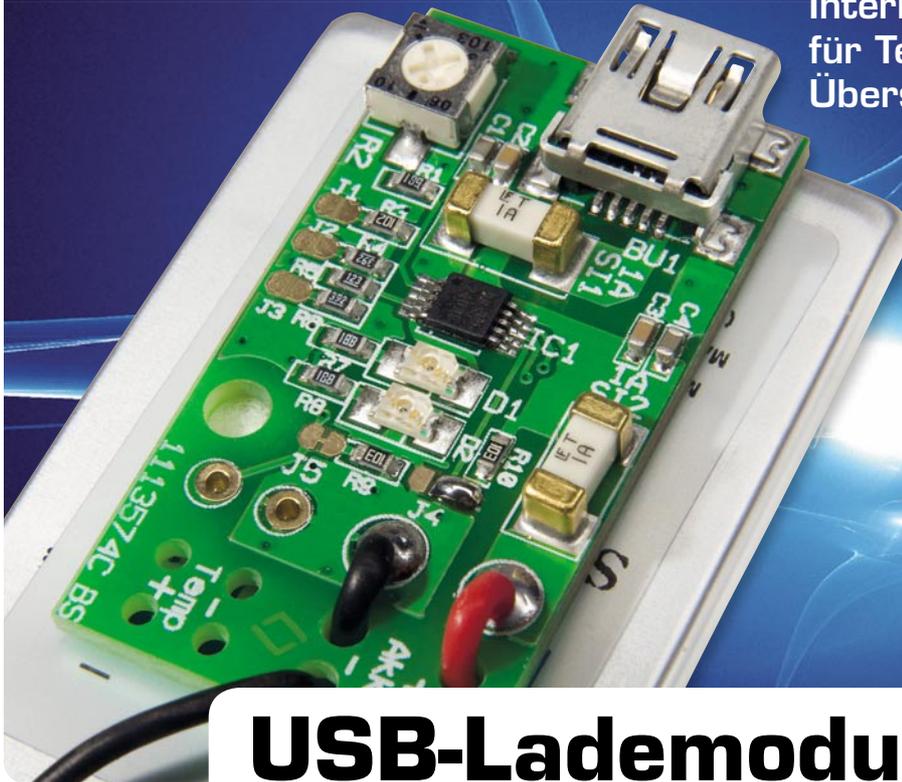


## Einfach sicher!

Interne Schutzschaltung  
für Temperatur, Überspannung,  
Überstrom und Sicherheitstimer



Originalgröße

# USB-Lademodul USBL 500

## Der USB-Anschluss für den Akku

Mit diesem Lademodul erhalten einzellige Lithium-Polymer-Akkus quasi einen Mini-USB-Anschluss und können dann über beliebige USB-Spannungsausgänge wie z. B. PCs, Netzteile mit USB-Buchse oder Handy-Netzteile (Ladegeräte) geladen werden. Aufgrund der geringen Abmessungen kann das Modul z. B. zusammen mit dem Akku in einen Schrumpfschlauch eingeschumpft werden.

### Allgemeines

Beim USB-Lademodul USBL 500 handelt es sich um eine vielseitig nutzbare Ladeschaltung für einzellige Lithium-Polymer-Akkus mit 3,7 V Nennspannung bzw. 4,2 V Ladeendspannung. Da die Schaltung dauerhaft am Akku angeschlossen bleiben darf und aufgrund der Miniatur-Abmessungen besteht auch die Möglichkeit, das Modul direkt am Akku zu befestigen. Akku und Ladeschaltung bilden dann eine Einheit. Zur Anpassung an die zu nutzende USB-Quelle ist der Ladestrom des Moduls konfigurierbar.

Aufgrund der hohen Energiedichte bei geringem Ge-

wicht sind Lithium-Akkus, insbesondere die Lithium-Polymer-Zellen mit 3,7 V Nennspannung, vielseitig einsetzbar und erobern immer mehr Anwendungsfelder, auch im Hobbybereich. Gerade wenn es auf kompakte Abmessungen und geringes Gewicht ankommt.

Zum Laden von Lithium-Akkus ist allerdings eine spezielle Ladetechnik, die auf den entsprechenden Akku-Typ abgestimmt sein muss, zwingend erforderlich und die Ladeschluss-Spannung muss mit hoher Präzision ( $\pm 1\%$ ) eingehalten werden. Lithium-Akkus verkraften absolut keine Überladung und der falsche Umgang mit diesem Zellentyp ist gefährlich. Im Hobbybereich kommen nahezu ausnahmslos die etwas unkritischeren Lithium-Polymer-Akkus mit 3,7 V Nennspannung und 4,2 V Ladeschluss-Spannung zum Einsatz.

Die Ladung erfolgt nach der Strom-/Spannungskennlinie, d. h. es wird bis zum Erreichen der Ladeschluss-Spannung mit konstantem Strom und danach mit konstanter Spannung geladen. Lithium-Akkus gelten als voll geladen, wenn die Stromaufnahme auf einen Wert sinkt, der 10 % der Nennkapazität entspricht.

Eine Tiefentladung ist bei Lithium-Akkus unbedingt zu vermeiden, und weit entladene Zellen dürfen bis zur Entladeschluss-Spannung von ca. 2,5 V nur mit geringem Strom beaufschlagt werden.

Daten

Ladeeingang:	Mini-USB-Buchse
Eingangsspannung:	4,45–6,45 V
Ausgangsspannung:	4,2 V $\pm 1\%$
Ausgangsstrom:	konfigurierbar 100 mA, 500 mA, 800 mA
LED-Anzeigen:	Power okay, Laden
Temperatursensor:	optional nutzbar, 10 k $\Omega$ bei 25 °C
Lade-Enderkennung und Vorladung:	konfigurierbar
Schutzschaltungen (chipintern):	Temperatur, Sicherheitstimer, Überspannung, Überstrom
Abmessungen (B x H x T):	37 x 20 x 6 mm



Bild 1: Lithium-Akku mit kompletter Lade-Elektronik

Die hier vorgestellte Ladeschaltung ist zum Laden von einzelligen Lithium-Polymer-Akkus vorgesehen, da das Konfigurieren von Lithium-Akku-Packs besonderen Anforderungen unterliegt und nur selektierte Zellen mit absolut gleicher Kapazität und gleichem Ladezustand in Reihe geschaltet werden dürfen. Für die meisten modernen batteriebetriebenen Anwendungen ist eine Nennspannung von 3,7 V vollkommen ausreichend.

Für zusätzliche Sicherheit sorgt ein optional zu bestückender Temperatursensor, der für eine Beendigung des Ladevorgangs sorgt, wenn die zulässige Akku-Temperatur überschritten wird.

Eine grüne Leuchtdiode zeigt an, dass die Eingangsspannung des Moduls im zulässigen Bereich liegt, und eine rote LED leuchtet während des Ladevorgangs. Mit Hilfe eines Einstelltrimmers kann der Ladestrom eingestellt werden, wobei zusätzlich der Maximalwert auf 100 mA, 500 mA oder 800 mA begrenzt werden kann.

Die Abmessungen des kompletten Lademoduls betragen nur 37 x 20 x 6 mm, wobei die Bauhöhe durch die Mini-USB-Buchse vorgegeben wird. Die geringen Gesamtmaße werden durch die geringen Abmessungen des Ladechips im 10-Pin-MSOP-Gehäuse ermöglicht.

Eine typische Anwendung des Moduls ist in Bild 1 zu sehen (Akku mit integrierter Ladeschaltung).

Der Akku wird in 3 Phasen geladen:

- Phase 1: Konditionierung mit geringem Ladestrom
- Phase 2: Konstantstrom-Ladung
- Phase 3: Konstantspannungs-Ladung

Während des Ladevorgangs darf eine Last parallel betrieben werden, sofern der Ladevorgang dadurch die Zeit des Sicherheitstimers von 10 Std. nicht überschreitet. Alternativ ist die Funktion des Sicherheitstimers und der Temperaturüberwachung zu deaktivieren. Dadurch ist das Modul in der

Anwendung extrem einfach, und bei Netzbetrieb stellt das Modul die Geräteversorgung sicher.

Lithium-Akkus gelten als vollständig geladen, wenn die Stromaufnahme bei der Konstantspannungs-Ladung einen festgelegten Wert unterschreitet. Beim USBL 500 ist diese Schwelle über Codierbrücken entsprechend Tabelle 1 konfigurierbar. Gleichzeitig wird dadurch der Wert für die Vorladung bei tiefentladenen Zellen bestimmt.

Mit Hilfe der Codier-Lötbrücke J 4 kann der Maximalwert des Ladestroms – entsprechend Tabelle 2 – wahlweise auf 100 mA, 500 mA oder 800 mA eingestellt werden.

## Schaltung

Die Schaltung unseres Lademoduls für einzellige Lithium-Polymer-Akkus ist mit dem hochintegrierten Lade-IC BQ24090 von Texas Instruments realisiert. Da alle erforderlichen aktiven Komponenten in diesem Baustein enthalten sind, werden an peripherer Beschaltung nur noch wenige passive Komponenten benötigt. Bild 2 zeigt die komplette Schaltung unseres Moduls, wo die Ladespannung an der Mini-USB-Buchse BU 1 zugeführt wird. Über die Eingangssicherung SI 1 gelangt die Eingangsspannung direkt auf den Chip-Eingang. Die Kondensatoren C 1, C 2 dienen zur Pufferung und Störunterdrückung. Der Baustein, dessen komplexen internen Schaltungsaufbau Bild 3 verdeutlicht, arbeitet als Linearregler. Die Leistungs-Endstufe ist direkt integriert, wobei wir an dieser Stelle nicht auf weitere interne Schaltungsdetails, sondern auf die wesentlichen Funktionen des Bausteins eingehen.

Besonders wichtig sind die integrierten Sicherheitsfeatures wie Überspannungs- und Überstromschutz, Kurzschluss-Schutz, Sicherheitstimer und eine interne Temperaturüberwachung, da der falsche Umgang mit Lithium-Akkus gefährlich ist.

Zwei Leuchtdioden dienen zur Anzeige der Betriebszustände des Lademoduls. Die grüne LED (D 1) leuchtet, sobald die Eingangsspannung im zulässigen Bereich ist, und die rote LED (D 2) zeigt den Ladevorgang des Akkus an und erlischt, sobald die Stromaufnahme des Akkus die Schwelle für die Lade-Enderken-

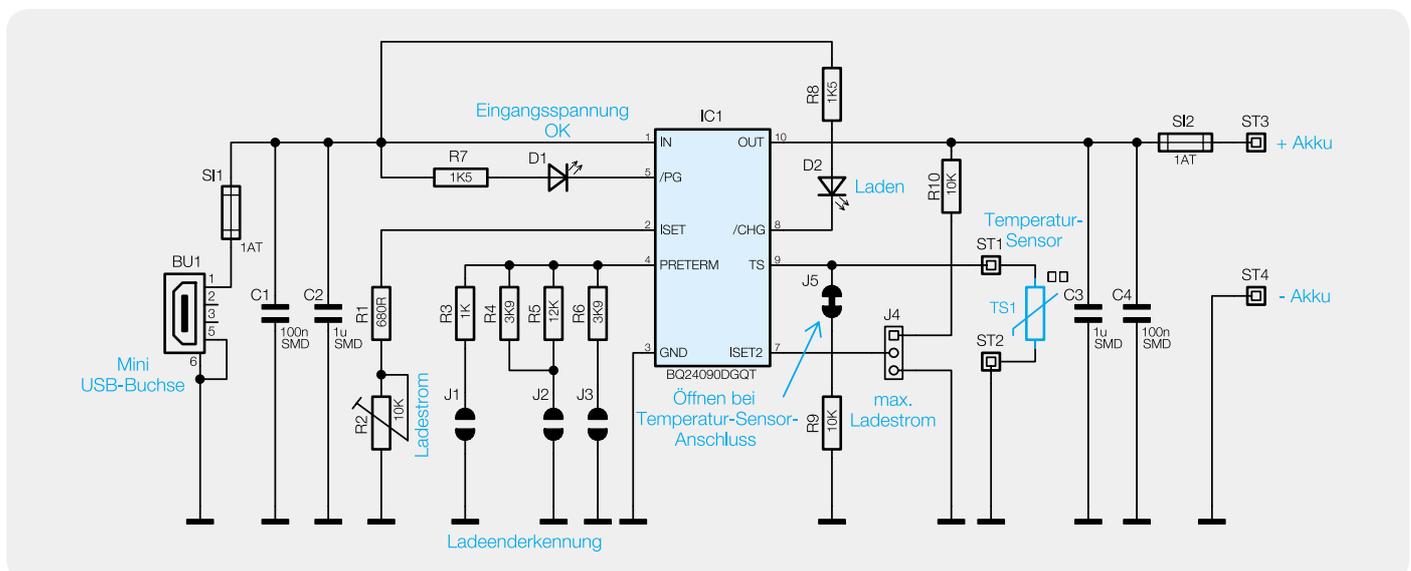


Bild 2: Schaltbild des Lademoduls USBL 500

nung unterschreitet. Der Widerstandswert von Pin 4 (PRETERM) nach Masse bestimmt die Schwelle für die Lade-Erkennung und die Vorladung (siehe Tab. 1), wobei die Auswahl der gewünschten Einstellung mit J 1 bis J 3 erfolgt.

Mit Hilfe des Trimmers R 2 ist der Ladestrom für die Konstantstrom-Ladung im Bereich von 50 mA bis  $I_{max}$  (abhängig von der Konfiguration des Maximalstroms) einstellbar.

Tabella 1

Ströme für die Lade-Erkennung und die Vorladung

J 1	J 2	J 3	Lade-End-erkennung	Vorladung
geschlossen	offen	offen	5 % von $I_{max}$	10 % von $I_{max}$
offen	offen	offen	10 % von $I_{max}$	20 % von $I_{max}$
offen	geschlossen	offen	15 % von $I_{max}$	30 % von $I_{max}$
offen	offen	geschlossen	20 % von $I_{max}$	40 % von $I_{max}$

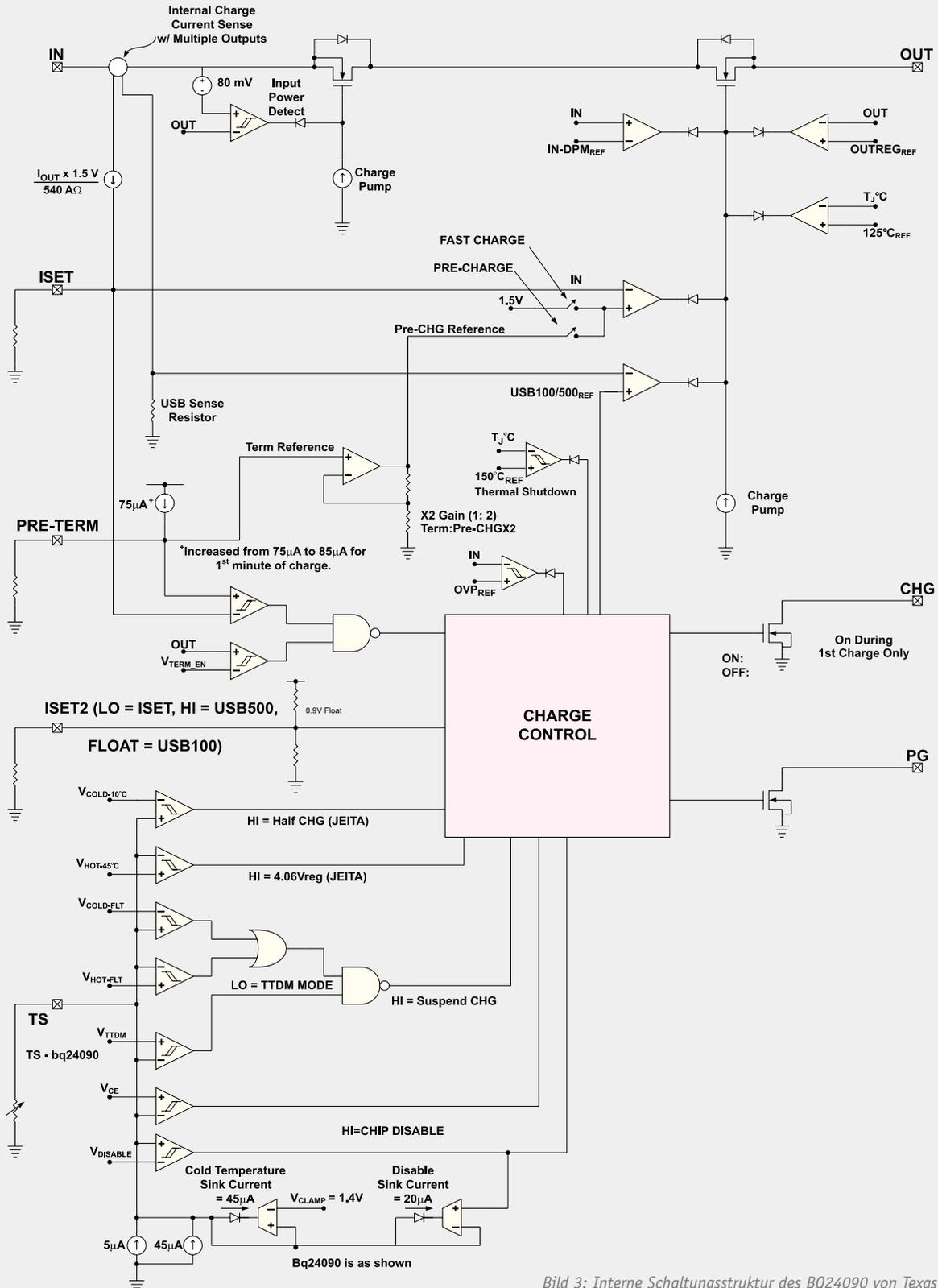


Bild 3: Interne Schaltungsstruktur des BQ24090 von Texas Instruments

Die Codier-Lötbrücke J 4 dient zur Einstellung des maximalen Ladestroms (siehe Tab. 2).

Vom Ausgang des Ladebausteins IC 1 (Pin 10) gelangt die Ladespannung über die Ausgangssicherung SI 2 zum Plus-Anschluss des Akkus (ST 3). Die Kondensatoren C 3 und C 4 dienen wieder zur Pufferung und Störunterdrückung. Der Minus-Anschluss des Akkus wird direkt mit der Schaltungsmasse des Moduls verbunden.

Optional kann eine Überwachung der Akku-Temperatur erfolgen. Dazu ist dann ein Temperatursensor an ST 1 und ST 2 anzuschließen, der bei 25 °C einen Widerstandswert von 10 k $\Omega$  hat. Ohne Temperatursensor übernimmt R 9 die Simulation des Sensors. Die Codier-Lötbrücke J 5 muss somit ohne Temperatursensor geschlossen und mit Temperatursensor offen sein. Wird J 5 ohne Temperatursensor geöffnet, sind die Temperaturüberwachung und der interne Sicherheitstimer komplett abgeschaltet.

## Nachbau und Konfiguration

Da ausschließlich SMD-Komponenten zum Einsatz kommen und diese bereits werkseitig vorbestückt sind, handelt es sich im Grunde genommen um ein fertiges Modul und keinen typischen Bausatz. Bei den passiven Bauteilen kommt sogar die besonders kleine Bauform 0402 zum Einsatz, und der Ladechip im Miniatur-MSOP-Gehäuse wäre von Hand auch nicht mehr zu verarbeiten. Für den Anwender bleiben somit nur noch der Anschluss des Akkus und des Temperatursensors sowie die Konfiguration des Moduls mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Lötbrücken.

Die Konfiguration des maximalen Ladestroms erfolgt, wie bereits erwähnt, mit Hilfe der Codierbrücke J 4 entsprechend Tabelle 2. Dabei bleibt der Anschluss ISET 2 (Pin 7) entweder offen, wird mit Schaltungsmasse verbunden oder über R 10 mit dem Ausgang der Ladeschaltung. Die Detailaufnahme in Bild 4 zeigt die Einstellung 500 mA.

Mit den Codier-Lötbrücken J 1 bis J 3 wird die Schwelle der Lade-Enderkennung und gleichzeitig der Strom für die Vorladung konfiguriert. Bild 5 zeigt die Position der Codierbrücken auf der Leiterplatte. In der Standardeinstellung (Lade-Enderkennung bei 10 % von  $I_{max}$ ) bleiben alle 3 Lötbrücken offen.

Der Anschluss des Temperatursensors zur Akku-Temperaturüberwachung ist optional. Bei angeschlossenem Temperatursensor ist die Codierbrücke J 5 (Bild 6) mit Hilfe eines Abbrechklingenmessers aufzutrennen. Wird J 5 aufgetrennt, ohne dass ein Temperatursensor angeschlossen wird, sind die Temperaturüberwachung und der 10-Std.-Sicherheitstimer deaktiviert.

Der Temperatursensor kann wahlweise direkt an die Ladeplatine angelötet werden oder die Anschlüsse des Sensors werden mit einadrig isolierten Leitungen bis zu 30 cm Länge verlängert. Die Leitungen werden dann an die Anschlüsse des Temperatursensors angelötet und mit Schrumpfschlauchabschnitten von 15 mm Länge entsprechend Bild 7 isoliert. Anschließend sind die Leitungen miteinander zu verdrehen, die Enden auf ca. 5 mm Länge abzuisolieren, die Innenadern zu verdrehen und vorzuverzinne. Danach werden die beiden Leitungen entsprechend Bild 8 zur Zugentlastung durch die entsprechenden Platinenbohrungen gefädelt und an ST 1, ST 2 angelötet (beliebige Polarität).



Bild 4: Codierbrücke J 4 zur Einstellung des maximalen Ladestroms in der 500-mA-Konfiguration

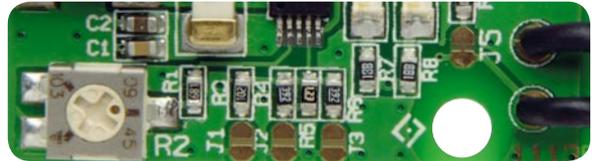


Bild 5: Codierbrücken zur Konfiguration der Lade-Enderkennung und der Vorladung

Die Anschlussleitungen zum Akku sind in der gleichen Weise zu verarbeiten und an ST 3 (Plus-Akku), ST 4 (Minus-Akku) anzulöten. An der Platinenunterseite sind zuletzt die überstehenden Drahtenden möglichst kurz abzuschneiden, damit es später zu keiner Beschädigung des Akkus kommt.

Wenn Akku und Modul eine Einheit bilden sollen, eignet sich zum Aufkleben des Moduls auf dem Akku am besten doppelseitig klebendes Schaumstoff-Klebeband (z. B. Spiegel-Klebeband). Nach Einstellen des gewünschten Ladestroms mit Hilfe des Trimmers R 2 wird empfohlen, die entstandene Einheit in Schrumpfschlauch einzuschumpfen, wie das Beispiel in Bild 9 zeigt.

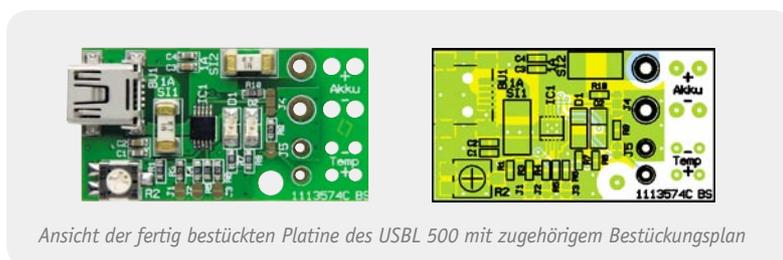
Dem Einbau in der gewünschten Anwendung steht nun nichts mehr entgegen. Um einen ausreichenden ESD-Schutz zu gewährleisten, ist das Modul für den Betrieb unbedingt in ein geschlossenes Gehäuse einzubauen bzw. zu verschumpfen. Akku-Pack und Modul sind für den Betrieb zusammen in ein Gehäuse einzubauen, welches die Anforderungen an eine Brand-



Bild 6: J 5 ist bei angeschlossenem Temperatursensor aufzutrennen.



Bild 7: Im Bedarfsfall sind die Anschlüsse des Temperatursensors mit Leitungsanschlüssen zu verlängern.



Ansicht der fertig bestückten Platine des USB 500 mit zugehörigem Bestückungsplan

schutzumhüllung erfüllen muss, und eine ausreichende Luftzirkulation ist sicherzustellen. Die Länge der Leitungen von der Ladeplatine zum Akku darf 3 m nicht überschreiten, wobei in der Praxis meistens nur wenige Zentimeter erforderlich sind. **ELV**

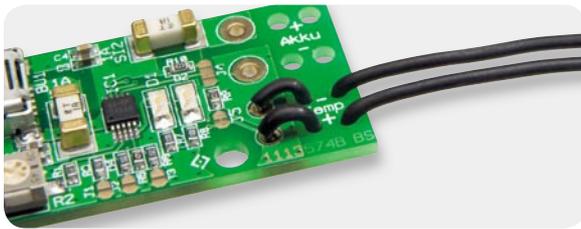


Bild 8: Zugentlastung der Anschlussleitungen



Bild 9: Eingeschrumpft bilden Akku und Lade-Elektronik eine Einheit.

**Widerstände:**

680 Ω/SMD/0603	R1
1 kΩ/SMD/0603	R3
1,5 kΩ/SMD/0603	R7, R8
3,9 kΩ/SMD/0603	R4, R6
10 kΩ/SMD/0603	R9, R10
12 kΩ/SMD/0603	R5
SMD-Trimmer, 10 kΩ	R2

**Kondensatoren:**

100 nF/SMD/0603	C1, C4
1 µF/SMD/0603	C2, C3

**Halbleiter:**

BQ24090DGQ/SMD	IC1
SMD-LED, Grün	D1
SMD-LED, Rot	D2

**Sonstiges:**

USB-B-Buchse, mini, 5-polig, winkelprint, liegend, SMD	BU1
Sicherungen, 1 A, träge, SMD	SI1, SI2
Temperatursensor 103AT-2	TS1
60 cm flexible Leitung, ST1 x 0,22 mm <sup>2</sup> , Schwarz	
5 cm Schrumpfschlauch, 2 mm, Schwarz	

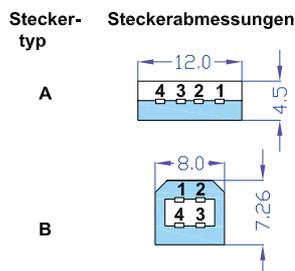
Stückliste

**USB-Stromversorgung**

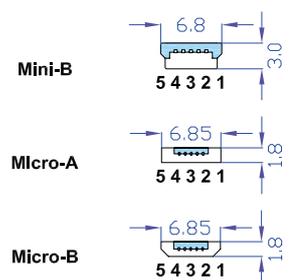
USB (**U**niversal **S**erial **B**us) ist ein serielles Bussystem zur Verbindung eines Computers mit verschiedenen Peripheriegeräten und die Nachfolge einer ganzen Reihe an PC-Schnittstellen. Da über den USB-Anschluss auch die externen Geräte mit Spannung versorgt werden können, bietet sich der USB-Anschluss quasi als standardisierte Stromquelle an (z. B. zum Laden von Mobiltelefonen).

Mittlerweile haben sich namhafte Mobiltelefonhersteller darauf geeinigt, Micro-USB als Standard-Gerätebuchse einzusetzen. Die zu den Mobiltelefonen gelieferten Ladegeräte sind dann kompatibel und im Grunde genommen 5-V-Netzteile, da sich die Lade-Elektronik im jeweiligen Mobiltelefon befindet.

Aufgrund der großen Verbreitung des USB-Anschlusses zur Spannungsversorgung sind sehr preiswerte Steckernetzgeräte mit USB-Anschluss in verschiedensten Ausführungen am Markt erhältlich. Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen USB-Buchsen mit Pinbelegung.



Stecker: A und B			
PIN	Bezeichnung	Signal	Kabel
1	VCC	+5V	Rot
2	D-	Data-	Weiß
3	D+	Data+	Grün
4	GND	Masse	Schwarz



Stecker: Mini-B, Micro-A, Micro-B			
Pin	Bezeichnung	Signal	Kabel
1	VCC	+5V	Rot
2	D-	Data-	Weiß
3	D+	Data+	Grün
4	ID	Masse bei Micro-A	
5	GND		Schwarz