

# Laser-Linear-Ablenkeinheit LA 90

*Lasergrafiken kontrolliert gesteuert zur Erzeugung von Lichtebenen, Geraden und gegenständlichen Darstellungen sind die Domäne elektromechanischer Laser-XY-Ablenkeinheiten. Mit der LA 90 bietet ELV einen hochwertigen und dennoch preisgünstigen Einstieg.*

## Allgemeines

Zur Ablenkung eines zunächst statischen Laserstrahls zur Erzeugung von Grafiken, Ornamenten oder Bildern stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung. Im Rahmen des Artikels „Informationsübertragung per Laserstrahl“, Teil 1 (ELV journal 54) sind wir darauf bereits eingegangen. Die für die Ablenkung eingesetzten Verfahren beruhen praktisch alle darauf, daß sie den Laserstrahl in hoher Geschwindigkeit durch die Luft oder über eine Projektionsfläche führen, wodurch sich dem trägen menschlichen Auge die Illusion geschlossener Flächen- bzw. Linienzüge bietet.

Die angewandten Ablensysteme operieren somit seriell, d. h. sie arbeiten das Bewegungspensum des Laserstrahls der Reihe nach ab und nicht, wie etwa eine Linsenanordnung oder ein Hologramm, simultan. Dies hat gute Gründe: Wollte man rasch veränderliche Linienzüge parallel, d. h. als Ganzes und gleichzeitig, erzeugen, wäre hierzu ein gigantischer Rechenaufwand und eine nahezu utopische

Strahlmanipulationsoptik erforderlich.

Eine für das Auge hinreichende serielle Strahlableitung hat allerdings eine recht schwierige Bedingung zu erfüllen: Das gesamte Laserbild muß mindestens 10 x pro Sekunde geschrieben werden, damit sich kein Flimmereindruck einstellt. Dies bedeutet: Je komplizierter das darzustellende Lasergrafikmuster sein soll, desto schneller muß der Ablenkwinkel des Laserstrahls variiert werden.

Die Alleskönner unter den Laser-Ablensystemen kommen aus dem chemischen Labor. In speziell gezüchteten und geschliffenen elektrooptischen Kristallen erfolgt die Strahlableitung über angelegte Hochspannung. Diese Systeme besitzen keine mechanische Trägheit und arbeiten daher extrem schnell, sind aber auch beinahe unbezahlbar.

Relativ weit verbreitet haben sich hingegen die akustooptischen Modulatoren, bei denen eine modulierte Ultraschallschwingung von vielen Megahertz optische Dichteschwankungen in einer Spezialflüssigkeit erzeugt, welche ihrerseits eine geringfügige Richtungsänderung eines eingestrah-

ten Laserbündels hervorrufen können. Diese Systeme waren in älteren Laserdruckermodellen im Einsatz, bevor die preisgünstigen und reaktionsschnellen Laserdioden ihren Siegeszug antraten.

Systeme, bei denen es nicht auf extreme Ablenkfrequenzen ankommt, werden im allgemeinen durch mechanisch bewegte Umlenkspiegel realisiert. Einfachster Vertreter dieser Gattung sind die über Motoren angetriebenen Drehspiegel, die einen daran reflektierten Laserstrahl im Idealfall auf einer Kreislinie und, beim optischen Hintereinanderschalten mehrerer Systeme, auf Rosetten- oder komplizierteren Projektionsbahnen herumführen. Deren Größe, Gestalt und Bewegung hängt ab vom Verhältnis der gewählten Ansteuerdrehzahlen, vom Neigungswinkel der Einzelspiegel gegen die Drehachse sowie von der Drehrichtungskonfiguration des Gesamtsystems. Die erzeugenden Anlagen sind sehr preisgünstig und inzwischen weit verbreitet. Bestes Beispiel: das ELV-Spiegelmotor-Set (ELV journal 2/89).

Sobald es jedoch um gezielte Strahlsteuerung, etwa in Form einer Strahlnachfüh-

rung oder Zeichenprojektion geht, versagen Drehspiegelsysteme ihren Dienst. Als Ausweg verwendet die Laserindustrie Ablenkensysteme, bei denen die Spiegel nicht rotieren, sondern nur um bestimmte, genau steuerbare Winkel gekippt werden können: die Linear-Ablenkensysteme, im Techniker-englisch vielfach auch „Scanner“ („Abtaster“) genannt.

### Das Linear-Ablenkensystem

Ein Linear-Ablenkensystem besteht immer aus einem federnd oder anderweitig elastisch aufgehängten Spiegel mit einer definierten Kipp-Lagerung, aus einer Spule und mindestens einem Permanentmagneten. Ein Strom durch die Spule bewirkt Magnetkräfte, die in Verbindung mit dem Permanentmagnet zu einer Richtungsablenkung des Spiegels führen, bis sich ein Kräftegleichgewicht zwischen magnetischer Kraft und z. B. der Rückholfederwirkung einstellt. Die Spule ist hierbei entweder mit dem Spiegel verbunden und das Permanentmagnetsystem steht still, oder aber am Spiegel sind kleine Permanentmagnete angebracht, und die Spule steht stattdessen still. Letzteres hat den Vorteil, daß keine Zuführungsleitungen in das bewegliche Spiegelsystem geführt werden müssen. Andererseits ist aber ein möglichst starkes Dauermagnetfeld für reaktionsschnelle Spiegelbewegungen erforderlich, weshalb die entsprechend voluminösen Dauermagnete meist als Stator angeordnet werden und die vergleichsweise leichte Spule mit dem beweglichen Spiegel verbunden wird.

Die genannte Anordnung ist im Prinzip nichts anderes als ein Galvanometer, wie man es in herkömmlichen Zeiger-Meßinstrumenten findet, mit der Besonderheit,

daß aus den eingangs bereits genannten Gründen eine besonders rasche Beweglichkeit wünschenswert ist. Ein solches Linear-Ablenkensystem bewirkt, daß sich ein umgelenkter Laserstrahl bei Ansteuerung des Systems entlang einer geraden Linie bewegt, sofern eine Projektionsfläche existiert, d. h. also auf einer Ebene im Raum.

Ordnet man nun 2 Ablenkeinheiten hintereinander so an, daß die Drehachsen der Spiegel senkrecht zueinander stehen, und schickt den Laserstrahl nacheinander über beide Spiegel, so kann dieser Strahl wohldefiniert an jede Stelle der Projektionsfläche geführt werden. Entsprechende Spiegelsteuerung vorausgesetzt, sind damit beliebige Kurvenformen zeichbar.

Bei ausreichend hoher Wiederholungsgeschwindigkeit entsteht für das Auge der Eindruck eines stehenden, unveränderlichen Bildes. Wesentlicher Faktor hierfür ist übrigens ein „Nachleucht-Effekt“ der menschlichen Netzhaut. Zur Verstärkung dieses Effektes stattet man z. B. Fernsehbildschirme oder Oszilloskopröhren zusätzlich mit nachleuchtenden Fluoreszenzstoffen aus, was die Flimmerwirkung weiter reduziert.

### Die ELV-Linear-Ablenkeinheit LA 90

Extrem hochwertige Umlenkspiegel, normalerweise als Einzelteil schon nicht unter 100 DM zu haben, eine exakt berechnete Zinkdruckguß-Trägerkonstruktion sowie zur Kapselung ein formschönes, kleines, mattschwarz lackiertes Stahlgehäuse, das sich fast übergangslos an den neuen ELV-12 V-Laser anflanschen läßt, sind herausragende Merkmale der LA 90. Diese Einheit ist natürlich ohne weiteres auch an andere Lasergeräte anschließbar, wenn

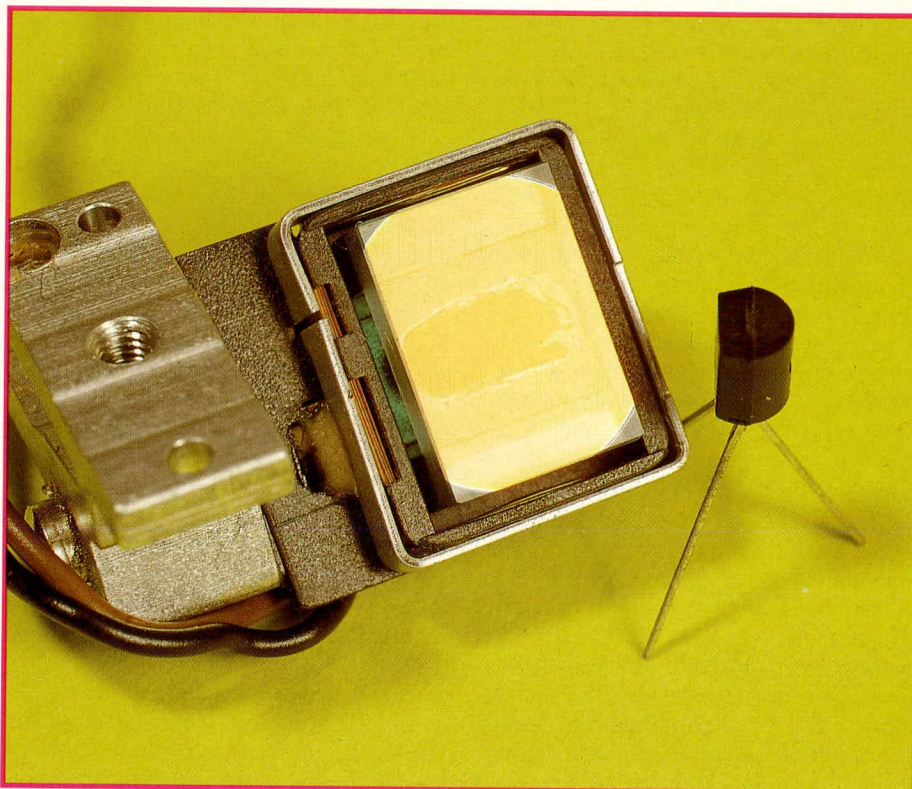
die erforderlichen Befestigungsbohrungen angebracht werden.

Das ELV-Ablenkensystem besitzt dielektrische Umlenkspiegel (Interferenzspiegel) mit einem Reflektionsgrad von ca. 99,7 % (!) für einfallendes HeNe-Laserlicht (unter 45°) und eine Oberflächengüte in der Größenordnung von etwa einem Zehntel der Laserwellenlänge (!). Die üppige Größe von 10 x 14 mm bedeutet Anwendungsfälle eventuell auch über den Einsatz in einem Ablenkensystem hinaus: Mit einem solchen Spiegel könnte man Laserstrahlen um 100 Ecken führen und hätte trotzdem erst 25 % Lichtverlust und kaum erwähnenswerte Strahlenverzerrung zu erwarten, weshalb jedem Laserprofi beim Wort „Interferenzspiegel“ das Wasser im Munde zusammenläuft (Bild 1).

Die Spiegel tragen auf ihrer Rückseite jeweils 2 kleine Permanentmagnete und dazwischen ein Lager aus Silikongummi, welches an einen winzigen Trägerkörper aus gefrästem Messing angespritzt ist. Die gesamte Anordnung wird von einer flachen Spule mit einem Innenwiderstand von ca. 10  $\Omega$  umschlossen, die bei Stromfluß eine Auslenkung durch das entstehende Magnetfeld bewirkt. Bild 2 zeigt einen Schnitt durch ein fertiges Ablenkensystem und verdeutlicht diesen Vorgang.

Zwei derartige Systeme sind, mit um 90° versetzten Drehachsen, in perfekter gegenseitiger Ausrichtung an einen Zinkdruckgußkörper montiert, wo 2 Justierschrauben außerdem noch einen Feinabgleich des abgestrahlten Laserbündels (in Ruhelage) ermöglichen.

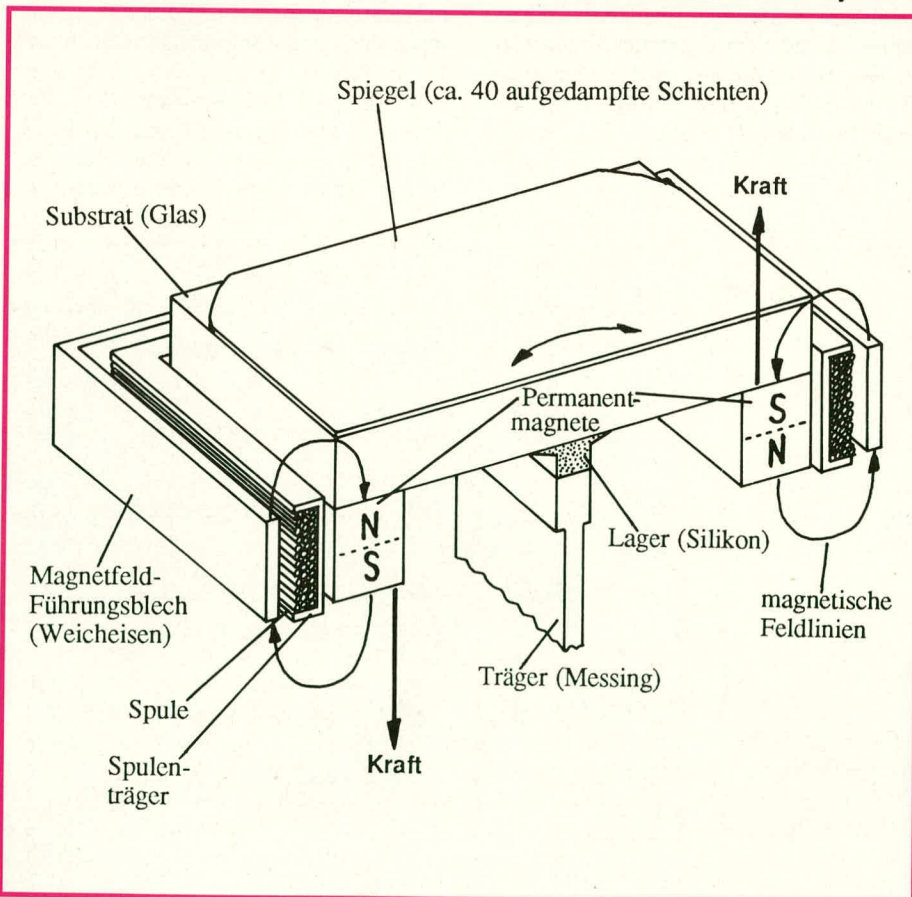
Weitgehend umschlossen wird diese Anordnung von einem mattschwarzen Stahlgehäuse, welches unter anderem auch die zum Anschluß der beiden Systeme vor-



**Bild 1:** Nahaufnahme eines einzelnen Ablenk-systems mit Transistor zum Größen-vergleich. Man erkennt den auf 632,8 nm ausgelegten dielektrischen Umlenkspiegel.

**Bild 2:** Aufbau und Funktionsschema eines ELV-Linear-Ablenk-systems.

gesehene 3polige 3,5 mm-Klinkenbuchse trägt. Die beiden Justierschrauben sind dabei über Bohrungen von außen zugänglich, während die Verbindung mit dem Ablenk-system über eine einzige, stabile Halteschraube und eine Zentriernocke erfolgt. Im montierten Zustand ist dieses Gehäuse lediglich seitlich in Form der genau be-



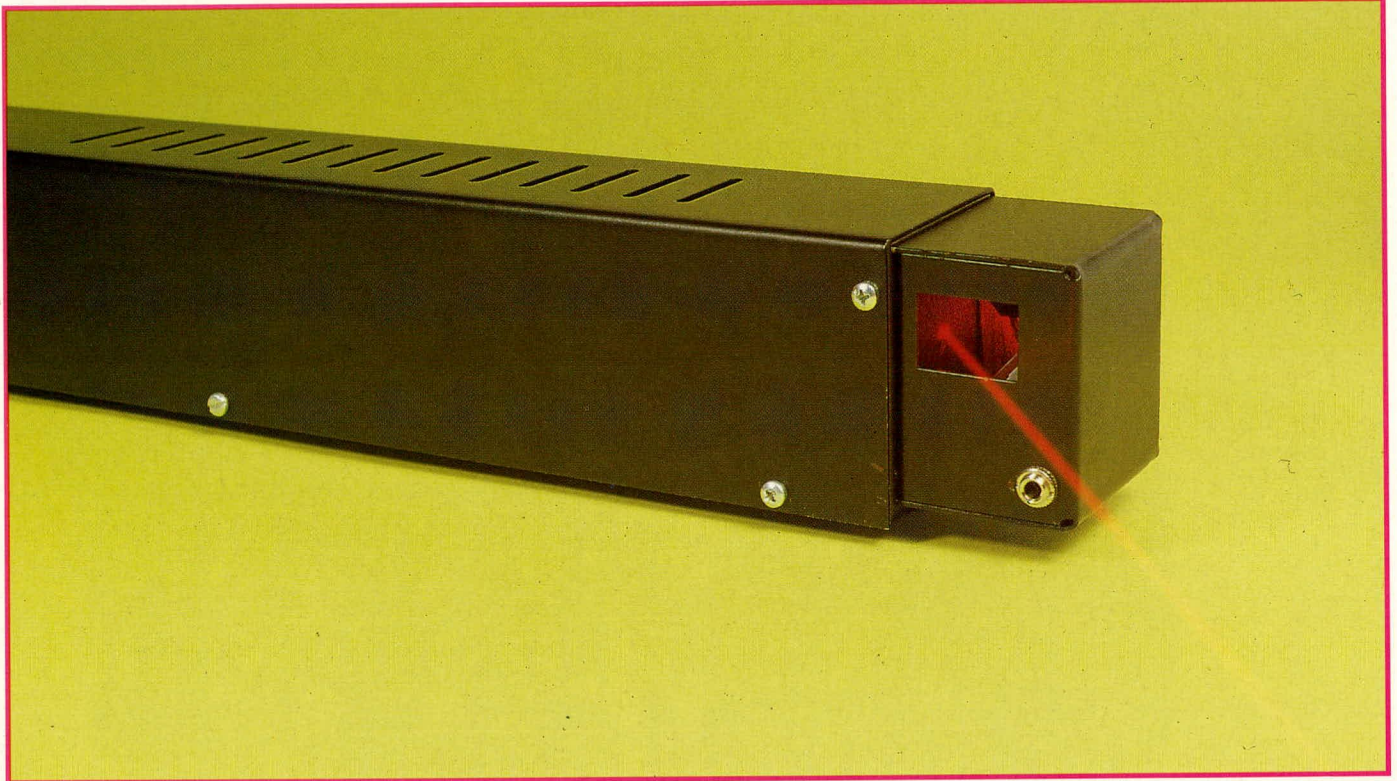
messenen rechteckigen Aussparung für das Laser-Ablenk-bündel offen und gewährleistet insbesondere Schutz gegen Staubfall von oben.

Die Umlenkung des Laserstrahls innerhalb der Ablenkeinheit um  $2 \times 90^\circ$  bei verschiedenen Winkelachsen, die miteinander ebenfalls einen rechten Winkel bilden, ist eine logische Forderung an ein funktionierendes XY-Ablenk-system. Als durch-aus positiver Nebeneffekt ergibt sich, daß der Laserstrahl beim Austritt aus der An-ordnung diese rechtwinklig zur ursprüngli-chen Strahlrichtung verläßt.

Der Vorteil dieser Strahlführung besteht darin, daß man das relativ lange Laserge-häuse nun nicht mehr in den Projektions-raum hineinragen lassen muß, was entspre-chend große Standflächen erfordert, son-dern den Laser nunmehr parallel zur Wand anbringen oder aufstellen kann, wozu ein sehr schmales Sims bereits ausreichen würde. In der Praxis bedeutet das erhebliche Platz-ersparnis und insbesondere bei wechseln-den Aufstellorten reduzierte Montagepro-bleme. Besonders die langjährigen Laser-anwender unter unseren Lesern werden die-sen Umstand sehr zu schätzen wissen.

An dieser Stelle wollen wir auf einige systembedingte Besonderheiten des ELV-Ablenk-systems eingehen. Absolute Priorität wurde auf die optische Qualität der Umlenkspiegel gelegt. Diese sind so gut, daß selbst auf Projektionsentfernungen von 10 m und mehr absolut saubere Laserkon-turen darstellbar sind. Als Folge ergibt sich jedoch auch ein relativ massiver Aufbau der Spiegelsubstrate, die aus BK 7-Spe-zialglas mit einer Dicke von ca. 3 mm be-stehen. Dies bedeutet eine vergleichsweise hohe Systemträgeit und einen zwar defi-nierten, jedoch nicht linearen Frequenzver-lauf (Abhängigkeit des Umsetzfaktors Amplitude/Winkel von der Ansteuerfre-quenz). Der größte Wirkungsgrad des Systems liegt bei einer Frequenz von ca. 50 Hz, während ab etwa 100 Hz stark erhöhte Ansteuerleistungen für die Auslenkung erforderlich sind.

Daraus resultiert, daß die Systeme zwar hervorragend zur Erstellung ornamentaler Grafikmuster oder einfacher, willkürlicher Ablenkfiguren geeignet sind, aber so komplexe Aufgaben wie Schriftdarstellung nicht bewältigen. Abgesehen davon, daß die hierzu erforderlichen Spannungs-Synthesizer-Programme sehr komplex sind, wären Ablenkfrequenzen im Kilohertzbe-reich erforderlich, da die zugehörigen, vielfach geknickten Kurvenzüge von Schrift-mustern wie bereits beschrieben mindestens 10 x pro Sekunde komplett abgearbeitet werden müssen. Hierfür geeignete Systeme sind zwar für professionelle Anwen-dungen erhältlich, aufgrund ihrer Anschaf-fungskosten aber nahezu indiskutabel.



**Bild 3: Ansicht der Laser-Linear-Ablenkeinheit montiert am ELV-12 V-Laser. Die Montage der LA 90 erfolgt ohne von außen sichtbare Schrauben.**

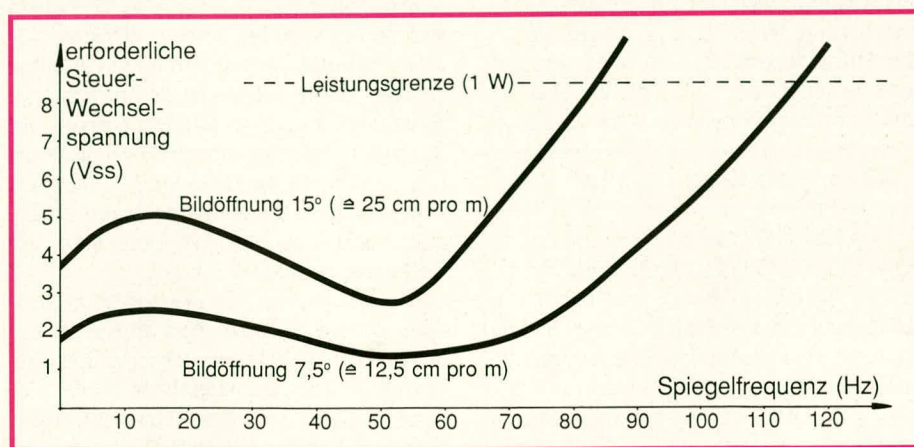
Hier stellt das von ELV angebotene Ablenkensystem einen sinnvollen Kompromiß dar, mit dem sich vielseitige Anwendungsfälle einer XY-Strahlsteuerung bestens abdecken lassen.

### Die Montage

Die Laser-Ablenkeinheit LA 90 wird über 4 ins Gehäuse eingebrachte Innengewinde M 3 befestigt, die in einem Quadrat von 40 mm Kantenlänge konzentrisch um den Strahleintritt angeordnet sind. Die Schrauben werden vom Inneren des Lasergehäuses her eingedreht und sind im Endzustand

vollkommen unsichtbar (Bild 3). Das Gehäuse des ELV-12 V-Lasers weist die hierzu erforderlichen Bohrungen bereits auf und muß zur Montage des LA 90 kurz geöffnet werden. Sollen andere Laser verwendet werden, so müssen die 4 Bohrungen mit einem Durchmesser von 3,5 mm noch ins Gehäuse eingebracht werden. Zum Anzeichnen fertigt man sich hierzu am besten eine Schablone auf kariertem Papier an, deren geometrischer Mittelpunkt mit dem Strahlaustritt identisch sein muß.

**Bild 4: Steuerkennlinie der Laser-Linear-Ablenkeinheit LA 90. Aufgetragen ist der Zusammenhang zwischen Ablenkempfindlichkeit (Auslenkung bezogen auf die Steuerspannung) in Abhängigkeit von der Ansteuerfrequenz.**



### Die Ansteuerung

Die beiden Wicklungen der Ablenkeinheit LA 90 verhalten sich aufgrund ihres Innenwiderstandes ähnlich wie 8  $\Omega$ -Lautsprecher und können daher auch entsprechend angesteuert werden. Hierbei müssen zu große Signalamplituden ebenso vermieden werden wie zu große Dauerleistungen. Bei Überspannungen schlagen die Spiegel der LA 90 mit ihrer Rückseite an die mechanische Begrenzung ihres Gehäuses, und die Aufhängung könnte beschädigt werden.

Leistungen über 1 W pro Ablenkanal dürfen den Systemen dauerhaft nicht zugemutet werden, da dann eine unzulässige Erwärmung auftritt. Entscheidend auch bei der Nennleistung von 1 W ist, daß ein Ablenkensystem in seinem Sollfrequenzbereich arbeitet, da dann die Spiegelbewegung für eine höchst effiziente Wärmeabfuhr per Luftstrom sorgt. Steuerfrequenzen über 120 Hz sollten vermieden werden, da ihre Energie fast nur noch in Wärme umgesetzt wird und zum Bildmuster nur noch sehr wenig beiträgt.

In Abbildung 4 ist das Ablenkverhalten eines Systems gezeigt für diejenigen Anwender, die dieses System direkt betreiben möchten, was prinzipiell mit verschiedenen Steuerspannungen möglich ist.

In idealer Weise wird das Laser-Linear-Ablenkensystem LA 90 unter Berücksichtigung seines Frequenz- und Leistungsspektrums angesteuert durch das im ELV journal 2/90 vorgestellte Laser-Scanning-Interface LSI 7000.