

# Laser-Lichtschanke LL 100 mit hoher Reichweite

**Für die Absicherung von Objekten im Innen- und Außenbereich, z. B. in Verbindung mit einer Alarmanlage, bieten sich Lichtschranken an, die häufig mit wenig Aufwand unauffällig installiert werden können. Die hier vorgestellte Laser-Lichtschanke kann Distanzen von 100 m und mehr überbrücken und ist somit zum Absichern von größeren Gebäuden und Grundstücken geeignet. Die Datenübertragung erfolgt mit einem digitalen 12-Bit-Sicherheitscode.**

## Allgemeines

Lichtschränken ermöglichen eine zuverlässige, unauffällige Absicherung von Objekten, und in Verbindung mit einer Alarmanlage ist bereits eine Alarmauslösung möglich, bevor der Eindringling den gesicherten Bereich betritt. Ein einziger Alarmsensor kann dabei ganze Gebäudefronten oder Grundstücksgrenzen zuverlässig überwachen.

Im Gegensatz zu vielen anderen Alarmsensoren, wie z. B. IR-Melder, ist bei Lichtschranken der Erfassungsbereich exakt einzugrenzen. Im Außenbereich sind somit Fehlalarme durch freilaufende Tiere relativ sicher zu vermeiden.

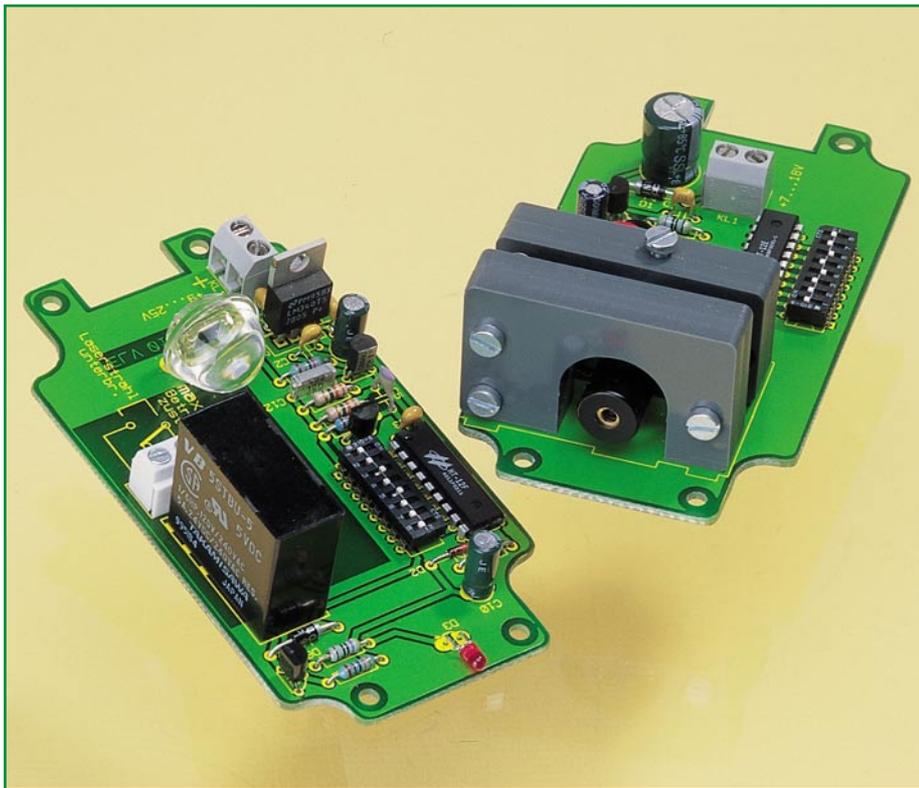
Im Vergleich zu konventionellen Alarmsensoren, wie Tür- und Fensterkontakten oder Glasbruchmelder, ist die Installation

von Lichtschranken meistens einfach. Die einzige Voraussetzung ist der freie „Sichtkontakt“ zwischen Sender und Empfänger.

Je nach dem welche Distanzen mit einer Lichtschranke überbrückt werden sollen, kommen verschiedene Techniken zum Einsatz. So werden für geringe Distanzen, wie z. B. Türdurchgänge, häufig Reflexions-Lichtschränken eingesetzt, und für Entfernungen bis 20 m sind Infrarot-Lichtschränken mit Sender und Empfänger eine kostengünstige Alternative.

Für hohe Reichweiten hingegen gibt es zum Laserlicht keine Alternativen. Die hier vorgestellte Lichtschranke arbeitet mit einem Dauerstrich-Diodenlaser, der mit sichtbarem Licht (rot) arbeitet. Ohne sichtbares Licht wäre ein Ausrichten des Laserstrahls bei den hohen Reichweiten nahezu unmöglich. Der Laserstrahl wird mit einem digitalen 12-Bit-Code, von denen 8 Bit

Technische Daten: Laser-Lichtschanke LL 100	
Reichweite:	..... bis 100 m
Wellenlänge:	..... 650 nm (rot)
Laser-Leistung:	..... < 1 mW
Übertragungsart:	..... pulsmoduliert
Sicherheitscode:	..... 12 Bit
Schutzart:	..... IP 65 (Sender und Empfänger)
Codeeinstellung:	..... 8 Bit über Dipschalter
Spannungsversorgung:	
Sender:	. 7 V bis 18 V (max. 40 mA)
Empfänger:	..... 9 V bis 25 V (max. 100 mA)
Schaltausgang Empfänger:	.. 42 V/5 A
Gehäuseabmessungen (ohne PG-Verschraubung):	
Sender:	..... 115 x 65 x 40 mm
Empfänger:	..... 115 x 65 x 40 mm



**Sender- und Empfängerplatine der Laser-Lichtschanke LL 100**

veränderbar sind, moduliert. Manipulationen sind somit nahezu unmöglich. Vom Empfänger wird ausschließlich Laserlicht mit dem richtigen Sicherheitscode akzeptiert.

Für die Außenmontage sind sowohl der Sender als auch der Empfänger im spritzwassergeschützten Kunststoffgehäuse unter-

gebracht, wobei eine ausgefeilte mechanische Konstruktion die Ausrichtung des Lasers innerhalb des Gehäuses erlaubt. Durch die Montage der beiden Gehäuse muss nur die grobe Ausrichtung sichergestellt werden. Zur Wand- und Deckenmontage kann auch eine optionale Spezialhalterung (Best.Nr.: 11-171-57) eingesetzt werden.

Der Empfänger ist so konstruiert, dass störendes Sonnenlicht nahezu keinen Einfluss auf die Empfindlichkeit hat.

Neben dem Einsatz in Alarmanlagen bieten sich im Bereich der Technik auch andere Anwendungen, wie z. B. Zählaufgaben, für diesen interessanten Sensor an. Sowohl die Sendeeinheit mit integriertem Code-Modulator und Laser als auch die Empfangseinheit sind mit einer unstabilierten Gleichspannung zu betreiben. Die Empfangseinheit verfügt über einen potentialfreien Relaisausgang, der wahlweise als Öffner oder Schließer zu nutzen ist.

### Schaltung des Laser-Senders

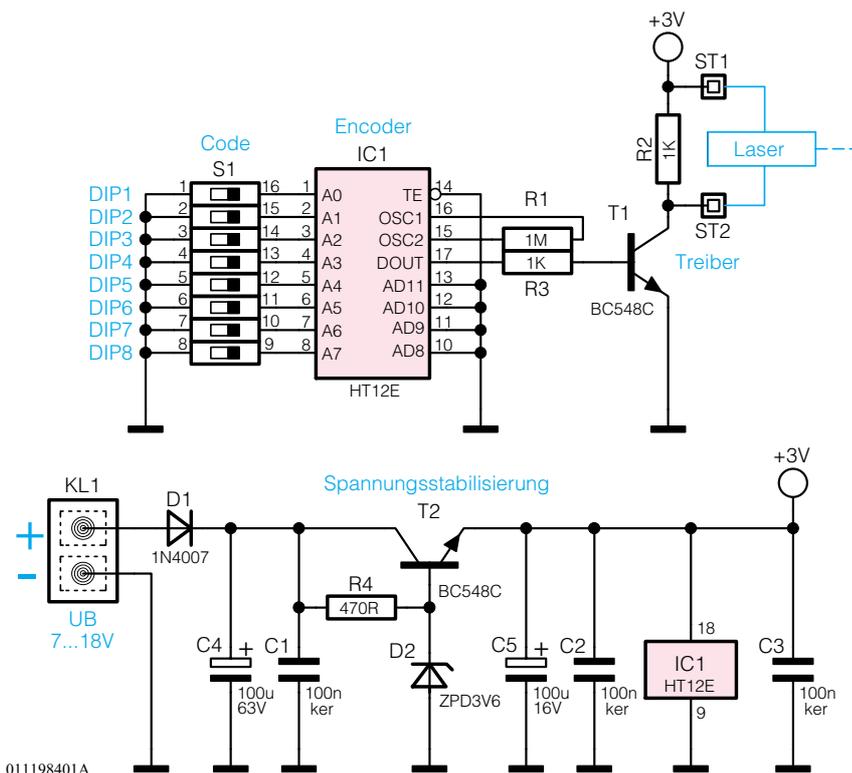
Abbildung 1 zeigt die mit wenig Aufwand realisierte Schaltung der Sendeeinheit der Laser-Lichtschanke. Die wesentlichen Komponenten der Sendeeinheit sind die Laserdiode mit integrierter Optik, die mechanischen Komponenten zum exakten Ausrichten des Diodenlasers, der Encoder zum Erzeugen des Sicherheitscodes und die Spannungsversorgung.

Zum Betrieb der Sendeeinheit wird eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 7 V und 18 V mit ca. 50 mA Strombelastbarkeit benötigt, die an die Schraubklemmleiste KL 1 anzuschließen ist. Über die Verpolungsschutzdiode D 1 gelangt die Betriebsspannung dann auf den Pufferelko C 4 und den Kollektor des als Längsregler arbeitenden Transistors T 2.

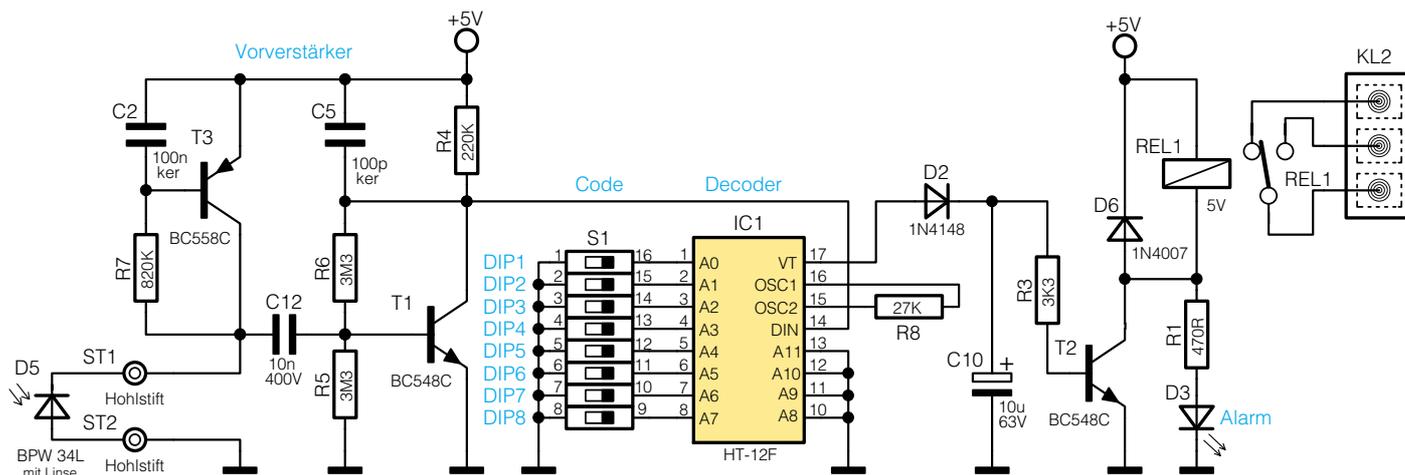
Die über R 4 mit Strom versorgte Z-Diode D 2 stabilisiert die Basisspannung des Transistors auf ca. 3,6 V, sodass am Emitter eine stabilisierte Spannung von ca. 3 V zum Betrieb der Laserdiode und des Encoders vom Typ HT 12 E zur Verfügung steht. C 5 puffert die stabilisierte Spannung, und die Keramik-Kondensatoren C 2 und C 3 verhindern HF-Störeinkopplungen auf die Schaltung.

Der für die Erzeugung des Sicherheitscodes zuständige Encoder-Baustein HT 12 E (IC 1) benötigt nahezu keine externe Beschaltung. Lediglich mit einem externen Widerstand, angeschlossen an Pin 15 und Pin 16 wird die Oszillatorfrequenz bestimmt. Damit am Datenausgang (Pin 17) der 12-Bit-Ausgangscodes ausgegeben wird, muss Pin 14 (TE) auf Low-Potential (Schaltungsmasse) liegen. Die ersten 8 Bit des Ausgangscodes sind mit Hilfe der DIP-Schalter DIP 1 bis DIP 8 individuell einstellbar, während die weiteren 4 Bit hardwaremäßig vorgegeben sind. Diese Eingänge liegen in unserer Schaltung ständig auf Low-Potential (Schaltungsmasse).

Da in der Schaltung Pin 14 (transmit enable) ständig auf Low-Potential liegt, wird die Übertragung des Ausgangscodes kontinuierlich wiederholt. Der an Pin 17 (data out) ausgegebene Sicherheitscode



**Bild 1: Schaltung der Sendeeinheit der Laser-Lichtschanke**



011198301A

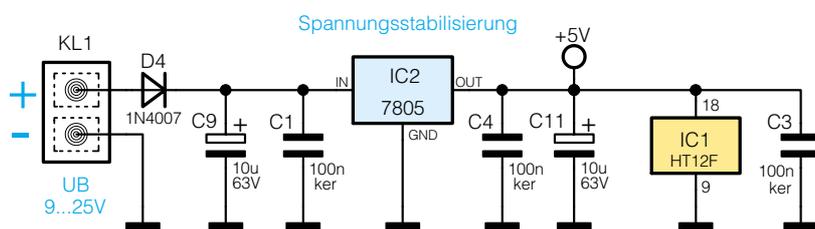


Bild 2: Schaltung des Laser-Empfängers der Laser-Lichtschranke

steuert nun den Transistor T 1 im Rhythmus der Dateninformation durch. Die im Kollektorkreis liegende Laserdiode wird somit mit den einzelnen Bits des Ausgangscodes ein- und ausgeschaltet, d. h. moduliert. Der Widerstand R 2 sorgt für einen schnellen Spannungsanstieg an ST 2 in der Sperrphase des Transistors.

### Schaltung des Laser-Empfängers

Die ebenfalls recht einfache Schaltung des Laser-Empfängers ist in Abbildung 2 dargestellt. Zur Spannungsversorgung kann eine unstabilierte Gleichspannung zwischen 9 V und 25 V dienen, die an der Schraub-Klemmleiste KL 1 der Schaltung zugeführt wird. Die Dauer-Strombelastbarkeit des Netzteils muss mindestens 100 mA betragen. Über die Verpolungs-Schutzdiode gelangt die unstabilierte Betriebsspannung auf den Pufferelko C 9 und den Eingang des Spannungsreglers IC 2. Ausgangsseitig liefert der Festspannungsregler dann eine stabilisierte Gleichspannung von 5 V zur Versorgung der elektronischen Komponenten.

Während C 11 zur allgemeinen Stabilisierung und zur Schwingneigungsunterdrückung am Ausgang des Reglers dient, verhindern C 1, C 3 und C 4 hochfrequente Störeinflüsse.

Die eigentliche Empfangsschaltung für die optischen Signale von der Laser-Diode wurde mit der Foto-Diode BPW 34 L und

den beiden mit T 1 und T 3 aufgebauten Transistorstufen realisiert.

Die erste, mit T 3, C 2 und R 7 aufbau-

### Stückliste: Lichtschranke LL 100S/Sender

#### Widerstände:

470Ω	.....	R4
1kΩ	.....	R2, R3
1MΩ	.....	R1

#### Kondensator:

100nF/ker	.....	C1-C3
100µF/16V	.....	C5
100µF/35V	.....	C4

#### Halbleiter:

HT12E	.....	IC1
BC548C	.....	T1, T2
1N4007	.....	D1
ZPD3,6V/0,4W	.....	D2

#### Sonstiges:

Lötstift mit Lötöse	.....	ST1, ST2
Mini-DIP-Schalter, 8-polig	.....	S1
Schraubklemme, 2-polig	.....	KL1
1 Laser, >1mW, 650 nm		
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5mm		
1 PG7-Verschraubung		
1 Laser-Justiereinheit, komplett		
1 Industrie-Aufputz-Gehäuse IP65, Typ G203, bearbeitet und bedruckt		
1 Plexiglasscheibe, rot, bearbeitet		

### Stückliste: Lichtschranke LL 100E/Empfänger

#### Widerstände:

470Ω	.....	R1
3,3kΩ	.....	R3
27kΩ	.....	R8
220kΩ	.....	R4
820kΩ	.....	R7
3,3MΩ	.....	R5, R6

#### Kondensatoren:

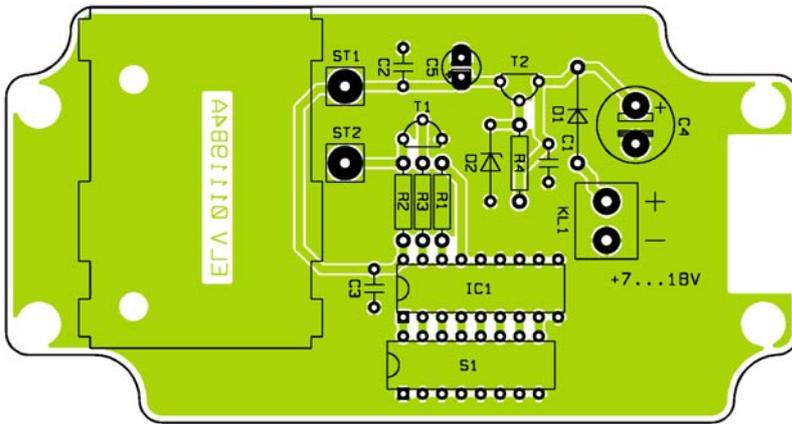
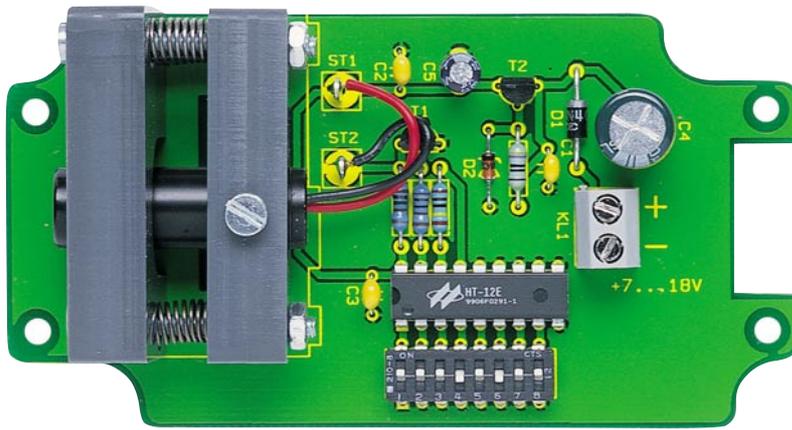
100pF/ker	.....	C5
10nF	.....	C12
100nF/ker	.....	C1-C4
10µF/40V	.....	C9-C11

#### Halbleiter:

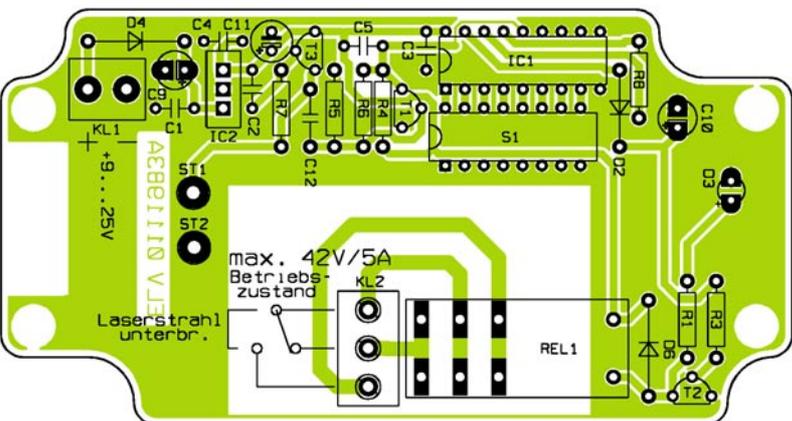
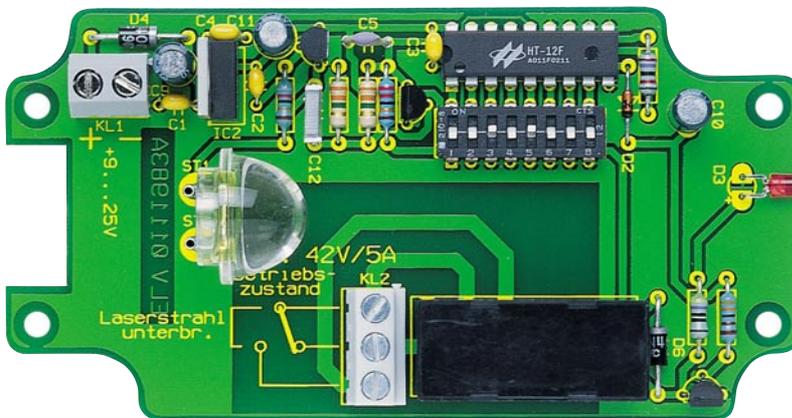
HT12F	.....	IC1
7805	.....	IC2
BC548C	.....	T1, T2
BC558C	.....	T3
1N4148	.....	D2
1N4007	.....	D4, D6
LED, 3 mm, rot	.....	D3
BPW34L	.....	D5

#### Sonstiges:

Mini-DIP-Schalter, 8-polig	.....	S1
Schraubklemme, 2-polig	.....	KL1
Schraubklemme, 3-polig	.....	KL2
Leistungsrelais, 5 V, 2 x um	.....	REL1
Lötstifte,		
1,3 mm, 20 mm lang	.....	ST1-ST2
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 5mm		
1 PG7-Verschraubung		
1 Industrie-Aufputz-Gehäuse IP65, Typ G203, bearbeitet und bedruckt		
1 Plexiglasscheibe, rot, bearbeitet		



**Ansicht der fertig bestückten Platine des Laser-Senders mit zugehörigem Bestückungsplan**



**Ansicht der fertig bestückten Platine des Laser-Empfängers mit zugehörigem Bestückungsplan**

te Stufe dient dabei zur Arbeitspunktregelung für die Fotodiode D 5. Umgebungshelligkeitsschwankungen, die von der Fotodiode ebenfalls detektiert werden, regelt die Schaltung automatisch aus, wodurch eine maximale Empfindlichkeit nahezu unabhängig von der Umgebungshelligkeit erreicht wird. Wichtig ist dabei der Kondensator C 2, der dafür sorgt, dass die Regelung schnellen Änderungen (in unserem Fall das Nutzsignal) nicht folgen kann.

Die von der ersten Stufe kommenden Informationen werden mit C 12 gleichspannungsmäßig entkoppelt auf die Basis der mit T 1 aufgebauten Verstärkerstufe gekoppelt. Die Widerstände R 5 und R 6 bestimmen den Arbeitspunkt dieser Stufe. Ausgekoppelt werden die Daten letztendlich am Kollektor von T 1 und auf den Dateneingang des Decoder-Bausteins vom Typ HT 12 F (IC 1) gegeben.

Der Decoder kommt ebenfalls mit einem einzigen Widerstand an den Oszillatorpins (Pin 15, Pin 16) an externer Beschaltung aus.

Die seriell empfangenen Informationen werden nun mit der am Decoder über die DIP-Schalter eingestellte Adresse verglichen. Nur wenn beide 12-Bit-Informationen exakt übereinstimmen, wechselt der Ausgang VT (Pin 17) von Low nach High. Wie beim Encoder sind auch beim Decoder die ersten 8 Bit der Adresse variabel und somit individuell einstellbar, während A 8 bis A 11 fest „verdrahtet“ sind.

Der Decoder führt einen kontinuierlichen Codevergleich durch. So lange der VT-Ausgang „High-Pegel“ führt, wird der Transistor T 2 über die Diode D 2 und den Widerstand R 3 durchgesteuert. Im Kollektorkreis dieses Transistors befindet sich nun das potentialfreie Ausgangsrelais, dessen Kontakte wahlweise als Öffner oder Schließer zu nutzen sind.

Sobald die Laserstrecke, z. B. durch eine Person unterbrochen wird, fällt das Relais ab und es kommt zur Alarmauslösung. Ebenfalls kommt es bei einem Spannungsausfall, z. B. durch Sabotage, sofort zur Alarmauslösung. Die über R 1 mit Spannung versorgte Leuchtdiode D 3 dient zur Alarmanzeige.

## Nachbau

Der praktische Aufbau dieses aus zwei voneinander unabhängigen Komponenten bestehenden Alarmsensors ist dank einer ausgereiften mechanischen Konstruktion innerhalb kurzer Zeit zu bewerkstelligen. Sowohl beim Sender als auch beim Empfänger sind nur wenige Komponenten zu bestücken. Bei der Leiterplattenbestückung halten wir uns genau an die Stücklisten und die Bestückungspläne. Des Weiteren wird die Bestückung der Platinen durch einen Bestückungsaufdruck auf den Leiterplatten erheblich erleichtert.

## Nachbau des Laser-Empfängers

Wir beginnen nun den praktischen Aufbau mit der Empfängerplatine, wo zuerst sieben Widerstände entsprechend des Bestückungsplanes einzulöten sind. Die Drahtanschlüsse werden auf Rastermaß abgewinkelt, von der Platinenoberseite durch die zugehörigen Bohrungen geführt und an der Lötseite leicht angewinkelt.

Das gleiche gilt auch für die 3 Dioden, wobei jedoch zusätzlich die korrekte Polarität zu beachten ist. Grundsätzlich ist bei den Dioden die Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring am Gehäuse gekennzeichnet.

Nun ist die Platine vorsichtig umzudrehen, auf eine ebene Unterlage zu legen und alle Anschlüsse in einem Arbeitsgang zu verlöten. Die überstehenden Drahtenden werden, wie auch bei den danach zu bestückenden Bauteilen, direkt oberhalb der Lötstellen abgeschnitten (Vorsicht! Die Lötstellen selbst darf dabei nicht beschädigt werden).

Im Anschluss hieran werden die Keramik- und Folienkondensatoren mit möglichst kurzen Anschlussbeinchen eingelötet.

Bei den am Minuspol gekennzeichneten Elektrolytkondensatoren ist auf jeden Fall die korrekte Polarität zu beachten.

Die Anschlussbeinchen der Kleinsignal-Transistoren sind ebenfalls vor dem Festlöten so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen.

Viel Lötzinn ist zum Festsetzen der beiden Schraub-Klemmleisten und des Leistungs-Relais zu verwenden.

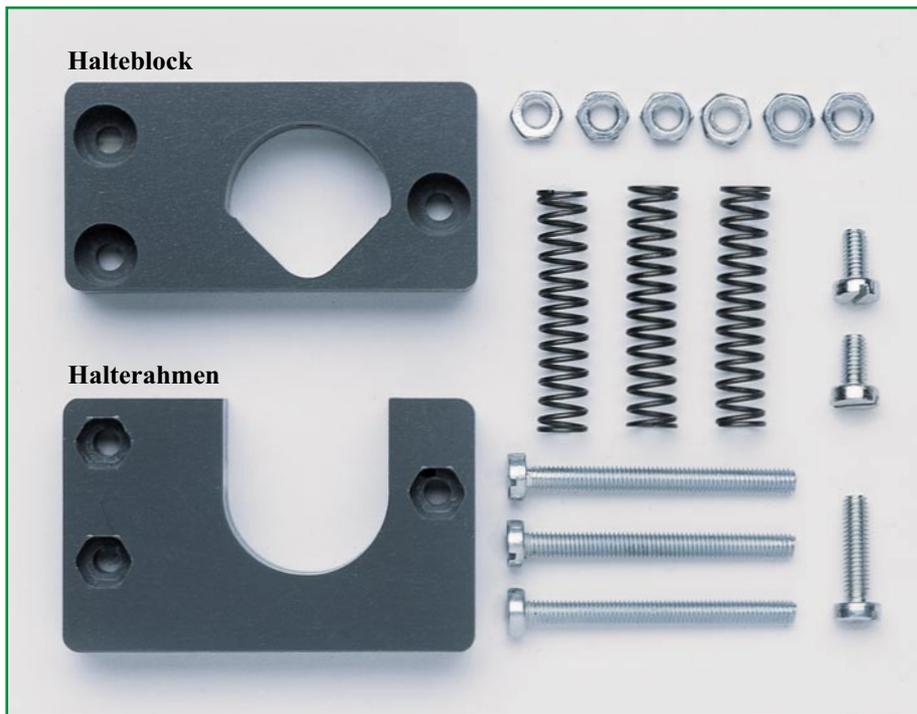
Beim Einbau der integrierten Schaltung des Typs HT 12 F ist unbedingt darauf zu achten, dass die Gehäusekerbe des Bauelements mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmt, und beim 8fach-DIP-Schalter ist eine zu große Hitzeeinwirkung auf das Bauteil zu vermeiden.

Danach wird der Festspannungsregler des Typs 7805 (IC 2) in stehender Position eingelötet.

Die Anschlüsse der Leuchtdiode sind ca. 3 mm hinter dem Gehäuseaustritt polaritätsrichtig abzuwinkeln (das längere Anschlussbeinchen kennzeichnet die Anode), durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen und zu verlöten, sodass die LED plan auf der Platinenoberfläche aufliegt.

Zuletzt bleibt dann nur noch, die in einer Sammelleine untergebrachte Fotodiode des Typs BPW 34 L einzubauen. Wie auf dem Platinenfoto zu sehen, werden 2 Lötstifte in die Platine gelötet und daran mit richtiger Polarität die Fotodiode. Die Katodenseite ist am Gehäuse gekennzeichnet.

Nach einer optischen Überprüfung hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern und dem Einstellen des gewünschten Übertra-



**Bild 3: Mechanische Komponenten der Laser-Justiereinheit**

gungscodes bleiben nur noch der Gehäuseeinbau und die Inbetriebnahme.

## Nachbau des Laser-Senders

Auch der Aufbau des Laser-Senders ist schnell und einfach durchzuführen. Die Bestückung der elektronischen Bauelemente wird entsprechend der Stückliste und des Bestückungsplans in der gleichen Weise durchgeführt wie beim Empfänger.

Zum Anschluss der Laser-Einheit sind zwei Lötstifte mit Lötöse in die Platine zu löten und mit Hilfe der DIP-Schalter ist der gleiche Code wie beim Empfänger einzustellen.

Kommen wir nun zur Montage der Laser-einheit, deren einzelne mechanische Komponenten in Abbildung 3 zu sehen sind. Die fertig montierte Einheit ist auf dem Platinenfoto gut zu erkennen. Zuerst sind die drei zugehörigen Schrauben M3 x 30 mm mit den zugehörigen Muttern stramm in den frontseitigen Halterahmen zu montieren. Auf jede Schraube kommt nun eine Feder und darauf der Halteblock für die Laser-Diode. Der Halteblock muss nun so montiert werden, dass die Federn in die zugehörigen Vertiefungen des Halterahmens und des Halteblocks ragen. Alsdann werden die Federn leicht gespannt und die M3-Einstellmuttern aufgeschraubt.

Im nächsten Arbeitsschritt ist die Laser-Diode einzusetzen und von oben mit einer Schraube M3 x 12 mm festzusetzen. Die komplett montierte Lasereinheit ist danach mit zwei Schrauben M3 x 6 mm auf die Leiterplatte zu befestigen und anzuschließen. Die rote Leitung wird dabei an den

Lötstift ST 1 und die schwarze Leitung an den Lötstift ST 2 angelötet.

## Gehäuseeinbau

Für die Elektronik stehen staub- und spritzwassergeschützte Gehäuse nach IP 65 zur Verfügung. Durch eine umlaufende Nut mit sorgfältig einzusetzender Neopren-Dichtung im Gehäusedeckel sind die Einbauten vor Umwelteinflüssen geschützt. Die Wandbefestigung kann ohne Einschränkung der Schutzklasse von der Frontseite erfolgen, da die Befestigungsbohrungen genau wie die Deckelverschraubungen außerhalb des durch die Neopren-Dichtung gesicherten Bereichs angeordnet sind.

Die Platinen werden jeweils mit 4 Schrauben M3 x 5 mm im Gehäuse festgesetzt, wobei sowohl die Laserdiode als auch die Fotodiode des Empfängers zur Plexiglas-Scheibe im vorderen Gehäusebereich auszurichten ist.

Die Kabelzuführung erfolgt in beiden Gehäusen durch spritzwassergeschützte Kabelverschraubungen.

Die Montage der Sende- und Empfangseinheit ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, wobei immer darauf geachtet werden sollte, dass möglichst wenig Sonnenlicht auf die Empfangsdiode fällt. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn der Empfänger in einer geringfügig höheren Position als der Sender montiert wird, d. h. die Lichtöffnung des Empfängers leicht nach unten geneigt ist. Nach der Installation können nun ganze Gebäudefronten oder Grundstücksgrenzen mit einem einzigen Sensor überwacht werden. 