

# Sicherer Tiefentladeschutz

## Bordnetzschutz BNS12

Der Bordnetzschutz BNS12 schützt 12-V-Akkus vor Tiefentladung und somit vor einer Zerstörung, wenn angeschlossene Verbraucher den Akku unkontrolliert entladen könnten. Durch Bordnetzstecker und Bordnetzkupplung ist der BNS12 einfach zwischenzuschalten, ohne dass ein Eingriff in die Bordnetz-Verkabelung erforderlich ist. Der maximal zulässige Laststrom des BNS12 beträgt 8 A, und die Abschalt-schwelle ist in 0,5-V-Schritten von 10,5 bis 12 V konfigurierbar.

### Infos zum Bausatz

im ELV Shop

#10215



### Infos zum Bausatz BNS12



**Schwierigkeitsgrad:**  
mittel



**Ungefähre Bauzeit:**  
1 h



**Verwendung SMD-Bauteile:**  
SMD-Teile sind bereits  
komplett bestückt



**Besondere Werkzeuge:**  
LötKolben



**Lötferahrung:**  
Ja



**Programmierkenntnisse:**  
Nein



**Elektrische Fachkraft:**  
Nein

### Schutz vor Tiefentladung

Häufig werden 12-V-Bordnetze, z. B. im Kfz-Bereich, auch zur Versorgung von externen Verbrauchern genutzt. Ein typisches Beispiel dafür ist die Verwendung einer Kühlbox im Auto. Bei abgeschaltetem Motor, d. h. ohne Ladung durch die Lichtmaschine, besteht dann die Gefahr einer Tiefentladung und evtl. sogar einer Zerstörung des Akkus, da viele Akkutypen (Blei-Akku, Lithium-Akku) keine Tiefentladung verkraften. Selbst wenn der Akku diese Belastung überleben sollte, ist es ärgerlich, wenn nicht mehr genügend Energie zum Starten des Motors zur Verfügung steht.

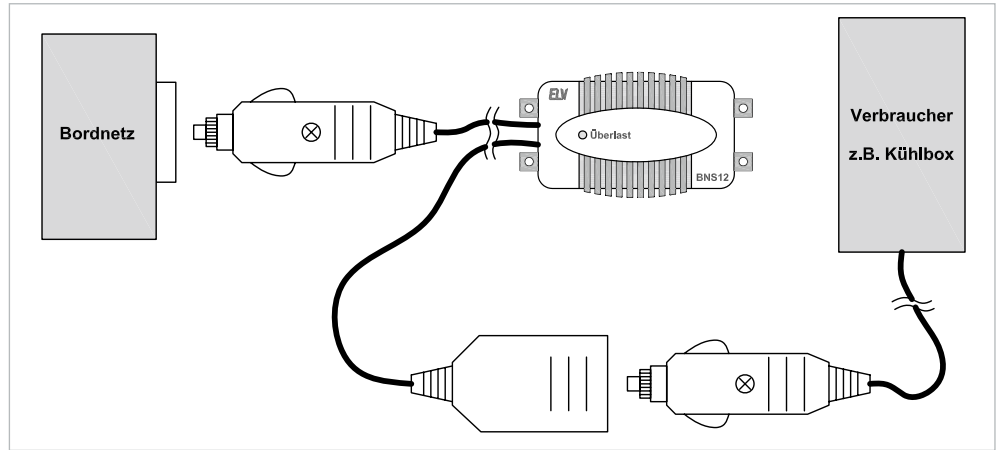
Der Einsatz des BNS12 ist im Kfz-Bereich durch den vorhandenen Bordnetzstecker und die Bordnetzkupplung besonders praktisch, aber natürlich kann das Gerät auch in andere Anwendungen mit einem 12-V-Akkusystem (z. B. 12-V-Solar-Systeme) eingesetzt werden.

Der BNS12 trennt bei Erreichen der konfigurierbaren Entladeschluss-Spannung die Verbindung zwischen Akku und Verbraucher (in unserem Beispiel die Kühlbox). Der Akku wird geschützt, und es bleibt noch genügend Energie zum Starten des Motors. Nach Wiederkehr der normalen Bordspannung oder bei einer Ladung im Solar-System wird der Verbraucher automatisch wieder zugeschaltet.

Blei-Akkus sollen möglichst immer im vollgeladenen Zustand gehalten werden und eine Entladung unter 1,75 V je Zelle ist zu vermeiden.



Bild 1: Der BNS12 ist einfach zwischen Bordnetz und Verbraucher zu schalten.



Die Abschaltswelle (Entladeschluss-Spannung) ist im Bereich von 10,5 bis 12 V in 0,5-V-Schritten konfigurierbar, und zum erneuten Zuschalten des Verbrauchers ist eine ausreichende Hysterese vorhanden (1,5–1,9 V). **Tabelle 1** zeigt die Zuordnung der Position des Kodiersteckers zur gewünschten Entladeschluss-Spannung.

Durch den Einsatz eines „Smart Highside-Power-Switch“ ist das Gerät völlig erschütterungsfest, die Eigenstromaufnahme ist im Vergleich zur Selbstentladung eines typischen Kfz-Akkus vernachlässigbar.

Die maximale Strombelastbarkeit des BNS12 beträgt 8 A und bei einem Kurzschluss erfolgt eine automatische Abschaltung des Verbrauchers. Des Weiteren wird der Überlastzustand mithilfe einer roten LED angezeigt. Eine Übertemperatur-Schutzschaltung sorgt für eine Abschaltung, bevor es zu einem Defekt des „Smart Highside-Power-Switch“ kommen kann.

Der BNS12 ist in einem sehr stabilen Gehäuse mit den Abmessungen 91 x 39,5 x 47 mm (B x H x T) untergebracht und hat 4 stabile seitliche Befestigungslaschen, die sowohl eine Schraubbefestigung ermöglichen als auch eine Kabelbinderbefestigung, z. B. direkt am Akku. Bei der Kabelbinderbefestigung verhindern zusätzliche Führungsstege das Abrutschen des Kabelbinders.

### Anschluss und Bedienung

Nach der internen Konfiguration der gewünschten Abschaltswelle ist keine weitere Bedienung erforderlich. Das Gerät ist einfach entsprechend **Bild 1** zwischen Bordnetz bzw. Akkusystem und Verbraucher zu schalten, und der Akku ist dann, wie bereits erwähnt, dauerhaft vor einer Tiefentladung durch den Verbraucher geschützt.

### Schaltung

Die komplette Schaltung des BNS12 ist in **Bild 2** zu sehen, wobei die vom Bordnetzstecker mit integrierter 8-A-Schmelzsicherung kommende Spannung der

Tabelle 1	Zuordnung der Entladeschluss-Spannung zur Kodierstecker-Position	
	Entladeschluss-Spannung	Verbindung an BU1
	10,5 V	Pin 7 + 8 verbunden
	11,0 V	Pin 5 + 6 verbunden
	11,5 V	Pin 3 + 4 verbunden
12,0 V	Pin 1 + 2 verbunden	

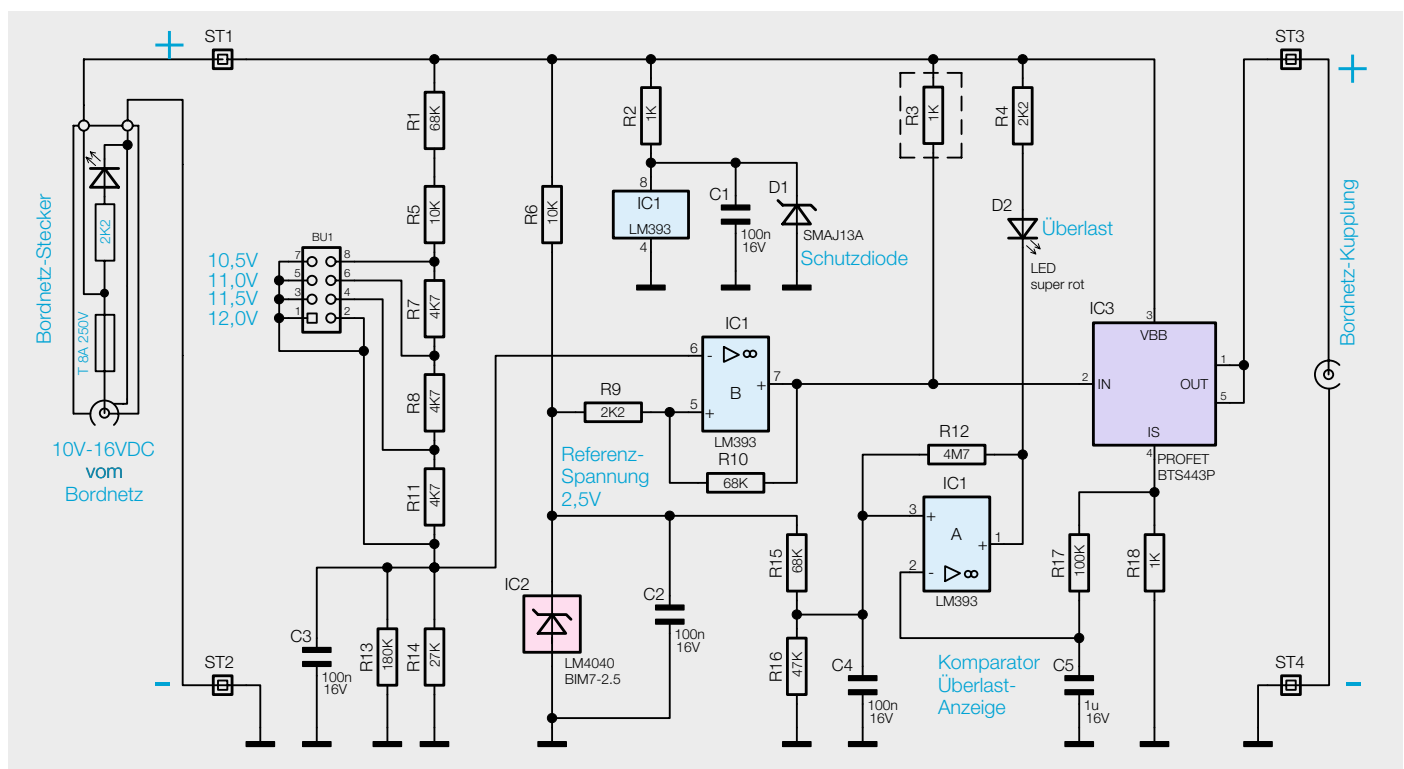


Bild 2: Komplette Schaltung des BNS12

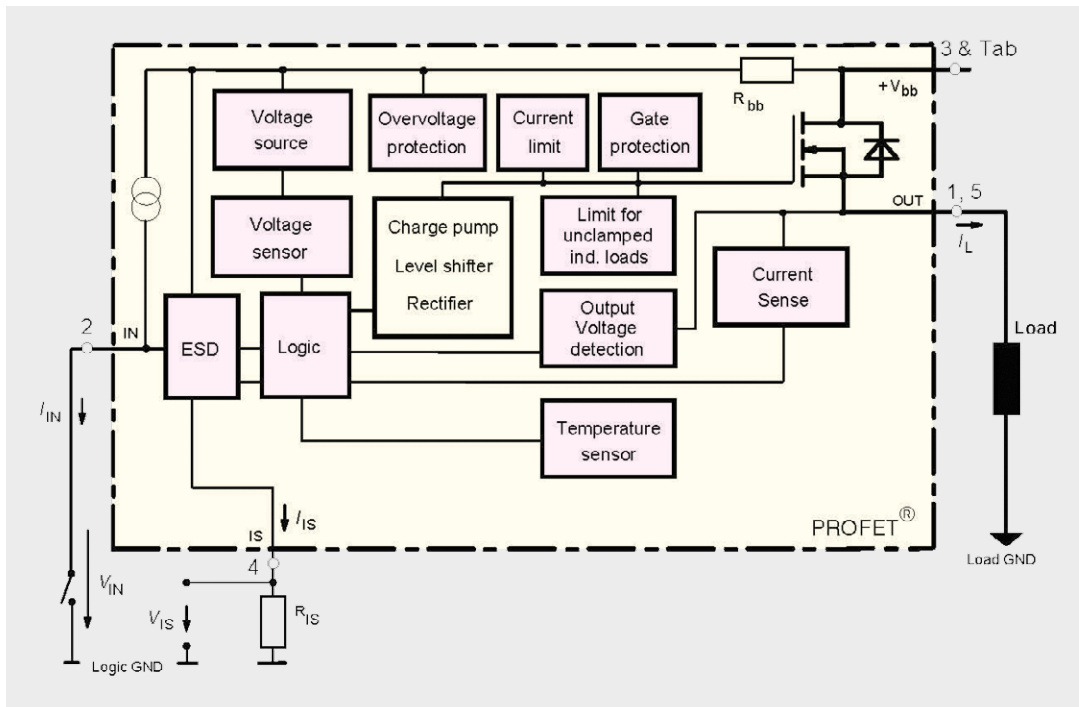


Bild 3: Interne Struktur des im BNS12 verwendeten „Smart Highside-Power-Switch“

Schaltung an ST1 gegen Schaltungsmasse (ST2) zugeführt wird. Im Bordnetzstecker ist zusätzlich eine rote Kontroll-LED mit Vorwiderstand integriert.

Als Schaltelement zum Zuschalten des Verbrauchers wird kein Leistungsrelais, sondern ein „Smart Highside-Power-Switch“ (IC3) verwendet. Dadurch ist der BNS12 vollkommen erschütterungsfrei, und auch bei eingeschaltetem Verbraucher ist der Eigenverbrauch extrem gering.

Beim „Smart Highside-Power-Switch“ handelt es sich um einen sehr komplexen Baustein mit jeder Menge Schutzfunktionen, dessen interne Struktur in Bild 3 zu sehen ist. Der Baustein wurde insbesondere für Automotive-Anwendungen konzipiert und verfügt über eine Übertemperatur-Schutzschaltung, eine interne Strombegrenzung, einen Überlast- und Kurzschluss-Schutz, einen Überspannungsschutz und einen besonders hohen ESD-Schutz. Obwohl es sich um einen „Highside-Switch“ handelt, kommt chipintern ein N-Kanal-MOSFET mit geringem „ $R_{DS(on)}$ “ (16 m $\Omega$ ) zum Einsatz. Die zur Ansteuerung erforderliche Spannung erzeugt eine integrierte Ladungspumpe.

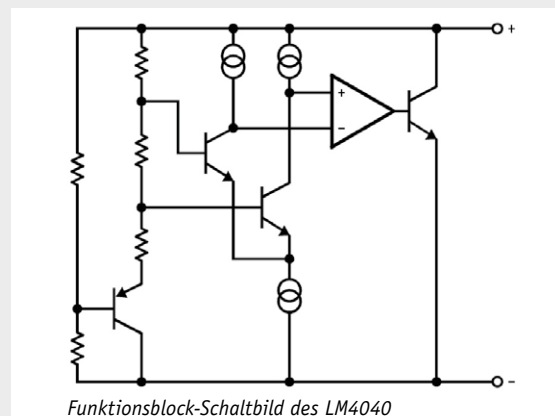
Zur Strommessung liefert Pin 4 einen zum Ausgangsstrom proportionalen Messstrom, der mithilfe eines Widerstands ( $R_{18}$ ) in eine proportionale Spannung umgesetzt wird. Diese Spannung gelangt über den mit  $R_{17}$ ,  $C_5$  aufgebauten Tiefpass auf den invertierenden Eingang des Komparators IC1A, der im Endeffekt die LED zur Überlast-Anzeige (D2) ansteuert. Die stromproportionale Spannung wird dabei mit einer über  $R_{15}$  und  $R_{16}$  von einer Spannungsreferenz (IC2) abgegriffenen Spannung verglichen. Sobald der Laststrom ca. 8,7 A überschreitet, wird der Ausgang von IC1A auf Low gezogen und die LED leuchtet. Erst wenn der Ausgangsstrom ca. 8,2 A unterschreitet, wird durch die mit  $R_{12}$  realisierte Hysterese die LED wieder deaktiviert.

Über die Spannungsteiler-Kette  $R_1$ ,  $R_5$ ,  $R_7$ ,  $R_8$ ,  $R_{11}$ ,  $R_{13}$  und  $R_{14}$  wird eine zur Akkuspannung proportionale Spannung abgegriffen, die mit einer auf BU1 gesteckten Kodierbrücke veränderbar ist. Mithilfe des Komparators IC1B wird die abgegriffene Spannung mit der von IC2 kommenden Referenzspannung verglichen. Solange die an Pin 6 anliegende Spannung höher ist als die Referenzspannung an Pin 5, zieht der Ausgang des Komparators Pin 2 des „Highside-Power-Switch“ (IC3) auf Massepotential und steuert diesen durch.

Wenn die Spannung an Pin 6 unterhalb der Referenzspannung absinkt, wird IC3 gesperrt.  $R_9$  und  $R_{10}$  sorgen in diesem Zusammenhang für eine ausreichende Hysterese.

### Präzisions-Spannungsreferenz LM4040

Im Schaltbild sieht IC2 wie eine simple Z-Diode aus, und von der grundsätzlichen Funktion und der Beschaltung ist dieses Bauteil auch wie eine Z-Diode zu betrachten. Bei IC2 handelt es sich aber um eine „Precision-Micropower-Shunt-Voltage-Reference“, die für eine sehr genaue Referenzspannung von 2,5 V sorgt und aufgrund der steilen Kennlinie mit einem Strom von 65  $\mu$ A bis 15 mA betrieben werden kann. Die Genauigkeit des Spannungsabfalls ist mit  $\pm 0,2\%$  spezifiziert, und die Temperaturdrift des LM4040 ist mit typisch  $\pm 15$  ppm/ $^{\circ}$ C angegeben. Das Funktionsblock-Diagramm verdeutlicht, dass es sich bei diesem von der Beschaltung einfachen, 2-poligen Bauteil um weit mehr als eine einfache Z-Diode handelt.



Funktionsblock-Schaltbild des LM4040

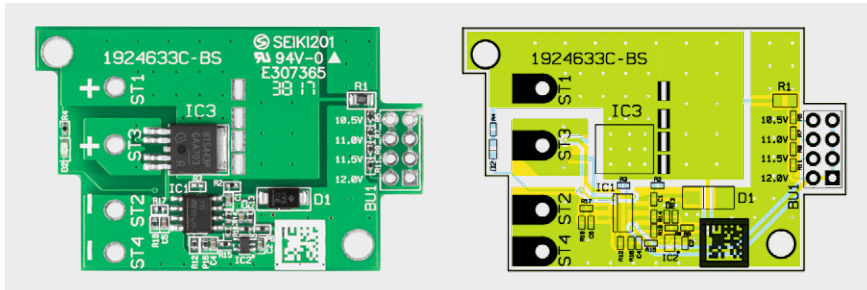


Bild 4: Platine im Auslieferungszustand mit Blick auf die Oberseite mit Bestückungsplan

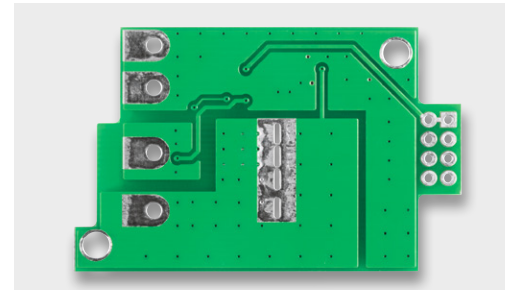


Bild 5: Platine im Auslieferungszustand mit Blick auf die Unterseite

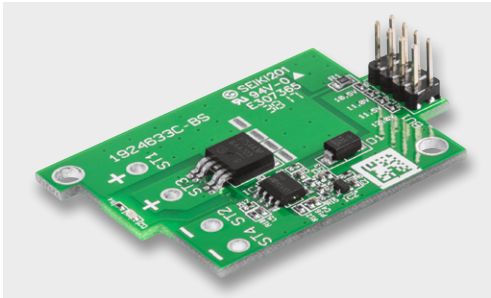


Bild 6: Platine mit eingelöteter 8-poliger Stiftleiste zur Aufnahme des Kodiersteckers

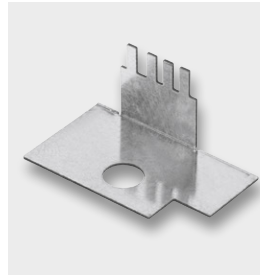


Bild 7: Abgewinkelter Kühlkörper des BNS12 zur Wärmeabfuhr

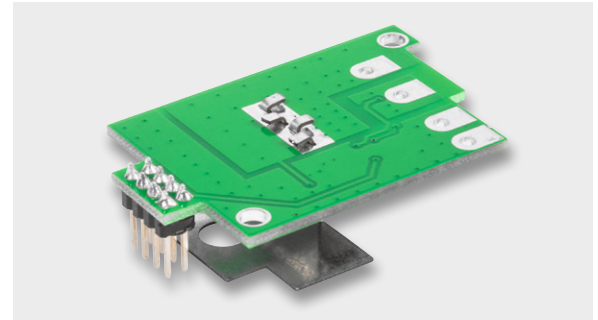


Bild 8: Umbiegen der Kühlkörperflanschen an der Platinenunterseite

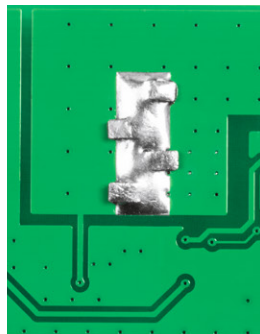


Bild 9: Verlöten des Kühlkörpers an der Platinenunterseite



Bild 10: Anschlusskabel mit Bordnetzstecker und Bordnetzkupplung



Bild 11: Die Anschlussleitungen sind durch die Zugentlastung des Gehäuses zu fädeln.

Betrachten wir nun die Spannungsversorgung des Komparators, die direkt aus dem Akku erfolgt. Über den Schutzwiderstand R2 gelangt die Akkuspannung auf den Versorgungspin des Komparators (Pin 8), und die Transil-Schutzdiode D1 schützt das IC gegebenenfalls vor Spannungsspitzen aus dem Kfz-Bordnetz. Die Kondensatoren C1 bis C3 dienen zur Störunterdrückung und allgemeinen Stabilisierung.

## Nachbau

Die Elektronik des BNS12 besteht aus einer Leiterplatte mit vorwiegend Miniatur-SMD-Komponenten für die Oberflächenmontage. Diese sind wie bei allen ELV Bausätzen bereits werkseitig vorbestückt, und die wenigen von Hand erforderlichen Lötarbeiten sind schnell erledigt. Die Leiterplatte im Auslieferungszustand ist in [Bild 4](#) von der Platinenoberseite mit zugehörigem Bestückungsplan zu sehen. An der Unterseite ([Bild 5](#)) werden keine Bauteile bestückt.

Die Bestückungsarbeiten beginnen mit der 8-poligen Stiftleiste BU1, die in die Platine einzusetzen und sorgfältig festzulöten ist ([Bild 6](#)).

Zur Wärmeabfuhr von IC3 ist ein abgewinkelter Kühlkörper ([Bild 7](#)) zu montieren. Die Befestigungslaschen des Kühlkörpers sind von oben durch die zugehörigen Platinenschlitze zu führen und dann entsprechend [Bild 8](#) an der Platinenunterseite umzubiegen. Danach werden die Befestigungslaschen entsprechend [Bild 9](#) unter Zugabe von ausreichend Lötzinn verlötet.

Das Kabel mit Bordnetzstecker und Bordnetzkupplung in [Bild 10](#) ist (vorzugsweise mittig) durchzuschneiden, und entsprechend [Bild 11](#) werden alle Leitungsenden von außen durch die Kabeldurchführung des Gehäuses gefädelt und zunächst von innen etwas weiter durchgezogen, damit die Kabelenden problemlos bearbeitet werden können und genügend Platz für den Anschluss an die Leiterplatte vorhanden ist.

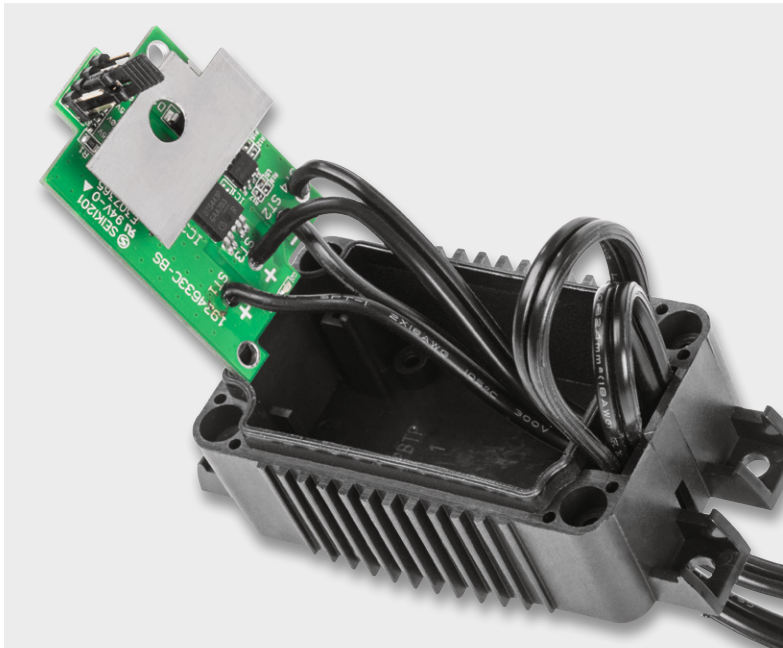


Bild 12: Die verdrehten und vorverzinnten Anschlussleitungen sind von oben durch die zugehörigen Platinenbohrungen zu führen.



Bild 13: Verlöten der Anschlussleitungen an der Platinenunterseite

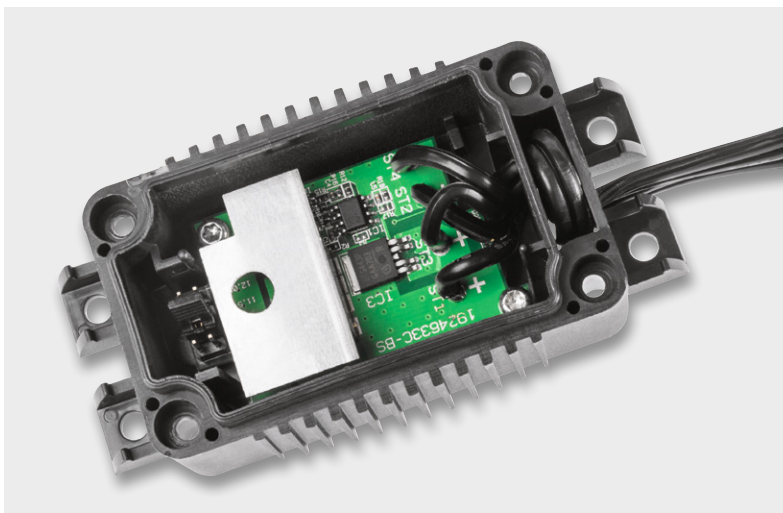


Bild 14: Einbau und Verschrauben der Platine im Gehäuseunterteil

Alle Leitungsenden werden auf 6 mm Länge abisoliert, verdreht und vorverzinnt.

Im nächsten Arbeitsschritt ist der vom Bordnetzstecker kommende Plus-Anschluss von der Platinenoberseite durch die Bohrung von ST1 und die zugehörige Minus-Leitung durch die Bohrung von ST2 zu stecken. In der gleichen Weise wird die zur Bordnetz-Kupplung führende Plus-Leitung durch die Bohrung von ST3 und die zugehörige Minus-Leitung durch die Bohrung von ST4 gesteckt (siehe Bild 12).

Nun sind die Leitungsenden umzubiegen und sorgfältig zu verlöten, wie in Bild 13 zu sehen. Nach dem Abschluss aller Lötarbeiten sind die Leitungen vorsichtig zurückzuziehen und die Platine nach korrekter Positionierung mit 2 Schrauben für Kunststoff (3 x 6 mm) festzusetzen (Bild 14).

Damit der Lichtleiter im Deckel korrekt über die Leuchtdiode D2 positioniert werden kann, sind die Leitungen im Bereich der LED entsprechend Bild 15 zur Seite zu drücken. Entsprechend der gewünschten Abschaltschwelle ist der Kodierstecker auf die 8-polige Stiftleiste (BU1) aufzusetzen.

In die dafür vorgesehene Führungsnut des Gehäusedeckels ist nun eine Gummidichtung einzusetzen (Bild 16).

Im letzten Arbeitsschritt bleibt nur noch das Aufsetzen und Verschrauben des Gehäusedeckels mit 4 Schrauben (3 x 10 mm).

Der fertig aufgebaute Bordnetzschutz BNS12 ist in Bild 17 zu sehen.

Wenn eine Befestigung des Gehäuses erfolgen soll, sind Zugbelastungen auf die Anschlussleitungen zu vermeiden. Die seitlichen Befestigungslaschen erlauben sowohl eine Schraubbefestigung als auch eine Befestigung mithilfe von Kabelbindern.

### Sicherungswechsel

Eine 8-A-Sicherung im Bordnetzstecker schützt das Bordnetz und den BNS12 bei einem Kurzschluss. Die Sicherung kann nach Beseitigung der Fehlerursache ausgetauscht werden. **ELV**

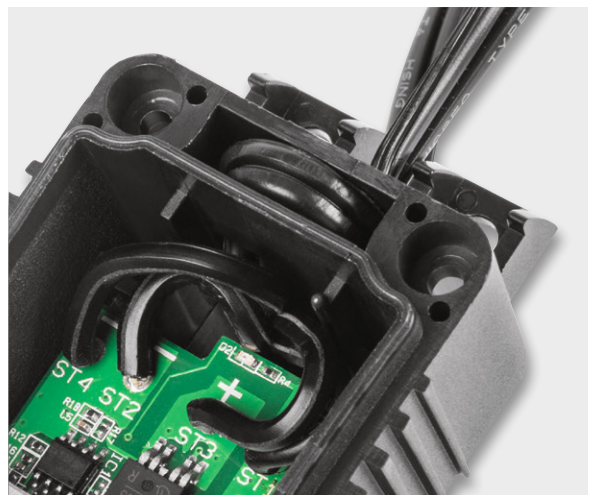


Bild 15: Die Anschlussleitungen sind so auszurichten, dass der Lichtleiter des Deckels über der LED positioniert werden kann.

**Widerstände:**

1 k $\Omega$ /SMD/0402	R2, R18
2,2 k $\Omega$ /SMD/0402	R4, R9
4,7 k $\Omega$ /SMD/0402	R7, R8, R11
10 k $\Omega$ /SMD/0402	R5, R6
27 k $\Omega$ /SMD/0402	R14
47 k $\Omega$ /SMD/0402	R16
68 k $\Omega$ /SMD/0402	R10, R15
68 k $\Omega$ /SMD/0805	R1
100 k $\Omega$ /SMD/0402	R17
180 k $\Omega$ /SMD/0402	R13
4,7 M $\Omega$ /SMD/0402	R12

**Kondensatoren:**

100 nF/16 V/SMD/0402	C1–C4
1 $\mu$ F/16 V/SMD/0402	C5

**Halbleiter:**

LM393/SMD	IC1
-----------	-----

Shunt-Voltage-Reference, 2,5 V/

LM4040BIM7-2.5/NOPB/SC-70	IC2
BTS443P/SMD	IC3
BZW06-13B	D1
LED/rot/SMD/0603	D2

**Sonstiges:**

Stiftleiste, 2x4-polig, gerade, print	BU1
Jumper	
Kühlblech, bearbeitet	
Gehäusedeckel	
LED-Scheibe, transparent	
Gehäusedichtung, schwarz	
Gehäuseunterteil, bedruckt, anthrazit	
Gewindeformende Schrauben, 3,0 x 10 mm, TORX T10	
Gewindeformende Schrauben, 3,0 x 6 mm, TORX T10	
Verlängerungskabel für Kfz-Normsteckdosen	

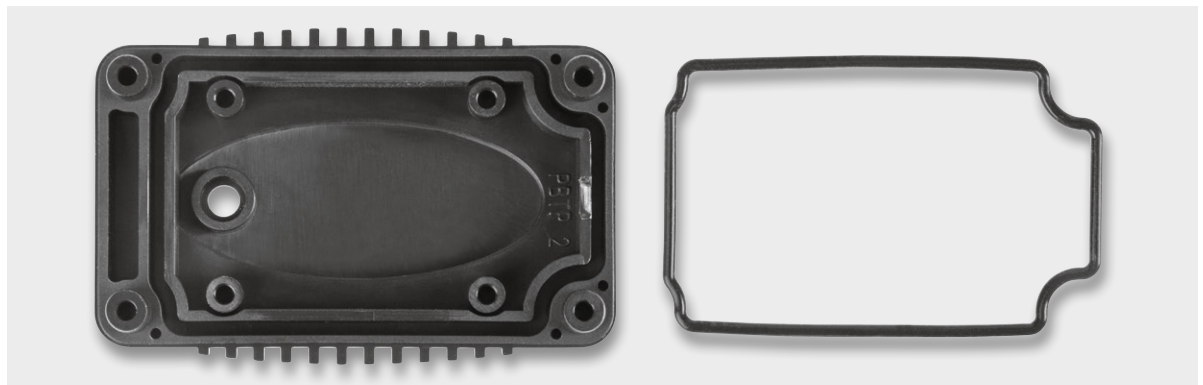


Bild 16: Montage der Gummidichtung im Gehäusedeckel

**Wichtiger Hinweis:**

Die Sicherung darf nur gegen eine baugleiche Sicherung mit der Auslösestromstärke von 8 A ausgetauscht werden!

Zum Sicherungswechsel ist auch der Verbraucher vom BNS12 zu trennen.

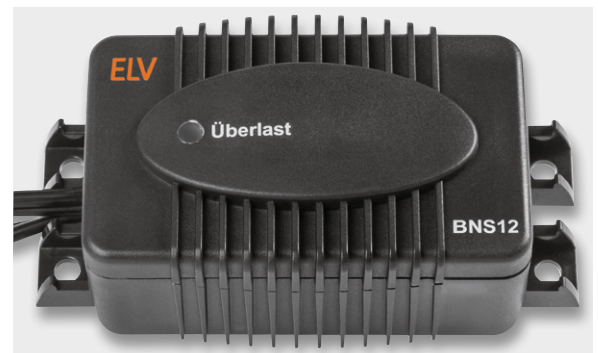


Bild 17: Komplettaufgebauter Bordnetzschutz BNS12

Geräte-Kurzbezeichnung:	BNS12
Betriebsspannung:	10–16 V <sub>bc</sub>
Laststrom:	8 A max.
Eigen-Stromaufnahme:	< 2 mA
Last-Abschaltswelle:	konfigurierbar von 10,5 bis 12 V in 0,5-V-Schritten
Einschalt-Hysterese:	1,5–1,9 V
Anzeige:	Überlast-LED
Schutzschaltungen:	Überstrom-Abschaltung bei Kurzschluss, Temperatur-Abschaltung
Anschlüsse:	Bordnetzstecker mit Sicherung und Bordnetzkupplung
Montagemöglichkeiten:	4 seitliche Befestigungslaschen für Schraub- oder Kabelbinderbefestigung
Schutzart:	IP43
Abmessungen (B x H x T):	91 x 39,5 x 47 mm
Gewicht:	182 g