben.

Grundsätzlich ist aber eine Reinigung der Spiegel im LS 90 durchaus möglich, da diese durch eine hauchdünne Quarz-Schutzschicht versiegelt sind. Die 8 Gehäuseschrauben und das Gehäuseoberteil sind entsprechend zu lösen, die Spiegel danach mehrfach mit in Spiritus getupften, weichen (!) Wattestäbchen vorsichtig abzuwischen, abschließend nach Behauchen nochmals mit einem trockenen Wattestäbchen. Die Enden der Stäbchen sollen nicht mit den Fingern berührt werden, da hierdurch im Anschluß sofort wieder eine Verunreinigung der Spiegelfläche erfolgen würde. Da handelsübliche Wattestäbchen für die beschriebene Verwendung zu fest gewickelt sind, empfiehlt sich vor der Verwendung ein Aufzupfen der Enden mit einer sauberen Pinzette.

Das LS 90 ist als robuste, leistungsfähige Einheit konzipiert, so daß Sie an der Benutzung Ihrer privaten Show-Laser-Anlage lange Freude haben werden.

ELV