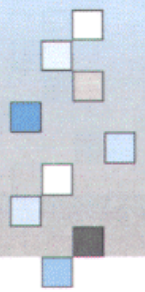


■ Ein Fertiggerät zur Erzeugung von Laser-Figuren haben wir Ihnen im vorigen **E•A•M** auf Seite 44 vorgestellt.

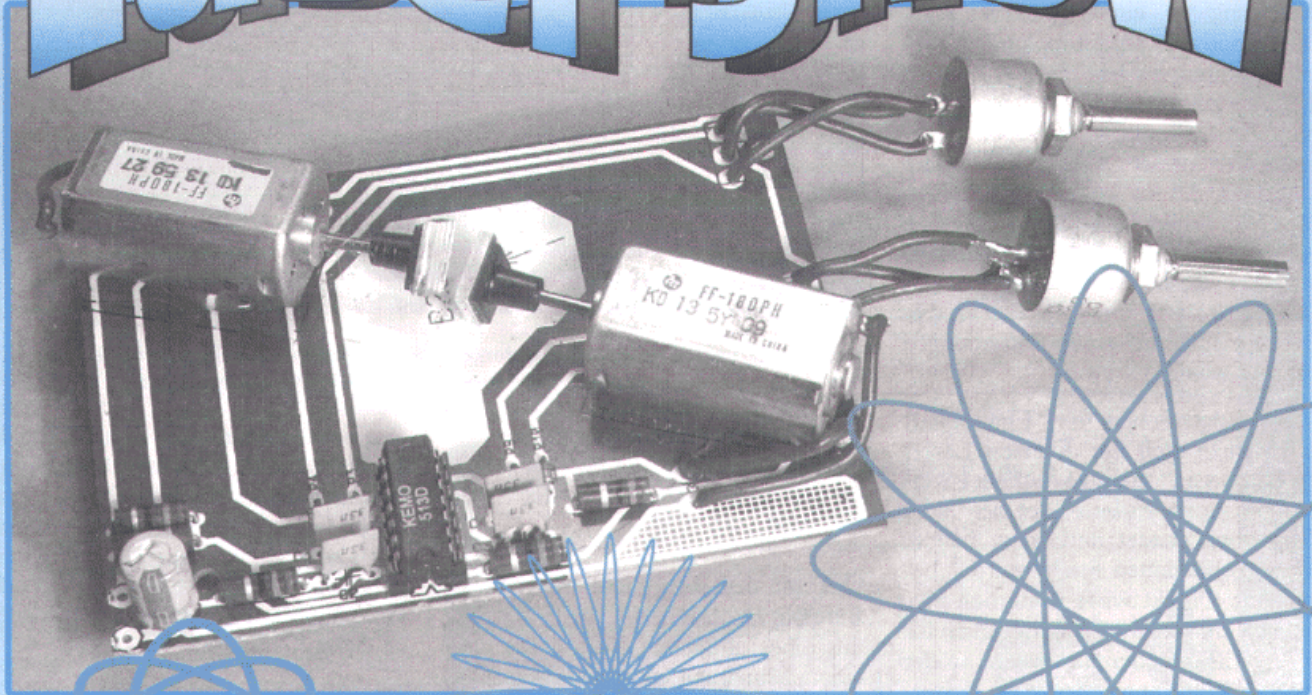
Laser-Show

**Bau
Anleitung**



Eine preiswerte Schau von immer wechselnden Laser-Figuren:

Laser-Show



- **Holen Sie sich Ihre eigene Laser-Show ins Haus**
- **Faszination der unzähligen Kurvenformen**
- **Muster werden an Wand oder Decke projiziert**
- **Zwei „Astabile“ sorgen für den Ansteuertakt**
- **Blickfang für die Party oder das Schaufenster**

Sicherlich haben Sie die virtuoson Muster auch schon gesehen, die in zahlreichen Geschäften für Aufmerksamkeit sorgen. Sie stammen von sogenannten Laser-Mustergeneratoren, die den Strahl zu diversen Kapriolen veranlassen. Industriegeräte kosten fast ein Vermögen, und so ist es umso reizvoller, eine solche Schaltung mit überschaubarem finanziellen Aufwand selbst zu bauen. Vom Ergebnis werden Sie beeindruckt sein!

Steckbrief: Für Anfänger geeignet

Funktion:	Ansteuerschaltung für zwei Gleichstrommotoren, die je einen Ablenkspiegel für einen Laserstrahl bewegen
Taktgeber:	Zwei getrennte astabile Multivibratoren
Motortreiber:	Anschluß an die Kollektoren der internen Transistoren; Drehzahl und -richtung getrennt verstellbar
Strahlableitung:	je ein Spiegel mit 10 x 10 mm Fläche, asymmetrisch drehend
Abmessungen:	100 x 74 mm (Platine)
Stromversorgung:	+6 V (maximal 300 mA)
Bausatzpreis:	ca. 39,50 DM (ohne Laser)
Laser-Modul:	ca. 72,50 DM (+3 V/ 60 mA; alles bei Conrad)

■ Die Detailfunktion des astabilen Multivibrators haben wir ausführlich im *E•A•M* 5/94 beschrieben.

Laser-Show

Faszination Laserlicht

Von den Laserstrahlen geht eine ganz eigene Faszination aus, die keine andere sichtbare Strahlung besitzt: Laserlicht wird angeregt durch einen Anstoß in einer geeigneten Quelle, z.B. in einer Laserdiode (Auslöser ist hier der Stromdurchgang in einem pn-Übergang). Durch optische Rückkopplung in diesem Medium entsteht ein Resonanzeffekt, der zu selbsterregten Schwingungen führt („stimulierte Emission“). Das besondere dieser Strahlung ist ihre *Kohärenz*, d.h. es werden nur Strahlen derselben Wellenlänge erzeugt, die sich außerdem alle in derselben Phasenlage befinden. Resultierend daraus hat der Strahl eine sehr geringe *Divergenz*, d.h. er streut auch auf große Entfernungen nur sehr wenig.

Diese letztgenannte Eigenschaft macht man sich bei diversen Laser-„Werkzeugen“ zunutze, beispielsweise beim *Laser-Pointer*, der den alten Zeigestock ersetzt und einen hellen, scharf gebündelten Strahl auf das betrachtete Objekt wirft. Natürlich eignet sich eine solche Strahlung auch für andere Effekte, deren Reiz u.a. in der großen Entfernung zwischen Laserquelle und Projektion liegt. Nicht zu vergessen sind die professionellen Laser-Shows, bei denen bewegte und farbige Comics in den Nachthimmel projiziert werden.

Durch die extrem scharfe Strahlbündelung entsteht allerdings auch eine Gefahrenquelle, denn die hohe Strahlintensität kann beim direkten Kontakt mit der Netzhaut des Auges schwere Schäden anrichten! Entsprechende Vorsicht ist also geboten.

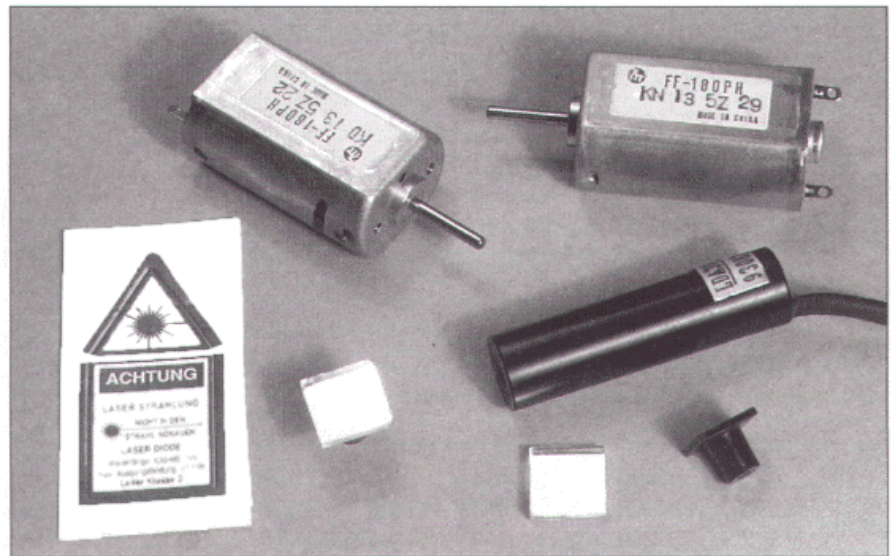


Bild 1: Die beiden Motoren mit den aufgesteckten Spiegeln sorgen dafür, daß der vom Laser-Modul erzeugte Strahl in virtuosen Kurvenformen abgelenkt wird.

Man soll den Laserstrahl daher niemals direkt auf andere Personen richten und auch selbst nicht in den Strahl schauen!

Um mit dem Laserlicht im privaten Bereich zu „zaubern“, bedienen wir uns eines einfachen Tricks: Der von einem Miniatur-Laser-Modul erzeugte Strahl wird von kleinen Drehspiegeln so abgelenkt, daß er dabei wilde Kapirollen schlägt (**Bild 1**). Das Ergebnis sind kunstvolle Figuren, die durch die Überlagerung zweier unterschiedlicher Drehbewegungen entstehen.

Sobald man die Drehzahl eines Motors variiert, ändert sich die Kurvenform des an die Decke projizierten Gebildes. Sogar kleinste Frequenzänderungen infolge thermischer Einflüsse auf die Elektronik, führen bereits zu

faszinierenden Bewegungen innerhalb der aufgeblähten Muster. Dabei muß die Lichtleistung nicht einmal hoch sein: Man kommt ohne weiteres schon mit 1 mW abgestrahlter Leistung aus, was unter die Laser-Klasse 2 fällt. Davon unberührt bleibt die angesprochene Gefährlichkeit!

Um einen preiswerten Aufbau zu erreichen, verwenden wir zur Steuerung der Ablenkspiegel kleine Gleichstrommotoren, die bereits bei 0,5 V anlaufen. Ihre Drehzahl ist direkt proportional zur angelegten Spannung, so daß man über die Veränderung der Motor-Versorgungsspannung auch die gewünschte Drehzahländerung erreichen könnte. Dieses Konzept hat allerdings einen entscheidenden Nachteil:

Diejenige Leistung, die der Motor bei Langsamlauf nicht benötigt, müßte man jeweils „vernichten“ und in Form von Verlustwärme abführen. Das ergäbe eine recht unwirtschaftliche Lösung, die zudem noch thermische Probleme aufwerfen würde.

Wesentlich eleganter ist die Motorsteuerung durch **Pulsweitenmodulation (PWM)**. Dabei wird die Motorspannung „zerhackt“, d.h. in schneller Folge ein- und ausgeschaltet. Das **Tastverhältnis** (die Einschaltdauer bezogen auf die Periodendauer) bestimmt dabei die dem Motor zugeführte Leistung und damit auch dessen Drehzahl.

ANZEIGE

Kemo -Electronic

Wir sind Hersteller von

- über 250 verschiedenen Bausätzen und Modulen
- Computer-Zubehör (Schrittmotor-Steuerungen u.v.a.m.)
- Spritzgussteilen (Gehäuse, Knöpfe usw.)

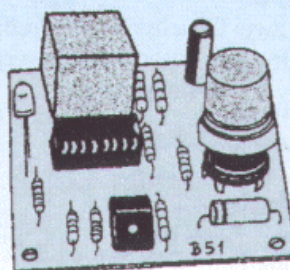
Wir beliefern nur den Fachhandel und die Industrie. Privatkunden wenden sich bitte an den Fachhandel.

Alle Bausätze und Module sind für den Export mit Anleitungen in 6 verschiedenen Sprachen ausgestattet.

Ausführliche Produktinformationen finden Sie im Internet:

www.kemo-electronic.com

Kemo-Electronic, Leher Landstraße 20, D-27607 Langen; Fax: (0 47 43) 93 38 22



■ Die Schaltung muß mit stabilisierten 6 V gespeist werden; einfache Stecker-netzteile sind hierfür nicht geeignet!

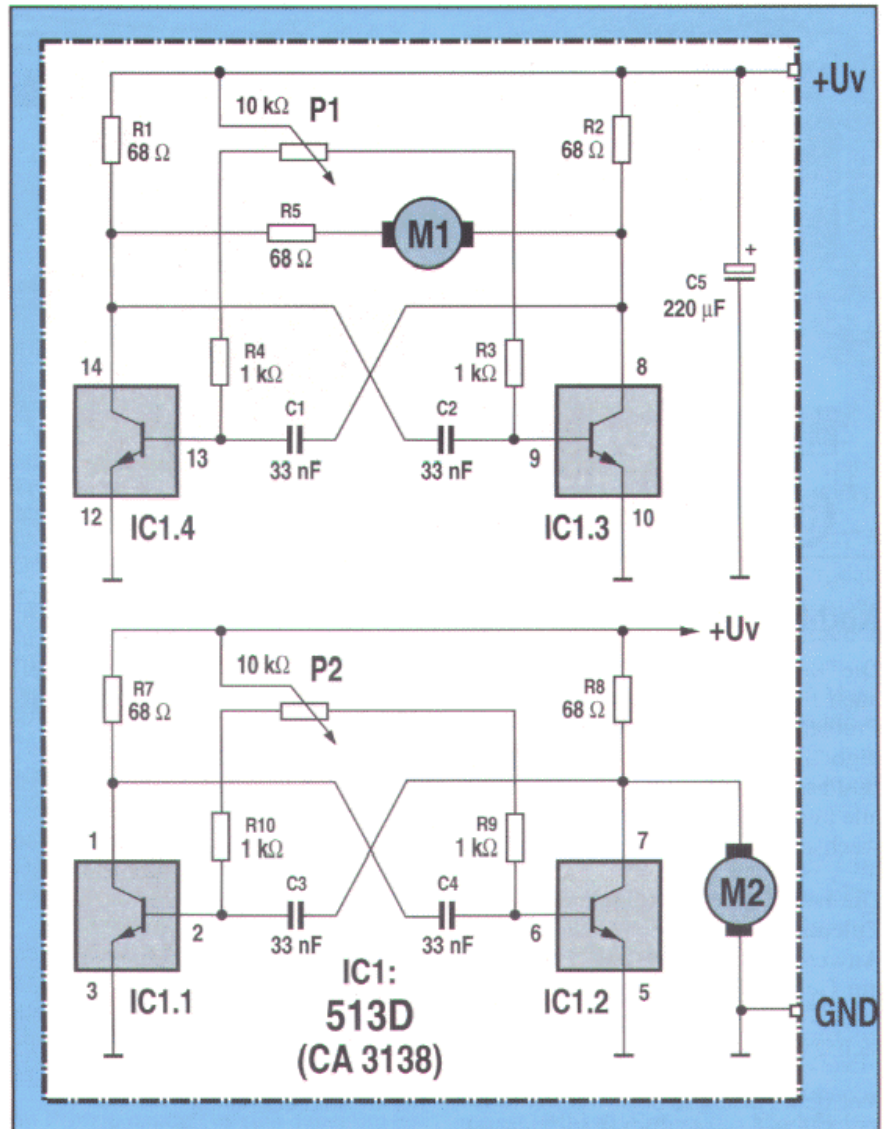
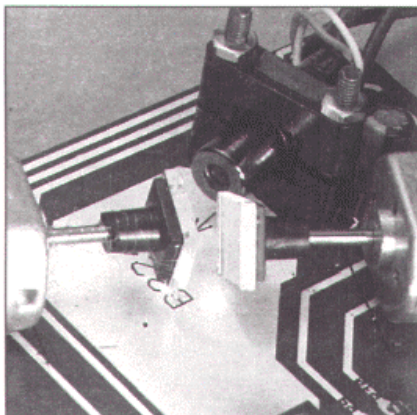
Bild 2: Die Ansteuerschaltung besteht aus zwei astabilen Multivibratoren, deren Frequenz getrennt verstellbar ist.

Im Schaltbild erkennen Sie, nach welchem Prinzip die Erzeugung der variablen Rechteckspannung geschieht (Bild 2): Zwei voneinander unabhängige astabile Multivibratoren erzeugen ein Rechteck mit veränderlicher Pulsbreite.

Bei einem „Astabilen“ ist das RC-Glied an der Basis jedes Transistors dafür verantwortlich, wie groß die Pausenzeit des betreffenden Transistors ist. Betrachten wir den oberen Multivibrator und denken uns das Poti P1 in Mittelstellung; dann haben beide Transistoren einen Basisvorwiderstand von 6 kΩ, der zusammen mit dem 33-nF-Kondensator eine Zeitkonstante $\tau = 6 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9} \approx 200 \mu\text{s}$ ergibt. Addiert man beide Pausenzeiten, erhält man eine Periodendauer von knapp 400 μs entsprechend einer Frequenz von ca. 2 kHz.

An dieser Grundfrequenz ändert sich beim Verstellen des Potis kaum etwas, lediglich die Einschalt- und Pausendauer der Transistoren verschiebt sich. Und an dieser Änderung des Tastverhältnisses nehmen die beiden Motoren direkt teil:

Motor M1 „hängt“ zwischen den beiden Kollektorstärkern R1 und R2; bei symmetrischer Poti-Stellung ruht dieser Motor, weil er gleich viele Plus- und Minus-Anteile bekommt. Beim Verstellen von Poti P1 kann man nicht nur die M1-Drehzahl beeinflussen, sondern auch dessen Drehrichtung, weil sich dann sofort ein Übergewicht zur einen oder anderen Polarität einstellt.



Das ist beim zweiten Motor M2 anders, denn der ist nur an einen Kollektor angeschlossen: Wenn Transistor IC1.2 nur ganz kurz ein- und sehr lange ausgeschaltet ist, läuft dieser Motor gar nicht an; bei Umkehr der Einschaltdauer erreicht er seine maximale Drehzahl, und dazwischen ist er stufenlos verstellbar.

Durch die massebezogene „Anbindung“ kann er allerdings nur in einer Richtung drehen. Für die entstehenden Kurvenformen ist das aber ohne Belang; um eine Figur zum Stillstand zu bringen, genügt es, nur das Poti P1 feinfühlig zu verstellen (vgl. Bild 9).

Bild 3: Detailaufnahme vom Zentrum des Geschehens: Die Spiegel-Achsen sind leicht gegeneinander versetzt.

Würden sich die beiden Spiegel genau plan gegenüberstehen, dann könnten sie rotieren, soviel sie wollten, und es würden niemals die bekannten Kurvenmuster entstehen.

Das Geheimnis liegt in zwei winzigen Kleinigkeiten: Erstens sind die Spiegeltischchen ein bißchen gegen ihre senkrechte Achse geneigt, d.h. beim Rotieren „eiern“ sie ein wenig. Und zweitens sind die Längsachsen der beiden Motoren nicht fluchtend angeordnet, sondern ein wenig seitlich versetzt (Bild 3).

Nur durch diese Unsymmetrien kommt die verwickelte Strahlableitung zustande, die für die interessantesten Muster sorgt, die eine gewisse Verwandtschaft mit den Lissajous-Figuren beim Oszilloskop haben.

Die Pulsweitenmodulation behandeln wir im Zusammenhang mit den Dimmern (vgl. E•A•C auf Seite 71).

Laser-Show

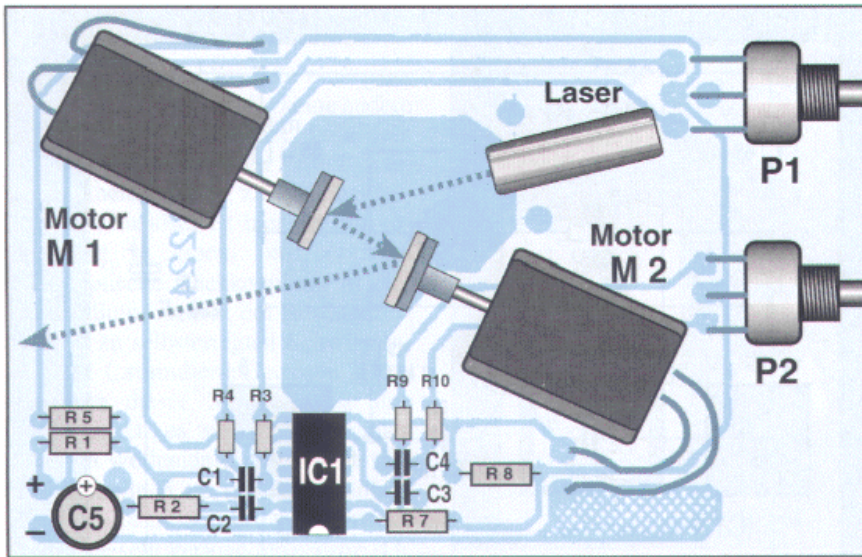


Bild 4: Die Längsachsen der beiden Motoren dürfen auf keinen Fall fluchten; ein kleiner Versatz muß unbedingt sein!

Denken Sie daran, daß die beiden Wellen auf keinen Fall fluchten dürfen! Stellen Sie sich vor, daß der Laserstrahl wie im Bestückungsplan angedeutet die gewünschte Zickzack-Bewegung machen muß. Lassen Sie den Motoren anschließend genügend Zeit zum Antrocknen, damit sie ihre Lage unverändert beibehalten.

Nun erfolgt der erste Test, für den Sie +6 V anlegen. Motor M1 muß mittels P1 in beide Richtungen steuerbar sein (mit Stillstand), und die Drehzahl von M2 muß mit P2 von Null bis zum Maximum veränderbar sein.

Nachbau

Die Bestückung der Bauteile dürfte auch für den Einsteiger keine großen Probleme aufwerfen (Bild 4). Es ist lediglich die richtige Einbaulage von IC-Fassung und Elko C5 zu beachten, alle übrigen Teile kann man nicht verwechseln.

Die beiden Potis bekommen so lange Zuleitungsdrähte, wie es die spätere Anwendung vorgibt (z.B. Einbau in ein Gehäuse). Zum Anschluß der externen Speisespannung empfiehlt es sich, zwei Lötstifte einzusetzen.

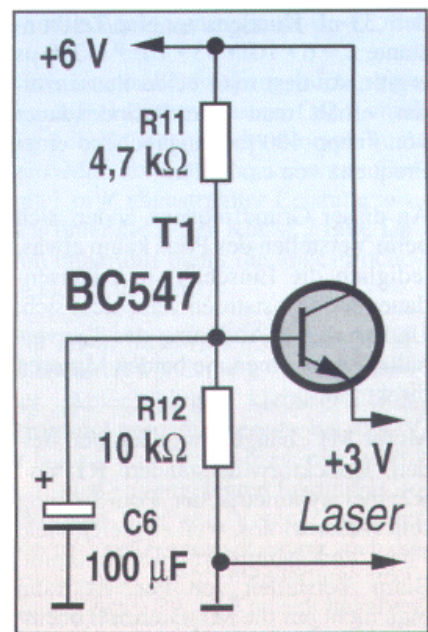
Vor dem Anschluß der Motoren müssen Sie erst noch die beiden Spiegel montieren. Dazu sollten Sie dünnflüssigen Klebstoff verwenden (z.B. „Superkleber“), weil die Spiegel sonst

nicht plan aufliegen und sich der Anstellwinkel verändern könnte. Anschließend werden die beiden Spiegelhalter auf die Wellen der Motoren aufgesteckt.

Die Polung der Motor-Anschlüsse ist ausnahmsweise einmal beliebig; lassen Sie die Zuleitungsdrähte aber so lang, daß Sie beim Positionieren ausreichend Spielraum haben.

Auf der Platine sind die Plazierungen für beide Motoren aufgedruckt. Wenn Sie einen Motor und den Platinenplatz mit Klebstoff bestrichen haben, sollten Sie die angezeichnete Lage möglichst exakt einhalten.

Bild 5: Diese einfache Zusatzschaltung kann aus der 6-V-Versorgung die benötigten 3 V für den Laser erzeugen.



Stückliste Laser-Show

Platine:
--- 1 Laser-Show B 224

Halbleiter:
IC1 1 Vierfach-Treiber (CA 3138) 513 D

Kohleschichtwiderstände: (100 mW / 5 %)
R3,4 2 1 k 0 (braun - schwarz - rot - gold)
R9,10 2 1 k 0 (braun - schwarz - rot - gold)

Kohleschichtwiderstände: (500 mW / 5 %)
R1,2 2 68 R 0 (blau - grau - schwarz - gold)
R5 1 68 R 0 (blau - grau - schwarz - gold)
R7,8 2 68 R 0 (blau - grau - schwarz - gold)

Potentiometer:
P1,2 2 Potentiometer, 6 mm 10 kΩ

Kondensatoren:

C1...4 4 keramischer Kondensator 33 nF
C5 1 Elektrolytkondensator 220 µF / 10 V

Mechanisches Zubehör:

(IC1) 1 Fassung 14polig
M1,2 2 Servomotor 0,5...6 V
--- 2 Spiegel 10 x 10 mm
--- 2 Spiegelhalter

Die hier aufgeführten Bauteile sind als kompletter Bausatz für ca. 39,50 DM bei Conrad Electronic erhältlich (Platine einzeln nicht lieferbar).

Empfohlenes Zubehör:

(gehört nicht zum Lieferumfang des Bausatzes)

passendes Laser-Modul rot/ 1 mW ca. 72,50 DM

■ Ein geeignetes Modul mit rotem Strahl und 1 mW Leistung bekommen Sie bei Conrad: #10 71 74-9A (ca. 72,50 DM).

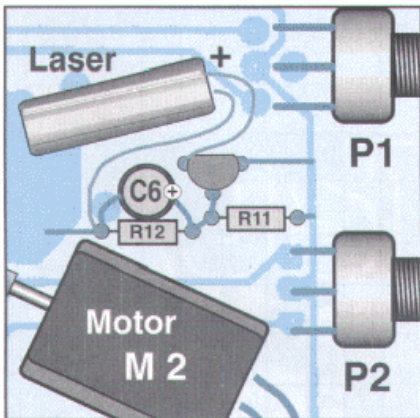


Bild 6: Diese vier Bauteile finden auf der Platine noch mühelos Platz; sie liefern die +3 V für das Laser-Modul.

Laser-Modul

Als Laser-Lichtquelle eignen sich nicht nur Miniatur-Module, sondern auch Laser-Pointer und einzelne Laserdioden, sofern sie einen fokussierten, „scharfen“ Strahl erzeugen. Wichtig ist es auf jeden Fall, daß die Lichtquelle starr fixiert wird, weil bei einer Verschiebung keine Figuren mehr zustandekommen.

Wir beschreiben hier den Einbau des auf Seite 51 erwähnten Mini-Moduls, das sich von der geringen Baugröße her anbietet (Bestell-Nr. oben). Beachten Sie auf jeden Fall die vom Hersteller genannten Betriebsbedingungen, weil z.B. eine zu hohe Betriebsspannung die Laserdiode zerstören könnte! Das vorgestellte Modul wird an +3 V betrieben ($\pm 0,2$ V sind zulässig).

Bild 9: Momentaufnahmen der vom Laserstrahl erzeugten Figuren, die sich vom Stillstand links immer mehr „in Bewegung“ setzen (Mitte und rechts).

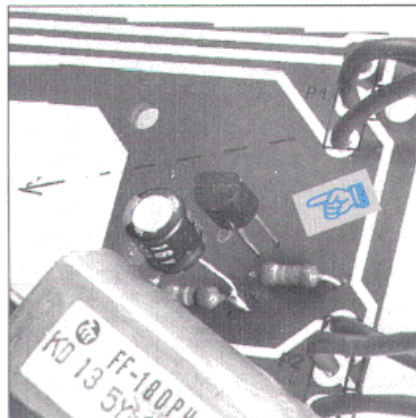
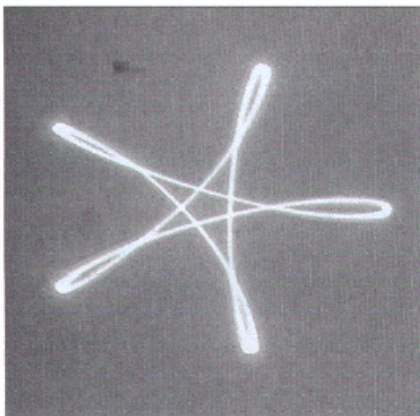


Bild 7: Die beiden Widerstände und der Transistor bekommen eigene Bohrungen, der Elko wird huckepack gelötet.

Um diese +3 V aus der 6-V-Versorgungsspannung abzuleiten, haben Sie zwei Möglichkeiten: Entweder verwenden Sie einen 3-V-Festspannungsregler (Typ LD 1117), oder Sie bauen eine kleine Zusatzschaltung auf, die fast nichts kostet und sich noch ohne weiteres auf der Platine unterbringen läßt (**Bild 5**).

Vorsicht, Laser!

Sie dürfen auf keinen Fall mit dem Auge in den Strahl blicken, weil die Gefahr von Netzhautschädigungen besteht! Sorgen Sie dafür, daß der Strahl immer entsprechend ausgerichtet ist.

Im Prinzip handelt es sich dabei um einen Emitterfolger, dessen Basisvorspannung mit dem Teiler R11/R12 eingestellt wird. Da R11 nicht nur vom Querstrom, sondern auch noch vom Basisstrom durchflossen wird, muß er kleiner gewählt werden als es das rechnerische Verhältnis ergibt.

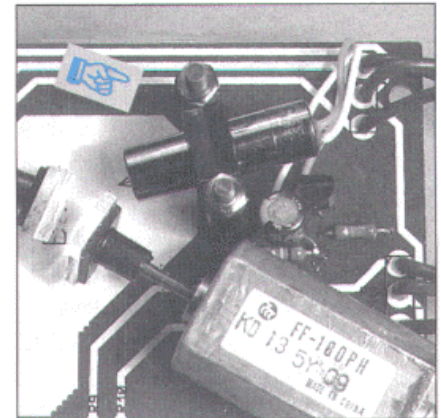
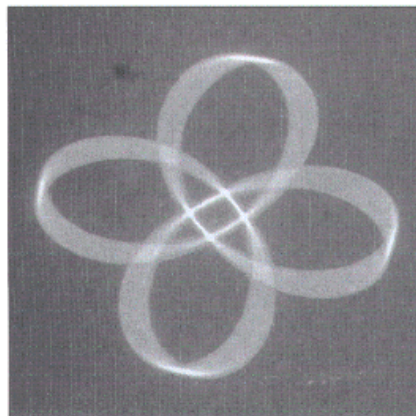


Bild 8: Hier ist das Laser-Modul bereits montiert und ausgerichtet; die Zuleitungen führen durch die Platine.

Der Elko an der Basis sorgt dafür, daß der Transistor eine stabile Basisvorspannung erhält und eventueller „Schmutz“ von den 6 V kurzgeschlossen wird. Zwischen Emitter und Masse wird das Laser-Modul angeschlossen. **Bild 6** zeigt, welche zusätzlichen Bohrungen für die Bauteile noch erforderlich sind.

Die Verdrahtung erfolgt auf der Unterseite, und der Elkos kann „huckepack“ auf den 10-k Ω -Widerstand aufgelötet werden (**Bild 7**).

Das Laser-Modul selbst wird mit einer Plastikschele fixiert und so ausgerichtet, daß an der Wand die Überschneidung der Kurvenformen zu beobachten ist (**Bild 8**). Sofern das Modul eine einstellbare Linse besitzt, muß diese so eingestellt werden, daß die Figuren an der gewünschten Projektionsfläche scharf erscheinen. Die Potis sollten Sie langsam verdrehen, weil jede Änderung eine gewisse Einstellzeit von 1...2 s benötigt (**Bild 9**). ■

