

# 230-V-Einschaltstrombegrenzung

## 3680 VA

**Sichere Inbetriebnahme von Leistungsverbrauchern ohne Ansprechen der Netzsicherung im Einschaltmoment**

**Die Einschaltstrombegrenzung verhindert, dass bei Verbrauchern mit einem hohen Einschaltstrom, wie z. B. größere Motoren, Netzteile oder Verstärker mit einem sehr leistungsfähigen Netztransformator, die Haussicherung für den entsprechenden Leitungskreis anspricht. Dies geschieht dadurch, dass mittels eines NTC-Widerstandes der Einschalt- bzw. Anlaufstrom des angeschlossenen Verbrauchers während der Einschaltphase stark reduziert wird.**

### Gebremste Leistung

Wohl jeder hat im Haushalt, insbesondere in einem mit etwas älterer Elektroanlage, schon einmal den Effekt erlebt, dass beim Einschalten eines leistungsfähigen Elektrogerätes die Netzsicherung auslöst. Insbesondere Verbraucher mit großen Induktivitäten wie z. B. größere Motoren und

Technische Daten:	
Spannungsversorgung:	230 V <sub>AC</sub>
Stromaufnahme (Stand-by):	0,002 A
Schaltswelle/Relais:	20 VA
Schaltausgang:	16 A
Abm. (B x H x T):	59 x 39 x 134 mm

Leistungstrafos können Auslöser sein. Diese Verbraucher wirken im Einschaltmoment fast wie ein Kurzschluss, der folglich die zuständige Sicherung auslöst. Obwohl das Gerät z. B. „nur“ 8 A Stromaufnahme hat, übersteigt der Strombedarf im Einschaltmoment diesen Wert um ein Vielfaches, so dass die 16-A-Standard-Absicherung selbstverständlich ihrer angestammten Aufgabe gerecht wird und abschaltet. Für den normalen Betrieb ist sie völlig ausreichend dimensioniert, aber eben nicht intelligent genug, den kurzen Einschaltstromstoß zu „interpretieren“.

Unsere Einschaltstrombegrenzung verhindert dieses sehr wohl funktionsgerechte, aber in diesem Falle eher lästige Ansprechen der Netzsicherung, indem im Einschaltmoment eine Strombegrenzung durch einen speziellen, impulsfesten NTC-Serienwiderstand vorgenommen wird.

Nach dieser Phase unterscheidet das einfach zwischen Steckdose und Last zu schaltende Gerät zwei Zustände bzw. Bereiche, je nach der Höhe der Scheinleistung des angeschlossenen Verbrauchers:

1. Die Scheinleistung beträgt maximal 20 VA („Kleinverbraucher“): In diesem Fall reduziert sich der Serienwiderstand des NTC kontinuierlich, bis ein vom Nennstrom des Verbrauchers abhängiger, stationärer Wert erreicht ist. Der Verbraucher wird in diesem Fall ständig über den NTC-Widerstand betrieben.
2. Die Scheinleistung beträgt mehr als 20 VA: Nach einer Zeitspanne von 0,4 Sek. schaltet ein Relais den Verbraucher direkt ans Netz und überbrückt den NTC-Widerstand. Dabei spielt die Art des Verbrauchers keine Rolle, da der Strom durch einen rein ohmschen Widerstand begrenzt wird, lediglich die

Kontaktbelastbarkeit des Relais mit max. 16 A (3680 VA) ist zu beachten.

Wollen wir die Funktion der Einschaltstrombegrenzung ESB54 etwas näher betrachten.

### Wirkungsweise

Mit einem in Reihe zum Verbraucher geschalteten NTC wird im Einschaltmoment der Spitzenstrom begrenzt. Der NTC weist im kalten Zustand einen Widerstandswert von ca.  $33 \Omega$  auf. Je mehr Strom durch den NTC fließt, desto stärker erwärmt er sich, wobei sich sein Widerstandswert verringert. Um eine übermäßige Erwärmung bzw. eine Zerstörung bei großen Betriebsströmen zu vermeiden, wird dem NTC kurz nach dem Einschalten des Verbrauchers ein Relais parallelgeschaltet, über dessen Schaltkontakt dann der volle Laststrom fließt. Eine Steuerelektronik in der ESB54 erkennt, ob der Verbraucher ein- bzw. ausgeschaltet wird. Ab einer Last von ca. 20 Watt wird automatisch das Relais zugeschaltet, das dann den NTC entlastet. Sobald der Verbraucher ausgeschaltet wird, fällt auch das Relais wieder ab. Der NTC ist wieder auf Normaltemperatur abgekühlt und somit für den nächsten Einschaltvorgang bereit. Der momentane Schaltzustand des Relais wird durch eine LED am Gerät signalisiert.

### Schaltung

Das Schaltbild der Einschaltstrombegrenzung ist in Abbildung 1 dargestellt. Betrachten wir zunächst den 230-V-Zweig vom Netzstecker zur Steckdose des Gerätes. Über ST 3 gelangt die Netzspannung zunächst auf einen Shunt-Widerstand, der aus zwei parallel geschalteten Drahtwiderständen (R 3 und R 4) besteht. Über die nachgeschaltete Elektronik wird der Laststrom detektiert und entsprechend das Relais geschaltet. Hat das Relais noch nicht geschaltet, fließt der Laststrom über die Temperatursicherung SI 1 und den NTC-Widerstand NTC 1 zur Netz-Steckdose. Die Temperatursicherung ist thermisch mit dem NTC gekoppelt. Im Fehlerfall, d. h. wenn z. B. das Relais ausfällt oder die Steuerelektronik versagt, erwärmt sich der NTC sehr schnell und gleichzeitig auch die Temperatursicherung. Ist die Temperatur am NTC größer als  $105^\circ\text{C}$ , löst die Sicherung nach ca. 5 Sekunden aus und unterbricht den Stromkreis. Die Sicherung ist irreversibel, d. h. sie muss nach einem solchen Fehlerfall ausgetauscht werden. Allerdings dürfte ein solcher Fehlerfall wohl eher selten auftreten.

Die Spannungsversorgung für die Auswerte- und Steuerelektronik wird mit einem Schaltnetzteil gewonnen, dessen Hauptbestandteil der SMPS-Controller

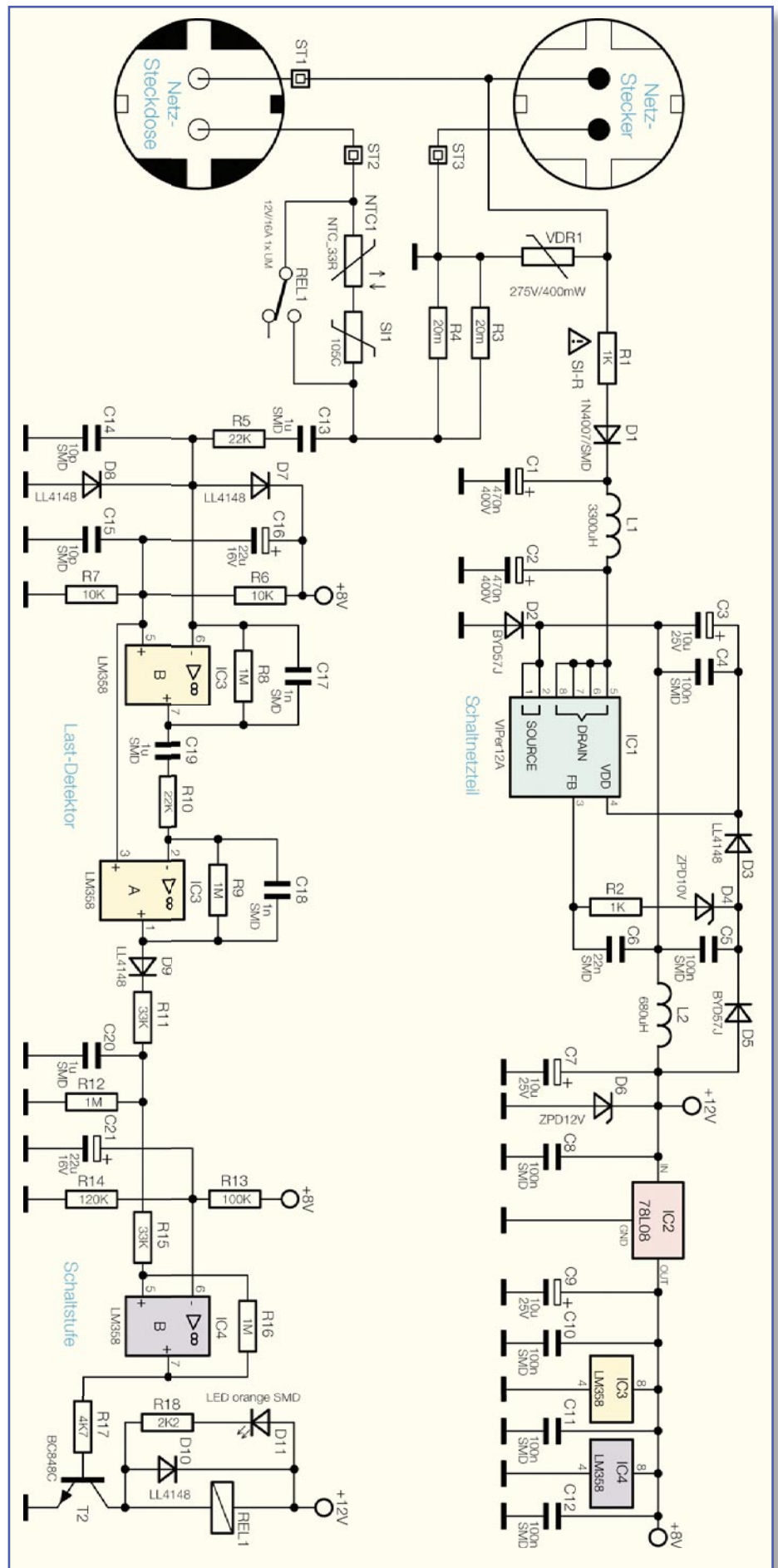
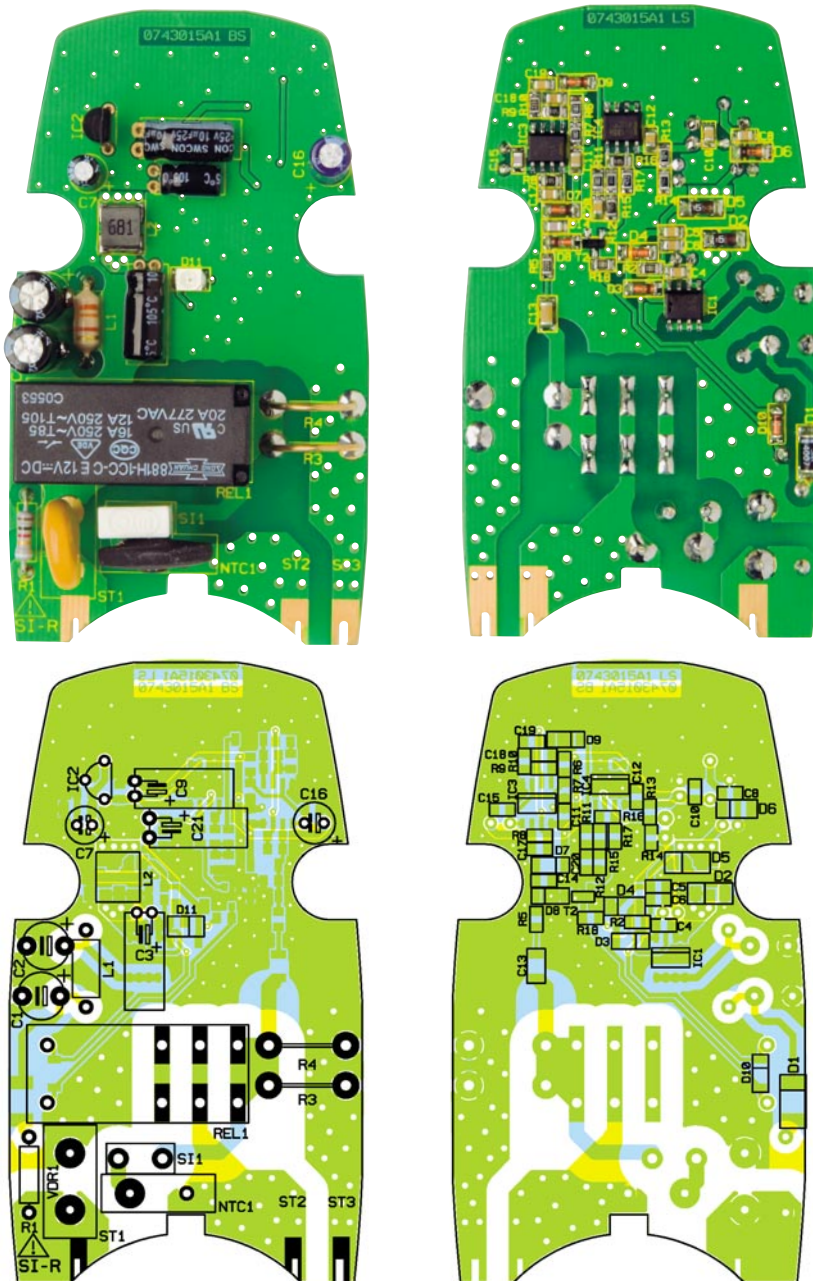


Bild 1: Schaltbild der Einschaltstrombegrenzung





Ansicht der fertig bestückten Platine der Einschaltstrombegrenzung mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite

(Switch Mode Power Supply) IC 1 ist. Die 230-V-Eingangsspannung gelangt über den Widerstand R 1, D 1 und L 1 auf den Drain-Anschluss von IC 1. Weitere wichtige Bestandteile dieses Step-down-Wandlers sind die Speicherspule L 2 und die Diode D 2. Im Prinzip arbeitet dieser Wandler wie jeder „normale“ Step-down-Wandler auch. Kurz gesagt wird der interne MOSFET von IC 1 so lange durchgeschaltet, bis sich am Kondensator C 7 eine Spannung von 12 V einstellt.

Der Schaltregler IC 1 arbeitet mit einer Taktfrequenz von ca. 60 kHz. Über den Feedback-Anschluss (Pin 3) von IC 1 wird die Ausgangsspannung gemessen, und das Puls-Pause-Verhältnis der Taktfrequenz des internen MOSFETs so nahege-

regelt, bis die Ausgangsspannung (12 V) konstant ist.

Der VDR 1 schützt den Schaltregler vor Überspannungsspitzen aus dem Netz. Die so gewonnene 12-V-Betriebsspannung wird für das Relais REL 1 benötigt. Die Auswerteelektronik benötigt eine stabile

### Stückliste: 230-V-Einschaltstrombegrenzung

#### Widerstände:

- 7 cm Manganindraht, 0,659 Ω/m..... R3, R4
- 1 kΩ/SMD/0805 ..... R2
- Sicherungswiderstand 1 kΩ, 0,5 W, 5 % ..... R1
- 2,2 kΩ/SMD/0805 ..... R18
- 4,7 kΩ/SMD/0805 ..... R17
- 10 kΩ/SMD/0805 ..... R6, R7
- 22 kΩ/SMD/0805 ..... R5, R10
- 33 kΩ/SMD/0805 ..... R11, R15
- 100 kΩ/SMD/0805 ..... R13
- 120 kΩ/SMD/0805 ..... R14
- 1 MΩ/SMD/0805 ..... R8, R9, R12, R16
- NTC, 33 Ω..... NTC1
- Varistor, 275 V, 400 mW ..... VDR1

#### Kondensatoren:

- 10 pF/SMD/0805 ..... C14, C15
- 1 nF/SMD/0805 ..... C17, C18
- 22 nF/SMD/0805 ..... C6
- 100 nF/SMD/0805 ..... C4, C5, C8, C10-C12
- 0,47 µF/400 V/105 °C ..... C1, C2
- 1 µF/SMD/0805 ..... C19, C20
- 1 µF/SMD/1206 ..... C13
- 10 µF/25 V/105° C ..... C3, C7, C9
- 22 µF/16 V ..... C16, C21

#### Halbleiter:

- VIPer12A/SMD ..... IC1
- 78L08 ..... IC2
- LM358/SMD ..... IC3, IC4
- BC84C ..... T2
- SM4007/SMD ..... D1
- BYD57J ..... D2, D5
- LL4148 ..... D3, D7-D10
- ZPD10 V/SMD ..... D4
- ZPD12 V/SMD ..... D6
- LED, Orange, SMD ..... D11

#### Sonstiges:

- Festinduktivität, 3300 µH ..... L1
- SMD-Induktivität, 680 µH/150 mA ..... L2
- Leistungsrelais, 12 V, 1 x um, 16 A ..... REL1
- Temperatursicherung S105 ..... SI1
- 1 Tube Wärmeleitpaste
- 1 Stecker-Steckdosen-Gehäuse OM54

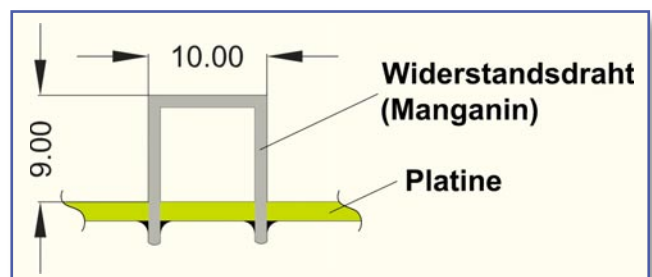
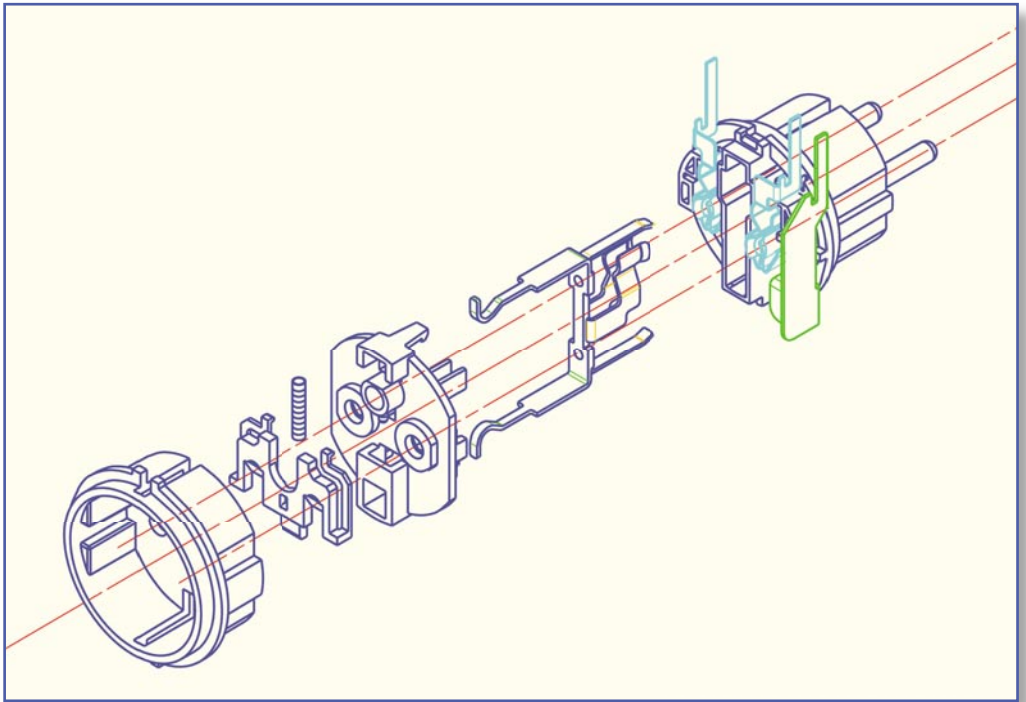


Bild 2: Shunt-Widerstände

**Bild 3:**  
**Zusammenbau des**  
**Steckdoseneinsatzes**



Spannung von 8 V, die mit dem Spannungsregler IC 2 stabilisiert wird.

Wie schon erwähnt, wird der Laststrom mit den beiden Shunt-Widerständen R 3 und R 4 gemessen. Die Wechselspannung über diesen Widerständen ist proportional zum fließenden Strom, jedoch relativ klein. Die Verstärkung erfolgt mit den beiden Operationsverstärkern IC 3 A und IC 3 B. Der Arbeitspunkt für die beiden Verstärkerstufen wird mit dem Spannungsteiler R 6 und R 7 auf 4 V festgelegt. Die beiden Dioden D 7 und D 8 schützen den OP-Eingang vor Spannungsspitzen. Da es sich um Wechselspannung handelt, sind die Koppelkondensatoren C 13 und C 19 notwendig. Der Verstärkungsfaktor jeder OP-Stufe beträgt 45,45, wodurch sich ein Gesamtverstärkungsfaktor von 2066 ( $45,45 \times 45,45$ ) ergibt.

Das verstärkte Wechselspannungssignal wird nun mit der Diode D 9 gleichgerichtet und mit C 20 gesiebt. Der nachfolgende Komparator IC 4 wertet diese Spannung aus und schaltet ab einer definierten Spannung den Ausgang auf High-Pegel, wodurch der Transistor T 2 das Relais REL 1 einschaltet. Dieses Relais überbrückt dann den im Lastzweig liegenden NTC-Widerstand. Wird der angeschlossene Verbraucher wieder ausgeschaltet, sinkt die Spannung über den beiden Shunt-Widerständen, und das Relais fällt wieder ab.

## Nachbau

Zum Nachbau ist folgender Sicherheitshinweis zu beachten:

### Achtung!

Aufgrund der im Gerät frei geführten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Außerdem ist bei allen Arbeiten am geöffneten Gerät, z. B. bei der Reparatur, ein Netz-Trenntransformator zu verwenden.

Die Bestückung der Platine erfolgt gemischt mit SMD- und bedrahteten Bauteilen. Die SMD-Bauteile sind schon vorbestückt, so dass hier lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig ist.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste, des Bestückungsdruckes und des Schaltbildes. Die Bauteile werden auf der Platinenunterseite verlötet, überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider gekürzt. Beim Bestücken der Elkos ist auf die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind auf dem Gehäuse am Minus-Pol gekennzeichnet. Nachdem der Spannungsregler IC 2, der Widerstand R 1 und Spule L 1 bestückt und verlötet sind, erfolgt die Bestückung der stromführenden Bauteile. Hierbei ist darauf zu achten, dass beim Verlöten ausreichend Lötzinn verwendet wird. Die beiden Shunt-Widerstände R 3 und R 4 werden aus Manganindraht hergestellt. Jeder Widerstand besteht aus einem 35 mm langen Stück Widerstandsdraht, der, wie in Abbildung 2 dargestellt, in die Platine einzusetzen ist. Auch hier gilt: beim Verlöten reichlich Lötzinn hinzugeben und die Lötstelle ausreichend lang erhitzen, bis das Lötzinn sauber verläuft.

Der NTC-Widerstand und die Temperatursicherung werden thermisch gekoppelt montiert. Hier werden beide Bauteile so eingebaut und verlötet, dass sie auf gleicher Höhe stehen und sich möglichst großflächig berühren. Zur besseren Wärmeübertragung wird zwischen beiden Bauteilen etwas Wärmeleitpaste aufgetragen. Zum Schluss wird das Relais bestückt und verlötet.

## Gehäuseeinbau und Endmontage

Zunächst wird die in Abbildung 3 dargestellte Steckereinheit zusammengesetzt. Als Nächstes ist die Basisplatine mit den drei Leitblechen der Steckereinheit zu verbinden. Die Leitbleche für die Kontakte ST 2 und ST 3 sind entsprechend auf die Länge der Lötfläche zu kürzen. Anschließend setzt man die Platine mit der Bestückungsseite nach oben auf die Leitbleche und schiebt diese so weit in Richtung Steckdoseneinsatz, dass die Leitbleche bis zum Anschlag in die dafür vorgesehenen Platinenschlitze eintauchen. Durch ein provisorisches Einsetzen dieser Einheit in die untere Gehäusehalbschale lässt sich der korrekte Sitz der Verbindung nochmals prüfen, bevor dann die Leitbleche mit ausreichend Lötzinn über die gesamte Länge (!) mit den zugehörigen Lötflächen verbunden werden.

Bevor man das Gehäuse zusammenbauen kann, ist in die Gehäuseoberschale die Lichtleiter-Taster-Kombination einzusetzen. Schließlich wird das Gehäuseoberteil auf das Unterteil aufgesetzt und man verschraubt beide Gehäuseteile mit den drei zugehörigen Gehäuseschrauben. Damit ist das Gerät einsatzbereit.

## Inbetriebnahme

Bei der Inbetriebnahme ist zu beachten, dass zunächst die Einschaltstrombegrenzung in eine Netzsteckdose zu stecken und danach erst die Last anzuschließen ist. Damit ist sichergestellt, dass die Einschaltoptimierung bereits komplett betriebsbereit ist, wenn der Verbraucher zugeschaltet wird.

ELV