

# Laser-Pointer

*Faszinierend klein und somit sehr handlich ist dieser im sichtbaren Lichtbereich (rot) arbeitende Dauerstrich-Diodenlaser. Die integrierte Spezialoptik erzeugt auch in größeren Distanzen einen „sauberen“ Punkt. Der Nachbau ist aufgrund der ausgereiften Technik leicht möglich.*



## Allgemeines

Jetzt ist er da, und das zu einem Super-Preis, der batteriebetriebene Laser im sichtbaren Lichtbereich.

Ein stark gebündelter, leuchtend roter Laserstrahl wird von einer Elektronik erzeugt, die in einem handlichen Stabgehäuse Platz findet. Die kompakte Bauform ist dabei schon faszinierend. Mit 2 kleinen 1,5 V-Micro-Batterien (Größe AAA) arbeitet dieser Laser mehr als 2 Stunden im Dauerbetrieb. Über einen griffgünstigen Taster wird der Laserstrahl aktiviert.

Der besonders handliche Laser-Pointer ist in einem attraktiven mattschwarzen und besonders robusten Kunststoff-Handgehäuse eingebaut. Für den technik-begeisterten Anwender steht neben dem Fertigergerät auch ein außergewöhnlich günstiger Komplettbausatz zur Verfügung.

Die technischen Daten sind in einer übersichtlichen Tabelle aufgeführt.

Anwendungsfälle für diese neue Laser-Generation gibt es viele. Zwar sind Diodenlaser aufgrund ihrer kleineren Kohärenzlänge im Vergleich zu HeNe-Lasern nicht für Holografiezwecke geeignet, jedoch ergibt sich durch die ausgezeichnete optische Bündelung eine gute Reichweite. Bis zu einer Entfernung von über 50 m ist der Strahl-Auftreffpunkt deutlich sichtbar. Der rote Laserstrahl zeigt punktgenau bei Vorträgen, Vorlesungen und Meetings auf die zu markierenden Stellen und ist auch

bei hellem Tageslicht deutlich sichtbar. Natürlich kann der Laserstrahl, falls gewünscht, auch über Ablenkeinheiten geführt und zu Showzwecken eingesetzt werden.

Die Ausgangsleistung liegt unter 0,95 mW, so daß die Geräte der Laser-Klasse II entsprechen.

## Zur Schaltung

Herzstück der Schaltung ist die Laserdiode des Typs HL 6711 G. Dieses filigrane kleine technische Wunderwerk ist das Ergebnis einer Jahrzehnte währenden Entwicklungszeit. Kaum ein technisches Produkt war solange bekannt, ohne realisiert werden zu können. Doch nun steht sie zur Verfügung: die Dauerstrich-Laserdiode im sichtbaren Lichtbereich.

Ihre Empfindlichkeit vor Überlastungen ist annähernd vergleichbar mit der von ungeschützten CMOS-Bauteilen, d. h. sorgsame Handhabung ist geboten. Bei ordnungsgemäßem Einsatz besitzt diese

Laserdiode eine nahezu unendliche Lebensdauer, zumal sie wie im vorliegenden Anwendungsfall mit nur rund einem Drittel ihrer Maximalleistung betrieben wird.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang noch die im Diodengehäuse gleichfalls integrierte Fotodiode, welche zur genauen Strahlleistungsmessung und damit zur Rückkopplung dient.

Nach diesen einleitenden Vorbemerkungen kommen wir nun zur detaillierten Beschreibung der Schaltungstechnik.

Die Versorgung des Gerätes übernehmen zwei kleine 1,5 V-Micro-Batterien. Die Schaltung ist dabei so ausgelegt, daß sie in einem Bereich von 2,5 V bis 3,5 V zuverlässig arbeitet. Unterhalb 2,5 V nimmt die Laser-Strahlleistung rapide ab, ohne dabei jedoch die Diode zu gefährden.

Sobald der Taster SW betätigt wird, nimmt die Schaltung ihren Betrieb auf.

Eine wesentliche Forderung beim Betrieb der hier vorliegenden Dauerstrich-Laserdiode ist eine „saubere“ Stromeinprägung des Betriebsstromes. Hierbei sind selbst kürzeste Überlastpeaks zu vermeiden, da diese zur sofortigen Zerstörung des hochwertigen Bauteils führen könnten. Aus diesem Grunde besitzt die Schaltung verschiedene Schutzmaßnahmen, die für einen zuverlässigen und vor allem langfristigen Betrieb beste Voraussetzungen bieten.

Zunächst ist der Kondensator C 4 zu nennen, der parallel zur Laserdiode geschaltet ist und Störspannungsspeaks unterdrückt. R 6 stellt einen ohmschen Lastwi-

### Technische Daten Laser-Pointer PT 2000

Ausgangsleistung: .....	0,9 - 1 mW
Abmessungen (mm): .....	130x31x24
Gewicht: .....	ca. 70 g
Wellenlänge: .....	670 nm, intensives rot
Batterien: .....	2 x 1,5 V Micro (AAA)
Stromaufnahme: .....	ca. 90 mA

derstand im Kollektorkreis des Ansteuertransistors Q 1 dar. Mit Hilfe dieses Transistors wird der Betriebsstrom geregelt.

Im Emittierkreis liegt der Referenzwiderstand R 13, dessen Spannungsabfall dem Regel-OP IC 1 A am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 3) zugeführt wird. Auf die Funktion dieses Schaltungsteils gehen wir im weiteren Verlauf der Beschreibung noch detailliert ein.

Die Ansteuerung des als Längsregler arbeitenden Transistors Q 1, übernimmt IC 1 C in Verbindung mit dem Vorwiderstand R 7.

Dieser Operationsverstärker ist als I-Regler geschaltet (C 6) mit additivem Proportionalanteil (R 9).

IC 1 C vergleicht nun die an seinem nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 10) anstehende Referenzspannung mit der Rückkoppel-Meßspannung, welche am invertierenden (-)-Eingang (Pin 9) ansteht. Eine etwaige Regelabweichung wird sofort registriert und dem Stellglied (Q 1) zugeführt.

Im eingeschwungenen Zustand gehen wir nun zunächst davon aus, daß an Pin 10 eine Referenzspannung von 1,8 V ansteht und die Laserdioden-Strahlleistung dem Sollwert von 0,95 mW entspricht. Die im Diodengehäuse ebenfalls integrierte Fotodiode registriert dies und läßt einen Strom fließen, der am Trimmer VR 1 einen Spannungsabfall von ebenfalls ca. 1,8 V hervorruft.

Über R 3 gelangt diese Meßspannung

auf den nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 5) des als Pufferverstärker geschalteten IC 1 B. Am Ausgang steht dieselbe Spannung, jedoch in gepuffert Form, an, die nun über den vergleichsweise niederohmigen Widerstand R 5 auf den Regler-Eingang (Pin 9) des IC 1 C gelangt.

Die weitere Funktionsweise läßt sich nun gut anhand eines konkreten Beispiels einer Regelabweichung erläutern:

Nehmen wir an, daß die Strahlleistung etwas gesunken ist. Daraufhin nimmt die Spannung über VR 1 ab und demzufolge auch am Ausgang (Pin 7) des IC 1 B und weiter über R 5 am Eingang (Pin 9) des IC 1 C. Da die Spannung am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 10) des IC 1 C konstant geblieben ist, strebt daraufhin der Ausgang (Pin 8) in Richtung positiverer Werte. Über R 7 wird Q 1 weiter durchgesteuert, so daß die Laserdiode einen höheren Strom erhält und die Strahlleistung wieder auf ihren ursprünglichen Sollwert ansteigt - der Regelkreislauf ist geschlossen und stabil.

Da bedingt durch optoelektronische und kapazitive Einflüsse innerhalb des vorstehend beschriebenen Regelkreislaufes kleine Verzögerungen auftreten, ist ein zweiter Regelkreis aufgebaut, der den Stromfluß durch die Laserdiode als Eingangsgröße registriert und schnelle Änderungen dem ersten Regelkreis überlagert.

Hierzu wird der Strom in die Laserdiode, wie eingangs bereits beschrieben, mit Hilfe des Spannungsabfalls über R 13 ge-

messen und dem IC 1 A an Pin 3 zugeführt.

Dieser als nicht-invertierender Verstärker geschaltete OP besitzt eine Proportionalverstärkung von 24 dB (ca. 16fach) und steuert über R 8 ebenfalls den invertierenden (-)-Eingang (Pin 9) des I-Reglers IC 1 an. Aufgrund des vergleichsweise hochohmigen Widerstandswertes von R 8 ist der gleichspannungsmäßige Einfluß dieser Stromregelung nur gering. Durch den parallelliegenden Kondensator C 5 (vom Ausgang Pin 1 des IC 1 A zum Eingang Pin 9 des IC 1 C) werden jedoch Stromschwankungen mit einer entsprechenden Verstärkung nahezu verzögerungsfrei ausgeregelt. Auch hier soll nachfolgendes Beispiel die stabilisierende Wirkung dieses zweiten Regelkreises anschaulich darstellen:

Steigt der Strom durch den Längstransistor Q 1 an, wird die Spannung am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 3) des IC 1 A größer als am invertierenden Eingang. Daraufhin strebt der Ausgang (Pin 1) in Richtung positiver werdender Werte. Die kapazitive Kopplung auf den invertierenden (-)-Eingang (Pin 9) des IC 1 C bewirkt eine Reduzierung der Ausgangsspannung (Pin 8) des IC 1 C, woraufhin Q 1 weniger durchsteuert - der Stromfluß verringert sich, und der ursprüngliche Wert stellt sich wieder ein.

Damit im Einschaltmoment keine Überschwinger auftreten, wird die Referenzspannung am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 10) des IC 1 C nicht schlag-

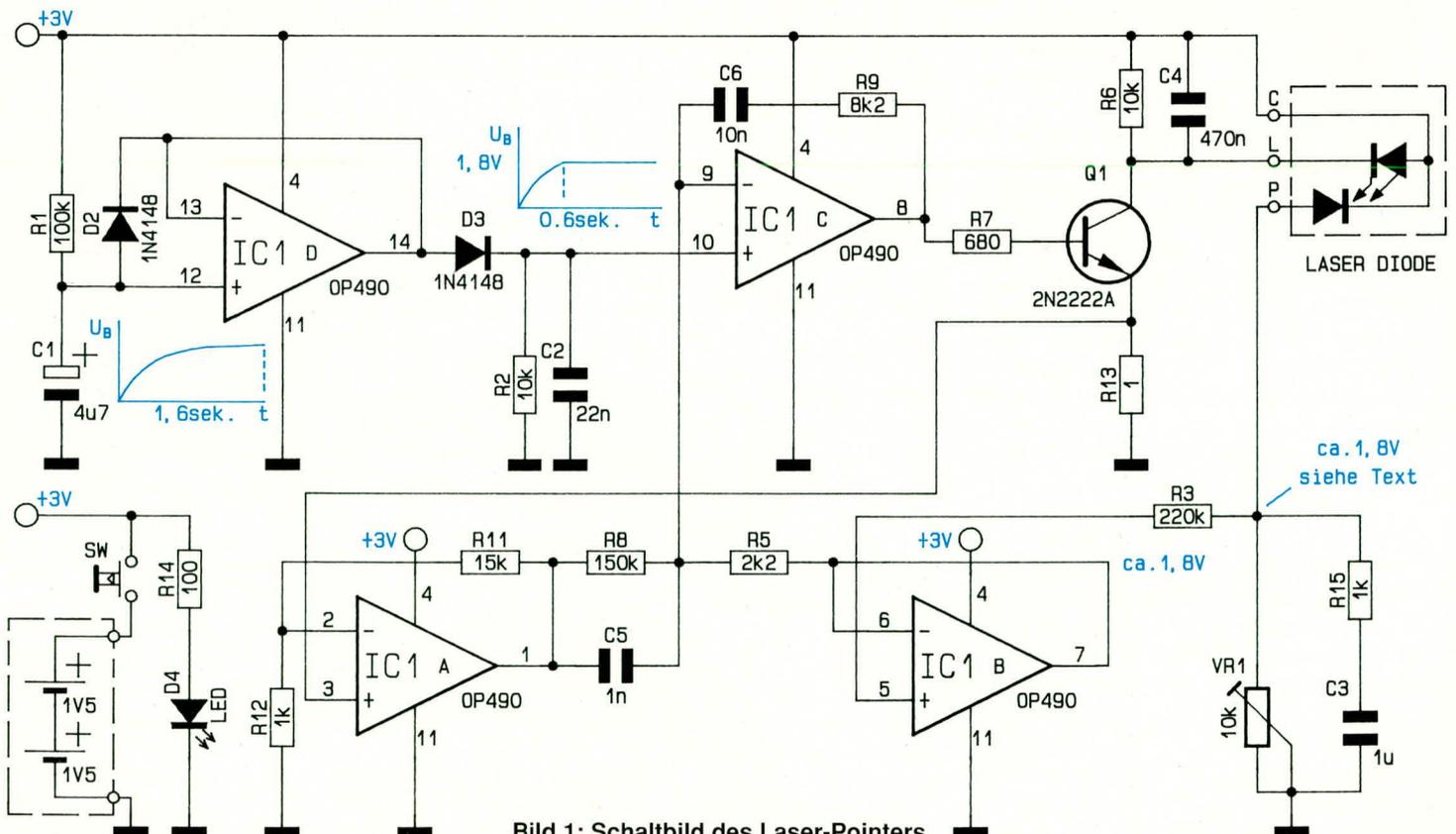


Bild 1: Schaltbild des Laser-Pointers

artig angelegt, sondern langsam hochgefahren.

Über den Vorwiderstand R 1 wird der Kondensator C 1 innerhalb von wenigen zehntel Sekunden aufgeladen. Mit Hilfe des Pufferverstärkers IC 1 Derscheint diese Ladefunktion auch am Ausgang (Pin 14), jedoch mit einem kleinen Unterschied: Sobald die Ausgangsspannung einen Wert erreicht, der ca. 0,6 V unterhalb der positiven Betriebsspannung liegt, wird dieser Wert nicht überschritten, auch wenn die Spannung an C 1 weiter ansteigt. Während der Ausschaltphase verhindert D 2 unkontrollierte Schwingungen.

Über die Diode D 3, die ihrerseits einen weiteren Spannungsabfall von 0,6 V bewirkt, gelangt die betreffende Ausgangsspannung auf den Lastwiderstand R 2. C 2 dient der Rausch- und Schwingneigungsunterdrückung.

Am nicht-invertierenden (+)-Eingang (Pin 10) des Operationsverstärkers IC 1 C steht dann eine Referenzspannung von ca. 1,8 V an, bezogen auf eine Betriebsspannung von 3,0 V. Mit Betätigen des Einschalttasters SW erscheint diese Spannung jedoch nicht schlagartig, sondern folgt ungefähr der Aufladekurve von C 1. Hierdurch wird ein „sanftes“ Anfahren der Laserdiode erreicht.

Nachfolgend soll noch auf eine Besonderheit zur Stabilisierung der Strahlleistung der Laserdiode eingegangen werden. Mit absinkender Batterie-Betriebsspannung nimmt der Strom durch die Fotodiode, die im Laserdiodengehäuse integriert ist, ab, bei gleichbleibender Laserdioden-Strahlleistung. Würde nun die Referenzspannung an Pin 10 des IC 1 C unabhängig von der Betriebsspannung stabil bleiben, hätte dies zur Folge, daß bei sinkender Batteriespannung die Laserdiode einen steigenden Strom für größere Ausgangsleistungen zugeführt bekommt. Zum Schutz ist es daher erforderlich, die Referenzspannung in ähnlicher Weise der Batteriespannung anzupassen, und zwar aus Sicherheitsgründen überproportional im Vergleich zur Stromreduzierung durch die Fotodiode. Es muß unbedingt sichergestellt werden, daß bei kleiner werdender Batteriespannung die Strahlleistung der Laserdiode nicht ansteigt, sondern leicht abfällt. Dies wird durch den internen Spannungsabfall des Pufferverstärkers IC 1 D sowie die nachgeschaltete Diode D 3 erreicht, d. h. der Spannungsabfall an R 2 sinkt überproportional mit der Reduzierung der Batteriespannung. Als Resultat ist die Strahlleistung der Laserdiode im Bereich einer Betriebsspannung von 2,5 V bis 3,5 V ungefähr konstant, mit einer leichten Abnahme in Richtung kleiner werdender Batteriespannung, wie dies aus Sicherheitsgründen unbedingt erforderlich ist.

Die Kontroll-LED D 4 wird über R 14 angesteuert und signalisiert die Laserfunktion.

Der Trimmer VR 1 wird später so eingestellt, daß die Laserdiode eine Strahlleistung von 0,95 mW abgibt. R 15/C 3 dienen der allgemeinen Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung.

Nachdem wir uns mit der Schaltung ausführlich befaßt haben, die wesentliche Schutzfunktionen für die Laserdiode enthält, kommen wir als nächstes zum Nachbau dieses technisch besonders interessanten Lasers.

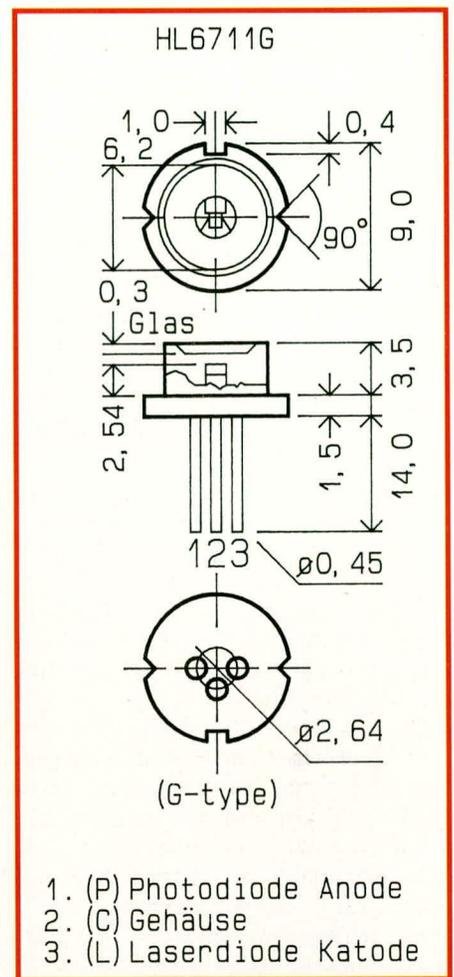
### Zum Nachbau

Damit der Laser-Pointer klein und handlich aufgebaut werden kann, ist die Schaltung in Miniaturtechnik ausgeführt. Auf den Einsatz von SMD-Bauteilen konnte verzichtet werden, d. h. der Aufbau ist in konventioneller Weise möglich, wobei allerdings überwiegend Bauelemente mit besonders kleiner Bauform Verwendung finden.

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die Widerstände, gefolgt von den Dioden und den Kondensatoren auf die Bestückungsseite der Leiterplatte gesetzt und auf der Platinenunterseite verlötet.

Der Widerstand R 15 wird stehend eingebaut und nur in der zur Platinenaußen-seite weisenden Bohrung verlötet. Gleiches gilt für den Kondensator C 3, bei dem auch nur ein Anschluß mit der Platine verbunden wird. Die jeweils zweiten Anschlüsse von R 15 und C 3 werden unabhängig von der Leiterplatte miteinander verlötet, wie dies auch aus der Abbildung hervorgeht (beide Bauteile liegen elektrisch gesehen in Reihe).

Die Leuchtdiode D 4 wird mit einem Abstand von 2 mm zur Leiterplattenoberseite eingesetzt und verlötet. Es folgt das Einsetzen von IC 1, dem Transistor Q 1 sowie dem Taster SW. Den vorläufigen Abschluß bildet das Einsetzen der beiden Batterie-Federkontakte.

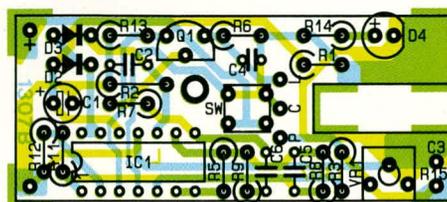


**Bild 4: Ansicht der Laserdiode mit Abmessungen und Anschlußbelegung**

Wenden wir uns nun der Montage des wichtigsten Bauteils, nämlich der Laserdiode zu.

In Abbildung 4 ist dieses interessante Bauteil im Detail dargestellt. Sehen wir von der Diodenrückseite (Anschlußbeinchen) auf die Laserdiode, so stellt der linke Anschluß die Anode der integrierten Fotodiode dar, während der rechte Anschluß die Verbindung zur Katode der Laserdiode bildet. Der mittlere, in diesem Falle etwas tiefer liegende Anschluß, ist mit dem Gehäuse leitend verbunden und wird später an die positive Betriebsspannung angeschlossen.

**Bild 2 (links oben): Ansicht der fertig bestückten Leiterplatte des Laser-Pointers**  
**Bild 3 (links unten): Bestückungsplan der Platine des Laser-Pointers**



Ausgehend von vorstehender Betrachtungsweise werden die 3 Anschlußbeinchen 7 mm vom Gehäuseaustritt entfernt in einem leichten 90°-Bogen nach oben gebogen (d. h. der mittlere Anschluß wird in Richtung der beiden übrigen Anschlüsse gebogen).

Als nächstes wenden wir uns der Montage der Laserdiode zu.

In Abbildung 5 sind die einzelnen Komponenten zur Laserstrahlerzeugung und Bündelung dargestellt. Ganz links im Bild ist die Laserdiode selbst mit den bereits vorgebogenen Anschlußbeinchen zu sehen. Daneben ist die zylinderförmige Optik angeordnet (oben), welche ein Außengewinde trägt und später in das Komponenten-Trägerrohr eingeschraubt wird (ganz rechts im Bild). Unter der Optik ist die Fixiermutter mit Außengewinde platziert, mit deren Hilfe die Laserdiode im Komponenten-Trägerrohr festgeschraubt wird.

Die Montage der einzelnen Elemente geschieht wie folgt:

Das ca. 29 mm lange Komponenten-Trägerrohr mit einem Außendurchmesser von 11 mm ist auf der einen Seite mit einem Feingewinde versehen, und zwar auf einer Länge von 6 mm. Hier wird die Laserdiode mit der Strahlaustrittsöffnung voran eingesetzt. Es folgt das Aufsetzen der Alu-Fixiermutter, wobei die Griffkerben nach außen weisen. Nun wird die Mutter vorsichtig unter Zuhilfenahme eines kleinen Schraubendrehers eingedreht und festgezogen, damit eine spätere Verdrehung der Laserdiode im Komponenten-Trägerrohr ausgeschlossen ist. Gegebenenfalls kann auch von hinten ein Tropfen Sekundenkleber die Anordnung zuverlässig sichern, wobei dann ein späterer Ausbau allerdings ausgeschlossen ist.

Die so vorbereitete Konstruktion wird nun an der entsprechenden Stelle gemäß Foto- und Bestückungsplan auf die Platine gesetzt, wobei die drei Anschlußbeinchen der Laserdiode in die zugehörigen Bohrungen ragen. Das Komponenten-Trägerrohr muß dabei direkt auf der Leiterplatte aufliegen, d. h. es ragt etwas in den entsprechenden Schlitz hinein. Nun wird die Laserdiode festgelötet.

Es folgt das Eindrehen der Spezialoptik in das 9 mm-Feingewinde auf der Frontseite des Komponenten-Trägerrohres. Dieses Gewinde besitzt eine Tiefe von ca. 20 mm, wobei die Spezialoptik zunächst ganz eingedreht wird, um sie anschließend eine Umdrehung zurückzuschrauben. Für einen leichten Schraubvorgang besitzt die Optik auf derjenigen Seite, die nach außen weist, am Rand zwei Schlitze, in die ein Schraubendreher sicher einfassen kann. Es ist dabei Vorsicht geboten, damit ein zu schmaler Schraubendreher nicht versehentlich in die Öffnung der Optik rutscht und diese verkratzt.

Falls nötig kann die Optik mit einem feinen trockenen Baumwolltuch vorsichtig geputzt werden.

Bis auf den Gehäuseeinbau sind damit alle wesentlichen Arbeiten soweit abgeschlossen, und wir wenden uns dem Abgleich und der Focussierung zu.

### Inbetriebnahme

Sind alle für den Aufbau erforderlichen Arbeiten soweit abgeschlossen und nochmals überprüft, kann die Schaltung in Betrieb genommen werden. Hierbei ist eine besonders sorgfältige Vorgehensweise erforderlich, damit durch Fehleinstellungen die filigrane Laserdiode keinen Schaden

nimmt. Die nachfolgenden Arbeitsschritte sind daher genau in der vorgegebenen Reihenfolge durchzuführen.

Zuerst wird der Einstelltrimmer VR 1 ganz an den Rechtsanschlag gebracht (im Uhrzeigersinn drehen).

Als nächstes folgt das Anschalten eines stabilisierten Gleichspannungs-Netzgerätes, dessen Ausgangsspannung genau auf 3,0 V einzustellen ist. Sofern das Gerät eine Strombegrenzung besitzt, sollte diese auf 150 mA eingestellt werden.

Durch Betätigen des Tasters SW wird der Diodenlaser aktiviert. In einigen Zentimetern Entfernung ist ein weißes Papier anzuordnen, um den Strahlauftrittspunkt auch bei schwacher Strahlleistung zu erkennen.

Mit dem Trimmer VR 1 wird jetzt die Strahlleistung auf 0,95 mW eingestellt. Am besten erfolgt dies mit Hilfe eines Laser-Leistungsmessers, dessen Skala auf eine Wellenlänge von 670 nm eingestellt ist. Der Trimmer VR 1 wird nun langsam vom rechten Endanschlag beginnend entgegen dem Uhrzeigersinn gedreht, bis die gemessene Strahlleistung genau 0,95 mW entspricht (bei einer Betriebsspannung von exakt 3,0 V). Die Stromaufnahme wird dabei genau kontrolliert und darf 120 mA nicht überschreiten.

Da entsprechende Strahlleistungsmesser speziell auch mit der angegebenen Wellenlänge nicht sehr verbreitet sind, haben wir eine Alternative erdacht, so daß mit einfachen Hilfsmitteln eine genaue Einstellung möglich ist. Hierzu wird zunächst die Kontroll-Leuchtdiode D 4 durch Auslöten einer Seite des Vorwiderstandes R 14 abgeklemt.

Nun wird, ausgehend vom Rechtsanschlag des Trimmers VR 1, bei gedrücktem Taster SW die Stromaufnahme der gesamten Schaltung gemessen und dabei VR 1 langsam entgegen dem Uhrzeigersinn soweit gedreht, bis die Stromaufnahme demjenigen Wert entspricht, der jeder von ELV vorselektierten Laserdiode beigefügt ist. Dieser im Bereich zwischen 50 mA und 100 mA liegende Wert entspricht dann der genauen Betriebs-Strahlleistung der Laserdiode von 0,95 mW. Die Stromaufnahme der elektronischen Ansteuerung ist dabei mitberücksichtigt, wobei dieser Anteil ohnehin nur sehr gering ist und darüber hinaus wenig streut.

Im Anschluß daran wird der Widerstand R 14 wieder eingelötet und die Strahlleistungseinstellung ist damit abgeschlossen.

Im folgenden Arbeitsschritt nehmen wir die Focussierung des Laserstrahls durch genaue Ausrichtung der Optik vor. Hierzu wird wiederum durch Betätigen des Tasters SW der Laserstrahl aktiviert und der Strahlauftrittspunkt in unterschiedlichen Entfernungen (0,1 m bis 10 m) kontrolliert.



**Bild 5: Komponenten zur Laserstrahlerzeugung und -Bündelung:**  
links: Laserdiode, mitte-oben: Bündelungsoptik, mitte-unten: Befestigungsmutter für Laserdiode, ganz rechts: Komponenten-Trägerrohr



**Bild 6: Betriebsfertiger Laser-Pointer (links). Rechts daneben ist die Innenseite dargestellt, bei abgenommenem Gehäuseoberteil.**

Durch vorsichtiges Ein- bzw. Herausdrehen der Optik aus dem Komponenten-Trägerrohr ist nun die optimale Einstellung zu suchen, bei welcher der Strahlauftreffpunkt in allen Entfernungen eine optimale Konturenschärfe und Gleichförmigkeit besitzt.

Die so ermittelte Einstellung ist anschließend zu fixieren, indem die Linse mit dem Komponenten-Trägerrohr verklebt wird. Hierzu befindet sich auf einer Seite des Komponenten-Trägerrohres eine kleine Bohrung, in die ein Tropfen Sekundenkleber zu geben ist.

## Der Gehäuseeinbau

Zunächst wird die Gehäuseoberhalb-schale, welche außen den Befestigungsclip trägt, vorbereitet. Die Halbschale liegt hierzu, mit der Innenseite nach oben, flach auf der Arbeitsunterlage, mit dem Batterie-fach nach rechts weisend.

Das untere hintere Batteriekontakt-paar wird in die dafür vorgesehe Nut eingedrückt, und zwar so, daß sich der Spiralfederkontakt oben befindet. Es folgt das Einsetzen der Tasterkappe von der Gehäuseinnenseite aus.

In die soweit vorbereitete Gehäusehalb-schale wird nun die betriebsfertige Leiterplatte eingesetzt. Die Kontroll-LED ragt dabei in die vorgesehene Aussparung, und der Einschalt-Taster wird in den zuvor eingesetzten Knopf geführt.

Für die beiden an der Leiterplatte ange-löteten Batteriekontakte steht in der Ge-häusehalbschale ebenfalls eine Nut zur Verfügung, in welche die Kontakte gemäß der Abbildung einzudrücken sind.

Die Fixierung der Leiterplatte erfolgt mit einer Knippingschraube, die nun von der Bestückungsseite aus einzudrehen ist.

Das Gehäuseunterteil wird aufgesetzt und ebenfalls mit einer Knippingschraube im Bereich der beiden Batteriekontakte festgezogen.

Nun sind noch die beiden 1,5 V-Micro-Batterien einzusetzen und das Batterie-fach mit dem zugehörigen Deckel zu verschließen. Den Abschluß bildet das Anbringen des Laser-Warnschildes außen am Befesti-gungsclip.

Damit steht dem Einsatz dieses hochin-teressanten und innovativen Laser-Poin-terers nichts mehr im Wege. **ELV**

## Stückliste: Laser - Pointer

### Widerstände

1Ω	.....	R 13
100Ω	.....	R 14
680Ω	.....	R 7
1kΩ	.....	R 12, R 15
2,2kΩ	.....	R 5
8,2kΩ	.....	R 9
10kΩ	.....	R 2, R 6
15kΩ	.....	R 11
100kΩ	.....	R 1
150kΩ	.....	R 8
220kΩ	.....	R 3
Miniatur-Trimmer, 10kΩ	.....	VR 1

### Kondensatoren

1nF	.....	C 5
10nF	.....	C 6
22nF	.....	C 2
470nF	.....	C 4
1µF	.....	C 3
4,7µF/16V	.....	C 1

### Halbleiter

OP490	.....	IC 1
2N2222A	.....	Q 1
1N4148	.....	D 2, D 3
LED, 3mm, rot	.....	D 4
HL6711G	.....	Laserdiode

### Sonstiges

Miniatur-Taster, 1 x ein	.....	SW
1 Spezialoptik, zylinderförmig		
1 Komponenten-Trägerrohr		
1 Fixiermutter mit Außengewinde		
1 Batteriekontakt, plus, print		
1 Batteriekontakt, minus, print		
1 Batterie-Verbindungskontakt		
2 Knippingschrauben, 2,1mm x 6,5mm		
1 Tastkappe		
1 Gehäuseoberteil		
1 Gehäuseunterteil		
1 Batterie-fachdeckel		
1 Aufkleber „Class 2 Laser“		