

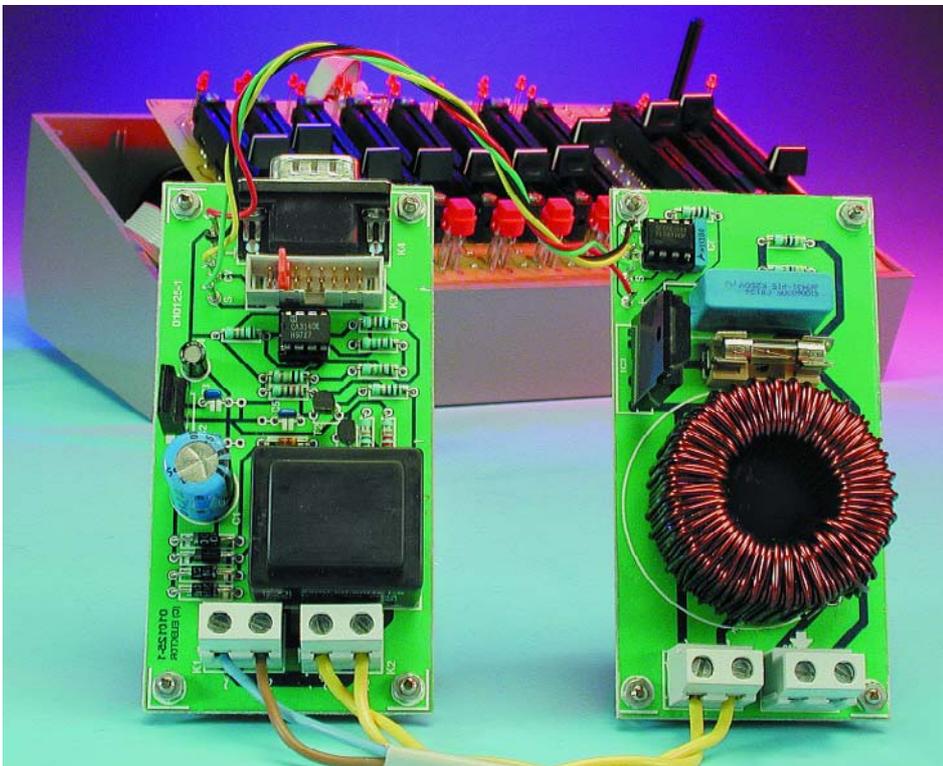
# 0...10-V-Dimmer

für das Licht-Mischpult

Entwurf: Luc Lemmens

Text: Sjef van Rooij

Diese Dimmer-Schaltung ist als Ergänzung zum Licht-Mischpult gedacht, das im Februar dieses Jahres beschrieben wurde. Zwar ist das Dimmen von Scheinwerfern und ähnlichen lichttechnischen Einrichtungen auch mit dem mikrocontroller-gesteuerten "DMX-Dimmer" möglich, der im Mai dieses Jahres folgte. Seine Schaltung wäre jedoch unverhältnismäßig kompliziert und aufwendig, wenn man lediglich einige einfache Dimmer-Module braucht.



Das 8-Kanal-Licht-Mischpult, das Elektor im Februar 2002 veröffentlichte, fand bei vielen Lesern reges (Nachbau-)Interesse. Zur Beliebtheit trugen sicher nicht zuletzt die universelle Verwendbarkeit und die vergleichs-

weise niedrigen Kosten bei. Am Schluss jenes Artikels wurde die Veröffentlichung eines einfachen, spannungsgesteuerten Dimmers angekündigt. Sie wird, wie aus

Leser-Reaktionen hervorgeht, bereits sehnlich erwartet. Zwar kann man solche für die standardisierte Steuerspannung 0...10 V geeigneten Dimmer auch gebrauchsfertig im einschlägigen Bühnentechnik-Fachhandel erstehen, doch der versierte Hobby-Elektroniker baut natürlich möglichst alles in eigener Regie. Das macht bedeutend mehr Spaß als der Kauf eines industriell gefertigten Produkts, und außerdem kann man durch den Selbstbau oft eine Menge Geld sparen.

Der in der Elektor-Ausgabe vom Mai 2002 beschriebene "DMX-Dimmer" erfüllt zwar viele Wünsche von Licht-Technikern und Beleuchtern, seine Eigenschaften sind jedoch auf semi-professionelle Anwendungen wie zum Beispiel das Steuern von digitalen DMX-Systemen zugeschnitten. Wo einige einfache, durch externe Spannungen steuerbare Dimmer-Schaltungen genügen, wären die Investitionen in den komplexen und aufwendigen "DMX-Dimmer" sicher etwas über das Ziel hinaus geschossen. Die hier vorgestellte Dimmer-Schaltung entspricht ebenfalls dem 0...10-V-Standard, sie ist für Lasten bis etwa 1000 W ausgelegt,

und darüber hinaus ist der Nachbau unkompliziert und kostengünstig.

## Sägezahn und Komparator

Als Dimm-Verfahren wurde die bekannte Phasenanschnitt-Steuerung gewählt, denn diese Methode ist unter den zur Auswahl stehenden Möglichkeiten die einfachste. Zum Schalten des Last-Kreises wird ein Opto-Triac eingesetzt. Der Opto-Triac sorgt gleichzeitig für die galvanische Trennung des Lastkreises von der Steuer-Schaltung, was aus Gründen der elektrischen Sicherheit notwendig ist. Gesteuert wird der Opto-Triac von einem als Komparator geschalteten Opamp. Der Komparator vergleicht die vom Licht-Mischpult kommende, im Bereich 0...10 V liegende Steuer-Spannung mit einer periodischen Dreieck-Spannung. Das Dreieck-Signal hat die Form eines "Sägezahns", der periodische Maximalwert dieses Signals beträgt 10 V. Durch Vergleichen der Steuer-Spannung mit dem Momentanwert des Sägezahn-Signals entsteht eine einfache Pulsweiten-Steuerung: Bei höheren Steuer-Spannungen ist die Spannung am Komparator-Ausgang länger "hoch" als bei niedrigen Steuer-Spannungen. Der Opto-Triac schaltet den angeschlossenen Scheinwerfer (verglichen mit der Periode der Netzspannung) länger ein, sodass der Scheinwerfer heller leuchtet. Da die Steuer-Spannung stetig einstellbar ist, lässt sich auch die Scheinwerfer-Helligkeit stetig ändern.

Außer dem Komparator in Gestalt eines Opamp wird noch eine Schaltung benötigt, die das Sägezahn-Signal liefert. Ein solches Signal zu erzeugen ist nicht allzu schwierig; das Verfahren wird im nächsten Absatz ausführlicher beschrieben. Der Sägezahn-Generator kann natürlich bei Bedarf auch mehrere parallel geschaltete Komparatoren steuern. Es lag daher nahe, die Dimmer-Schaltung auf zwei Teil-Schaltungen zu verteilen: Das Steuer-Modul besteht aus dem Sägezahn-Oszillator, einer einfachen stabilisierten Stromversorgung für die Opamps sowie einem Sub-D-Steckverbinder für die vom Licht-Mischpult gelieferten Steuer-Spannungen. Zum Dimmer-Modul gehören der Komparator,

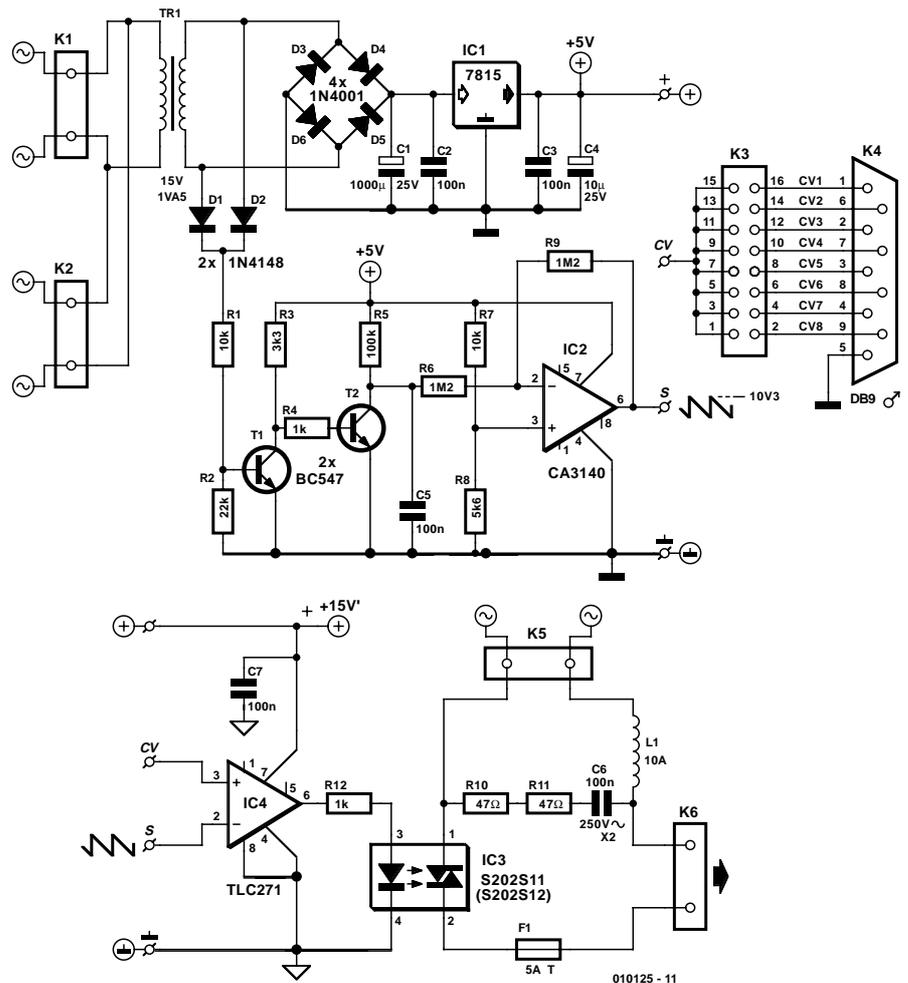


Bild 1. Die Schaltung besteht aus einem Steuer- und einem Dimmer-Modul. Das Licht-Mischpult wird an Sub-D-Buchse K4 angeschlossen.

der Opto-Triac und die für den Opto-Triac-Betrieb erforderliche Entstör-Drossel.

Für beide Teil-Schaltungen wurden eigene Platinen entworfen, sodass mehrere Dimmer-Module bequem mit dem gleichen Steuer-Modul verbunden werden können. Das ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Scheinwerfer beispielsweise auf der Bühne in Gruppen aufgestellt sind. Jedem Scheinwerfer wird ein eigenes Dimmer-Modul zugeordnet, das Steuer-Modul braucht jedoch nur einmal für jede Gruppe vorhanden zu sein.

### Steuer-Modul

In Bild 1 ist die Gesamt-Schaltung des spannungsgesteuerten Dimmers wiedergegeben; die Schaltung des Steuer-Moduls ist in der oberen Bild-Hälfte dargestellt.

Die Netzspannung wird mit einem der beiden parallel geschalteten Schraubklemm-Verbinders K1 oder K2 verbunden. Der freie Verbinders kann dazu verwendet werden, die Netzspannung nach K5 des Dimmer-Moduls (oder mehrerer Dimmer-Module) durchzuschleifen. Dabei muss allerdings unbedingt darauf geachtet werden, dass der maximal zulässige Strom der Schraubklemm-Verbinders (meistens 15 A) nicht überschritten wird. Im Zweifelsfall ist es sicherer, jedes Dimmer-Modul über eine eigene Leitung mit dem 230-V-Stromnetz zu verbinden.

Die 9-polige Sub-D-Steckerleiste K4 wird über ein Kabel mit der ebenfalls 9-poligen Sub-D-Buchsenleiste K2 des Licht-Mischpults verbunden (siehe Elektor 02/2002, S. 62 oben). An dieser Buchse liegen die Ausgänge der acht Licht-Mischpult-Kanäle an. Als Verbindungskabel eignet sich ein 9-poliges Flach- oder Rund-Kabel mit Sub-D-Stecker und -Kupplung, das Kabel braucht nicht abgeschirmt zu sein.

Die doppelreihige Stiftleiste K3 auf der Steu-

ermodul-Platine hat den Zweck, dass man bequem mit Hilfe eines Jumpers den gewünschten Kanal wählen kann. Die mit "CV" (Control Voltage) bezeichnete Spannung wird über die Steuer-Modul-Platine zu den ebenfalls mit "CV" bezeichneten Punkten auf den Dimmer-Modul-Platinen durchgeschleift. An Stiftleiste K3 können auch Steuer-Spannungen für andere Zwecke abgegriffen werden.

## Stückliste

### Widerstände:

- R1, R7 = 10 k
- R2 = 22 k
- R3 = 3k3
- R4, R12 = 1 k
- R5 = 100 k
- R6, R9 = 1M2
- R8 = 5k6
- R10, R11 = 47 Ω

### Kondensatoren:

- C1 = 1000 μ/25 V stehend
- C2, C3, C5, C7 = 100 n
- C4 = 10 μ/25 V stehend
- C6 = 100 n/250 V~, Klasse X2 (!)

### Induktivitäten:

- L1 = Dimmer-Entstördrossel 50...100 μH, 10 A

### Halbleiter:

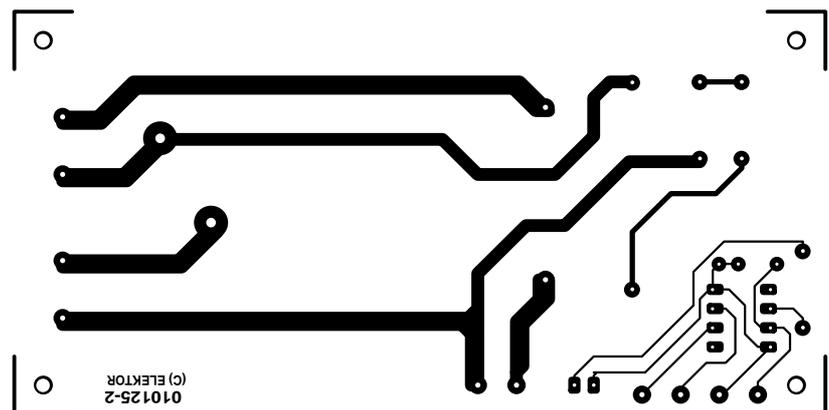
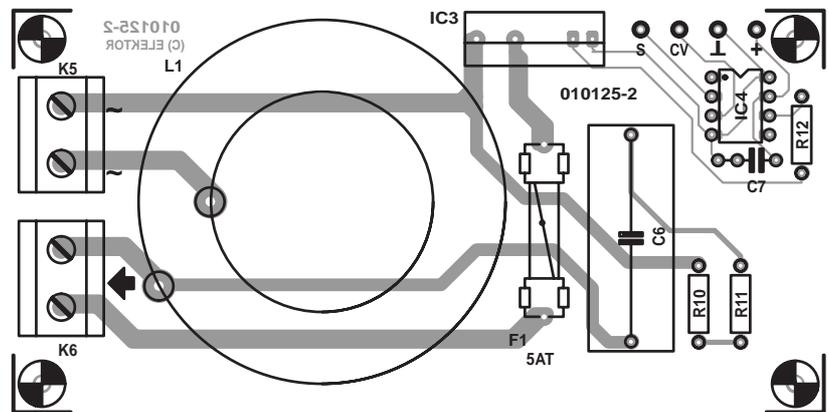
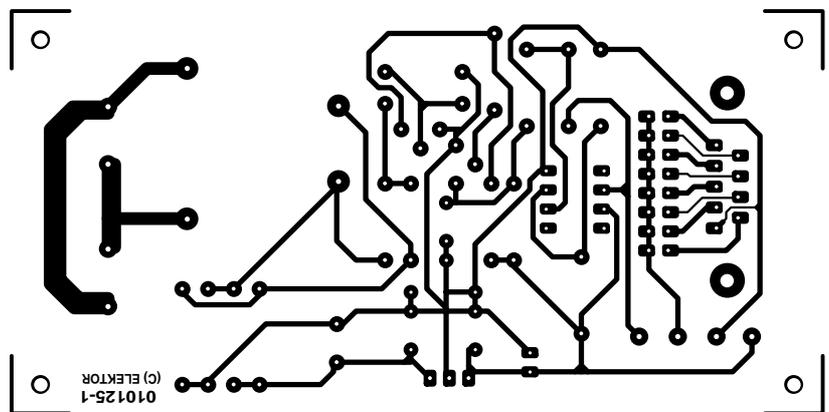
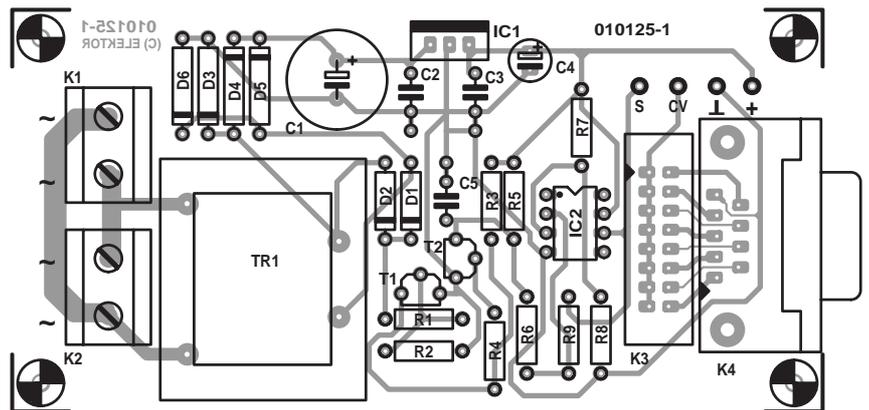
- D1, D2 = 1N4148
- D3...D6 = 1N4001
- T1, T2 = BC547
- IC1 = 7815
- IC2 = CA3140E
- IC3 = S202S11 oder S202S12
- IC4 = TLC271CP

### Außerdem:

- K1, K2, K5, K6 = 2-poliger Platinen-Schraubklemmverbinder, Raster 7,5 mm
- K3 = Stiftleiste zweireihig, 2 · 8 Kontakte
- K4 = 9-polige Sub-D-Steckerleiste, abgewinkelt für Platinenmontage
- TR1 = Netztrafo sek. 15 V/1,5 VA (z.B. Hahn BV EI 303 2033)
- F1 = Sicherung 5 A träge, mit Platinen-Sicherungshalter
- Platinen: EPS 010125-1 (Steuer-Modul), EPS 010125-2 (Dimmer-Modul)

Platinen und Layout-Downloads siehe Service-Seiten in der Heft-Mitte und Website [www.elektor.de](http://www.elektor.de)

Bild 2. Steuer- und Dimmer-Modul sind auf eigenen Platinen untergebracht. Ein Steuer-Modul kann mehrere Dimmer-Module steuern.



<b>ELEKTOR</b>		
230V ~	50Hz	
No. 010125		
F = 5A T		

Die Schaltung mit den Transistoren T1 und T2 arbeitet als Sägezahn-Generator. Mit D1, D2 und T1 werden zu Zeiten der Nulldurchgänge der Netz-Wechselspannung Impulse erzeugt, die über T2 den Kondensator C5 schnell entladen. C5 lädt sich immer dann über R5 auf, wenn T2 sperrt. Dadurch nimmt die Spannung an C5 einen sägezahn-förmigen Verlauf an. Die Sägezahn-Spannung wird von Opamp IC2 invertiert und so verstärkt, dass ihr maximaler Wert 10 V beträgt. Von Punkt "S" des Steuer-Moduls gelangt die Sägezahn-Spannung über eine Leitung zu den Punkten "S" der Dimmer-Module.

Auf der Steuer-Modul-Platine ist ferner eine einfache +15-V-Stromversorgung untergebracht. Sie besteht nach bewährtem Rezept aus einem Trafo (Tr1), einem Brücken-Gleichrichter (D3...D6), einem Sieb-Elko (C1) und einem integrierten Spannungsregler (IC1).

## Dimmer-Modul

Auf der Dimmer-Modul-Platine sind zwei Schraubklemm-Verbinder vorhanden: An K5 wird die Netzspannung angeschlossen, und der zu dimmende Verbraucher wird mit K6 verbunden.

Der als Komparator geschaltete Opamp IC4 vergleicht den Momentan-Wert der Sägezahn-Spannung (Schaltungspunkt "S") mit der am Licht-Mischpult eingestellten Steuer-Spannung (Schaltungspunkt "CV"). Der Wert des Sägezahn-Signals sinkt periodisch und zeit-linear vom maximalen Wert 10 V auf den minimalen Wert 0 V; danach springt das Signal auf seinen Anfangs-Wert 10 V zurück. Der Vergleich der beiden Spannungen hat zur Folge, dass der Komparator-Ausgang bei höheren Steuer-Spannungen länger auf hohe Spannung schaltet als bei niedrigen Steuer-Spannungen. Die LED in Opto-Triac IC3 leuchtet während

eines längeren Teils jeder Periode auf. Der Opto-Triac lässt folglich bei höheren Steuer-Spannungen während eines längeren Teils der Periode Strom durch den Verbraucher fließen als bei niedrigen Steuer-Spannungen. An einem angeschlossenen Scheinwerfer wird das daran sichtbar, dass der Scheinwerfer heller leuchtet.

Die Betriebsspannung +15 V gelangt vom Steuermodul über die Punkte "Masse" und "+" zum Dimmer-Modul. Wenn mehrere Dimmer-Module an das gleiche Steuer-Modul angeschlossen werden sollen, können die Steuer-Spannungen für die einzelnen Dimmer-Module unmittelbar an Stiftleiste K3 abgegriffen werden (Pin 2 = Kanal 8, Pin 4 = Kanal 7 usw.).

## Handwerkliches

Die Platinen-Layouts für das Steuer- und das Dimmer-Modul sind aus **Bild 2** ersichtlich. Obwohl auf der Steuer-Platine deutlich mehr Bauelemente untergebracht sind als auf der Dimmer-Platine, haben beide Platinen gleiche Abmessungen. Auf der Dimmer-Platine hat nämlich die 10-A-Triac-Entstördrossel L1 einen vergleichsweise recht hohen Platzbedarf.

Der Schaltungsaufbau auf den Platinen hat nur durchschnittlichen Schwierigkeitsgrad. Die Anzahl der Bauelemente bleibt im Rahmen, kritische Bauelemente sind nicht vorhanden. Trotzdem sollte man bei den Löt-Arbeiten erhöhte Sorgfalt walten lassen. Auf keinen Fall dürfen Lötzinn-Reste zu Kurzschlüssen zwischen Leiterbahnen oder Bauelemente-Anschlüssen führen. Erhöhte Sorgfalt ist auch deshalb geboten, weil beide (!) Platinen mit Netzspannung verbunden sind. Die elektrische Sicherheit darf hier, ebenso wie bei allen anderen unmittelbaren an Netzspannung liegenden Schaltungen, unter keinen Umständen vernachlässigt werden. Zum Thema "Sicherheit" erscheint in Elektor sporadisch eine Sicherheits-Seite (siehe z. B. Elektor 05/2002, S. 47), die man sehr sorgfältig lesen sollte. Allerdings genügt Lesen allein noch nicht, man muss auch danach handeln!

Aus Gründen der Sicherheit dürfen

Steuer- und Dimmer-Module nur in isolierende Kunststoff-Gehäuse eingebaut werden. Für den Netz-Anschluss kann man in der Gehäuse-Rückwand einen Einbau-Kaltgeräte-Stecker montieren, für den Anschluss des Verbrauchers ist eine gleichartige Kaltgeräte-Steckdose geeignet. Die Verbindungen zu den Platinen-Klemmen K1, K2, K5 und K6 müssen über Kabel oder Leitungen hergestellt werden, die für Netzspannung geeignet sind und einen Querschnitt von mindestens 1,5 mm<sup>2</sup> haben. Für die Verdrahtung zwischen den Punkten S, CV, +15 V und Masse genügt dagegen die übliche flexible Schalt-Litze.

Wenn im gleichen Gehäuse ein Steuermodul zusammen mit einem einzigen Dimmer-Modul untergebracht sind, wird der Licht-Mischpult-Kanal mit einem Jumper oder einer Drahtbrücke an Kontaktleiste K3 eingestellt; die Punkte "CV" beider Platinen werden dann miteinander verbunden. Sollen mehrere Dimmer-Module am gleichen Steuer-Modul betrieben werden, müssen die Punkte "CV" der Dimmer-Platinen einzeln mit den Kontakten von K3 verbunden werden. Das kann zum Beispiel über ein Stück Flachkabel geschehen, an dem ein geeigneter Stecker montiert ist.

Die einschlägigen Richtlinien für die Gestaltung von netzbetriebenen Geräten schreiben vor, dass auf dem Gehäuse ein Typenschild angebracht wird, aus dem die Betriebsspannung und die Daten der Sicherung hervorgehen. Ein Typenschild-Muster ist neben der Schaltung in Bild 1 zu finden.

## Ein Kilowatt maximal

Der hier verwendete Opto-Triac (IC3) kann zwar bis 8 A schalten, es ist jedoch sicherer, ein deutliches Stück unter dieser Obergrenze zu bleiben. Die Sicherung F1 ist deshalb für einen Verbraucher-Anschlusswert von 1000 W dimensioniert. Die Gefahr unzulässiger Erwärmung an den Platinen-Kontakten ist bei dieser Leistung minimal, und in der Praxis reichen 1000 W so gut wie immer aus. Opto-Triac IC3 braucht bei Leistungen bis 500 W nicht gekühlt zu werden. Oberhalb der 500-W-Marke wird die Montage auf einen kleinen Kühlkörper empfohlen. In jedem Fall sollten in das Gehäuse an geeigneten Stellen einige frei liegende Löcher eingelassen werden, durch die kühlende Luft zirkulieren kann. Gegen kurzzeitige Spitzen-Ströme oberhalb der 8-A-Grenze, wie sie beim Einschalten kalter Scheinwerfer-Lampen auftreten können, müssen keine Vorkehrungen getroffen werden. Die in der Stückliste angegebenen Opto-Triac-Typen S202S11 und S202S12 übertragen kurzzeitige Strom-Impulse bis etwa 80 A.

(010125)gd