

# Bauteiltester >FA-BT 2<

**Komplettbausatz** für einen universellen Bauteiltester für bipolare Transistoren, MOSFETs, JFETs, Dioden, Triacs, Thyristoren, Widerstände, Spulen und Kondensatoren inklusive ESR-Messung



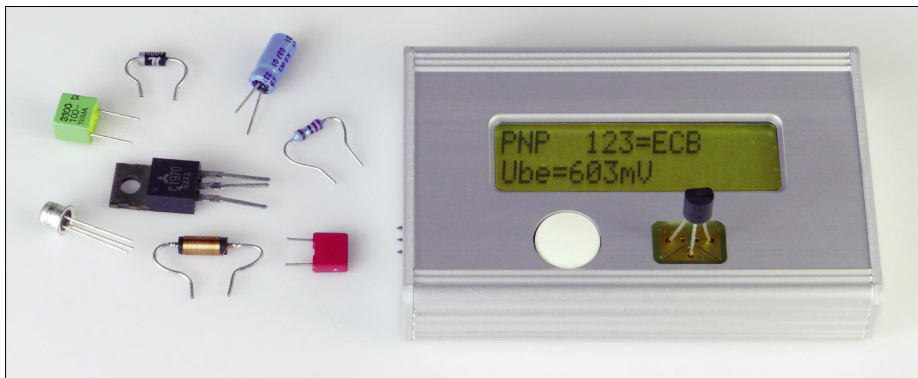
# Bauanleitung

# Bauanleitung für den Bauteiltester ›FA-BT2‹

## FA-LESERSERVICE

Mess- und Prüfgeräte für elektronische Bauelemente gehören zur Grundausstattung jeder Hobbywerkstatt. Am besten geeignet ist dafür ein einziges, handliches Gerät, mit dem sich die wichtigsten Bauteile prüfen lassen.

Der als Bausatz gelieferte Bauteiltester FA-BT2 für aktive und passive Bauelemente erfüllt diese Anforderungen weitgehend. Er ist relativ einfach aufzubauen, sehr leicht zu bedienen und in einem kleinen Aluminiumgehäuse untergebracht. Zur Stromversorgung dient ein Lilon-Akkumulator oder eine externe 5-V-Spannungsquelle.



**Tabelle 1: Leistungsmerkmale**

### Aktive Bauelemente

Erkennung von NPN- und PNP-Transistoren, N- und P-Kanal-MOSFETs, JFETs, Dioden, Thyristoren und TRIACs; automatische Erkennung der Pin-Belegung

Messung des Stromverstärkungsfaktors und der Basis-Emitter-Spannung bipolarer Transistoren (auch Darlingtontestoren)

Automatische Erkennung einer Schutzdiode bei bipolaren Transistoren und MOSFETs

Messung der Schwellwert-Spannungen und Gate-Kapazität bei MOSFETs

### Passive Bauelemente

Messung von Widerständen mit einer Auflösung bis zu 0,1  $\Omega$ , Messbereich bis 50 M $\Omega$

Kapazitätsmessung im Bereich von 1 pF bis 100 nF mit einer Auflösung von bis zu 1 pF

ESR-Messung bei Kondensatoren über 0,09  $\mu$ F mit einer Auflösung von 0,01  $\Omega$

Induktivitätsmessung im Bereich von etwa 10  $\mu$ H bis 20 H

**Bild 1: Bauteiltester in Aktion; beim Prüfling handelt es sich um einen Si-PNP-Transistor. Weitere Messwerte werden im Verlauf des Testvorgangs angezeigt. Fotos: Red. FA**

Die erste Version des vorliegenden Bauteiltesters wurde Ende 2013 im FUNK-AMATEUR vorgestellt [1]. Sie entstand im Rahmen eines Selbstbauprojekts zum Fichten-Fieldday des OV Lennestadt O28 des DARC e. V. und geht auf den von Karl-Heinz Kübbeler [2] gründlich überarbeiteten Transistortester von Markus Frejek zurück. Kai-Uwe Pieper, DF3DCB, und Gerrit Herzig, DH8GHH, hatten auf dieser Grundlage die Hardware des Bauteiltesters entwickelt und serienreif gemacht. Der FA-BT 2 entstand im Zuge der Überarbeitung der Hardware durch Gerrit Herzig und ist im Gegensatz zum Vorgänger mit einem beleuchteten Display sowie einem LiIon-Akkumulator ausgestattet. Die Gehäuseabmessungen blieben unverändert, ebenso die technischen Leistungsmerkmale (Tabelle 1). Letztere basieren im Wesentlichen auf der Software von Karl-Heinz Kübbeler. Weitere Informationen dazu sind auf [2] und [3] zu finden. Die Kontaktierung der Testobjekte erfolgt über drei vergoldete Kontaktflächen oder ein selbst anzufertigendes Adapterkabel. Der Bausatz besteht aus einer SMD-vorbestückten Platine, einigen weiteren Bauelementen und einem bearbeiteten Aluminiumgehäuse. Der Mikrocontroller auf der Platine ist bereits programmiert. Der Ak-

kumulator zur Stromversorgung gehört ebenfalls zum Lieferumfang. Er kann über die eingebaute Mini-USB-Buchse geladen werden. Dazu benötigt man eine 5-V-Spannungsquelle und ein passendes Standardkabel. Die entsprechende Schaltung zur Überwachung und Steuerung des Ladevorgangs ist in den FA-BT 2 integriert. Wer einen Adapter zur Kontaktierung größerer Bauelemente benötigt, kann das beigelegte konfektionierte Kabel für den Eigenbau nutzen.

Der Bausatz kann auch vom weniger geübten Bastler erfolgreich aufgebaut werden, wenn er die Löt- und Montagehinweise dieser Bauanleitung beachtet.

**Tabelle 2: Stückliste**

Kurz.	Bezeichnung
BAT1	LiIon-Akkumulator
LCD1	LC-Display
	LCD-Hintergrundbeleuchtung
SW1	Taster (SMD) mit Kappe
X2, X7, X8	versilberter Cu-Draht, ca. 10 cm
X9	Stiftleiste 3×1, SMD
	Hauptplatine, SMD-vorbestückt
	Sensorplatine
	Kabel, 3-polig, einseitig konfektioniert
	Alu-Kleingehäuse, bearbeitet

## ■ Was man braucht

Für den Zusammenbau und die Inbetriebnahme werden benötigt:

- geregelter LötKolben 60... 80 W mit dünner Bleistiftlötspitze sowie Lötzinn 0,5 mm mit Flussmittelsee,
- Entlötlitze,
- Kreuzschlitz-Schraubendreher, mittelgroß,
- Elektronik-Seitenschneider,
- Schlichtfeile,
- Lupe,
- Pinzette oder kleine Flachzange,
- Multimeter und
- Kondensator  $C > 100 \text{ nF}$  (genauer Wert relativ unkritisch) zur Kalibrierung.

## Achtung!

### Wichtige Hinweise zum Umgang mit dem mitgelieferten Akkumulator:

Bei unsachgemäßem Austausch oder Kurzschluss des Akkumulators besteht Brand- und Explosionsgefahr! Der LiIon-Akku darf nur durch denselben oder einen gleichwertigen Typ ersetzt werden. Keinesfalls darf er ins Feuer geworfen oder übermäßiger Wärme ausgesetzt werden.

## ■ Schaltungs- und Funktionsbeschreibung

Herzstück der Schaltung ist der Mikrocontroller vom Typ ATmega328P (Bild 3). Jeder Messkontakt ist direkt mit einem seiner Analogeingänge und zwei weiteren Controllerpins über einen 680- $\Omega$ - bzw. 470-k $\Omega$ -Widerstand verbunden. Das ist bereits alles, den Rest erledigt die Software.

Jeder Messkontakt kann als Ausgang die Zustände Masse (0 V) oder +5 V annehmen, er kann sowohl als analoger als auch digitaler Eingang verwendet oder aber über einen der Reihenwiderstände mit Masse oder +5 V verbunden werden. Dadurch ist es möglich, jeden Pin unabhängig hin- und herzuladen und dabei die Reaktion des Prüflings zu erfassen.

### Test von Bauelementen

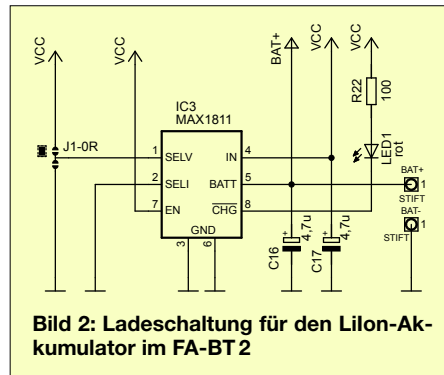
Der FA-BT 2 gestattet nicht nur die Messung von bedrahteten, sondern selbstverständlich auch die von SMD-Bauteilen. Diesem Zweck dienen drei vergoldete Kontaktflächen auf einer Sensorplatine, die im Winkel von je 120° angeordnet sind. Sie erlauben auch die Kontaktierung von Bauteilen im SOT23-Gehäuse.

Bedrahtete Teile werden einfach in die integrierten Durchkontaktierungen unterschiedlicher Größe gesteckt. Alternativ

können an der Seite des Geräts kleine Messleitungen angeschlossen werden, für die im Fachhandel auch konfektionierte Federspitzen und Mini-Clips erhältlich sind. Damit ist in spannungsfreiem Zustand sogar eine sogenannte In-Circuit-Messung eingelöteter Bauteile möglich. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Messkontakte und Mikrocontrollerports nicht überlastet werden. Insbesondere sind eingebaute Kondensatoren vor der Messung unbedingt zu entladen.

Zum Testen eines Bauteils ist dieses zunächst mit den Messkontakten des FA-BT 2 zu verbinden. Dazu kann man die Sensorplatine oder ein Adapterkabel nach entsprechender Kalibrierung nutzen (siehe Abschnitt *Kalibrierung des FA-BT 2*). Die anschließende Betätigung des Tasters startet den Testvorgang. Das Ergebnis wird im Display angezeigt und bleibt dort auch nach dem Abtrennen des Bauelements weiterhin sichtbar. Nach etwa 30 s erlischt die Anzeige und der Tester schaltet sich ab, um den Akkumulator zu schonen. Er kann jederzeit durch Tastendruck neu gestartet werden.

Zum ESD-Schutz der Eingänge werden Varistoren mit einer Eigenkapazität von nur 3 pF benutzt. Im Schaltplan sind diese als Kondensatoren C7 bis C12 dargestellt.



**Bild 2: Ladeschaltung für den Lilon-Akkumulator im FA-BT 2**

### Akkumulator-Ladeschaltung

Zur Stromversorgung dient ein LiIon-Akkumulator, dessen Spannung von einem Step-Up-Regler aufbereitet wird.

Zum Laden des Akkumulators ist ein passendes Standard-USB-Kabel (nicht im Lieferumfang des Bausatzes) an die Mini-USB-Buchse des FA-BT 2 sowie an eine 5-V-Gleichspannungsquelle anzuschließen. Das kann ein handelsübliches 5-V-Ladegerät sein, wie es z. B. für Smartphones verwendet wird oder aber auch der USB-Anschluss des Laptops oder PC.

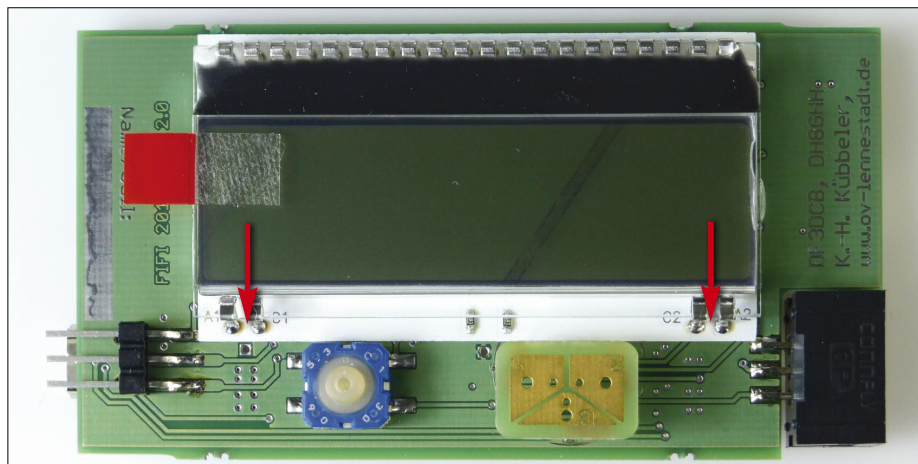
Diese Mini-USB-Buchse an der linken Gehäusesseite lässt sich auch zur regulären Stromversorgung des FA-BT 2 nutzen, z. B. während der Akkumulator geladen wird.



IC3 überwacht und steuert den Ladevorgang. Als Ladekontrolle dient die rote LED1 in SMD-Bauform (Bild 2). Sie sitzt auf der Platine unmittelbar neben der USB-Buchse. Ihr Licht ist auch bei zusammengebautem Gehäuse durch die seitlichen Öffnungen hindurch wahrnehmbar. Der maximale Ladestrom beträgt etwa 80 mA. Nach dem Erreichen der Ladeschlussspannung beendet IC3 den Ladevorgang und LED1 erlischt. Ein Überladen des Akkumulators wird damit verhindert. Der Anschluss des FA-BT 2 an eine externe 5-V-Spannungsquelle ist an der dann automatisch heller geschalteten Displaybeleuchtung erkennbar. Der spezielle P-Kanal-MOSFET T3 (Bild 3) sorgt dafür, dass der Akkumulator nicht direkt an der USB-Versorgungsspannung liegen kann und verhindert dadurch mögliche Schäden.

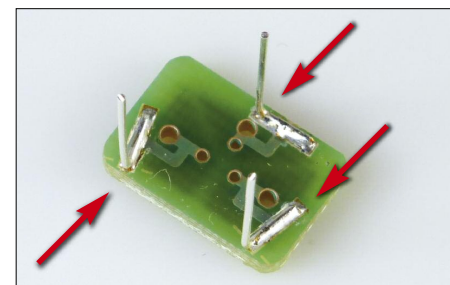
### ■ Bestückung der Platine

Die Platine ist bereits weitestgehend vorbestückt und zusätzlich mit einem Bestückungsaufdruck versehen. Dieser erleichtert das Auffinden von Bauelementen bei einer eventuellen Fehlersuche. Die wenigen noch aufzulötenden Bauteile sind (bis auf den Akkumulator) in Bild 4 zu sehen. Der Einbau ist weitgehend pro-

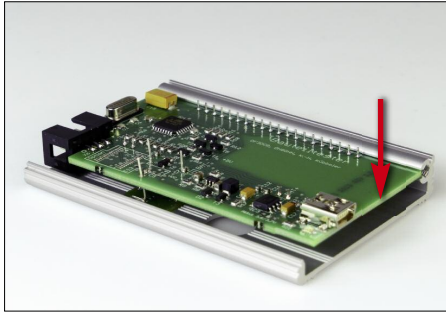


**Bild 4:** Oberseite der vollständig bestückten Hauptplatine des Bauteiltesters; die beiden Pfeile deuten auf die Positionen der zu verlötenden Anschlüsse der LED-Displaybeleuchtung. Die Schutzfolie ist vor dem Einbau ins Gehäuse vom Display zu entfernen.

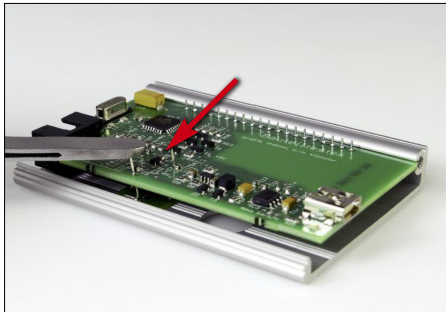
blemlos, wenn man die nachstehenden Hinweise berücksichtigt. Zuerst wird das Display bestückt. Dieses besteht aus dem eigentlichen LC-Display und einer separaten LED-Hintergrundbeleuchtung. Beide Bestandteile werden bereits im zusammengesteckten Zustand geliefert. Das Display ist flach auf die Leiterseite der Platine aufzusetzen, die durchgesteckten Anschlüsse sind auf der Bauelementeseite zu verlöten. Damit die Beleuchtung funktioniert, müssen die vier



**Bild 5:** Sensorplatine mit aufgelöteten Anschlussdrähten



**Bild 6: Probesthalber wird hier die Hauptplatine in die Gehäuseoberschale eingesetzt.**



**Bild 7: Beim Einlöten ist ggf. ein leichter Druck auf die Anschlussdrähte auszuüben, damit die Sensorplatine in ihrer Position gehalten wird.**

Anschlüsse *A1*, *A2*, *C1* und *C2* auf der Vorderseite des Displays ebenfalls verlötet werden (Pfeile in Bild 4).

Als nächster Schritt folgt die Vorbereitung der Sensorplatine für den Einbau. Zunächst ist dabei zu prüfen, ob noch ein störender Grat an den Kanten der Platine fühlbar ist. Dieser ist gegebenenfalls mit einigen vorsichtigen Feilstrichen zu entfernen. Dann sind vom mitgelieferten versilberten Kupferdraht drei Stücke mit einer Länge von je 15 mm abzuschneiden. Von jedem der drei Drahtstücke sind etwa 4 mm abzuwinkeln, um die Drahtstücke anschließend auf die Unterseite der Sensorplatine aufzulöten. Die Position der drei Drähte muss sich dabei so ergeben, wie in Bild 5 zu sehen.

Anschließend sind die drei Anschlussdrähte der Sensorplatine von der Oberseite der Platine durch die dafür vorgesehenen Bohrungen zu stecken.

Nun wird die Hauptplatine zusammen mit der noch nicht eingelöteten Sensorplatine provisorisch in die Gehäuseoberschale (die mit den gefrästen Ausschnitten für Display und Sensor) eingesetzt (Bild 6). Liegt die Hauptplatine mittig in der Oberseite und sitzt die Sensorplatine exakt im gefrästen Ausschnitt, werden deren drei Anschlussdrähte eingelötet. Dabei ist ggf.

mit der Pinzette leicht auf die Drähte zu drücken (Bild 7).

Beim Abschneiden der überstehenden Drähte sind zunächst noch etwa 1 mm stehen zu lassen, damit man im nächsten Schritt noch Korrekturmöglichkeiten hat. Die Hauptplatine muss parallel zur Gehäusefrontplatte liegen (Pfeil in Bild 6). Dabei muss die Sensorplatine immer noch exakt im dazugehörigen Durchbruch und dessen Ausfräsung sitzen. Falls nötig, ist die Position der Sensorplatine entsprechend zu korrigieren.

Passt alles, wird als Nächstes der Tastschalter (zunächst noch ohne Kappe) auf der Oberseite der Platine bestückt. Er muss so ausgerichtet werden, dass er exakt in der Mitte unter dem entsprechenden Durchbruch der Gehäusefront sitzt. Andernfalls besteht die Gefahr, dass die Tasterkappe sich später verkantet oder klemmt. Entscheiden ist dabei nicht so sehr, ob der Taster genau auf den Löt pads sitzt, sondern dass er präzise in der Mitte des Durchbruchs positioniert ist.

Eins der vier Löt pads ist zu verzinnen und dient zunächst zum Fixieren des Tasters. Nachdem dieser so ausgerichtet ist, wie zuvor beschrieben, werden auch die anderen drei Anschlüsse verlötet (Bilder 8 und 9).

Als letztes Bauelement ist die dreipolige Stiftleiste zu bestücken. Sie ist so zu positionieren, dass sie gleichmäßig und mittig auf den Löt pads aufsitzt und so aufzulöten, dass die Stifte waagrecht zur Platine liegen und dabei etwa 2 mm über den Platinenrand hinausragen. (Bild 10). Eine der Lötstellen befindet sich unmittelbar neben dem Trägerkörper der Displaybeleuchtung. Der betreffende Lötstift (Pfeil in Bild 10) sollte mit dem Seitenschneider um etwa 1 mm gekürzt werden, damit die aufgelötete Leiste später nicht aus dem Gehäuse herausragt. Hier ist besondere Vorsicht beim Löten geboten, damit nichts beschädigt wird.

Nach dem Aufstecken der weißen Tasterkappe ist die Bestückung der Platine abgeschlossen.

### ■ Einbau des Akkumulators

Beim Umgang mit dem Akkumulator sind die Sicherheitshinweise auf Seite 3 zu beachten! **Die Anschlussdrähte dürfen auf keinen Fall kurzgeschlossen werden!**

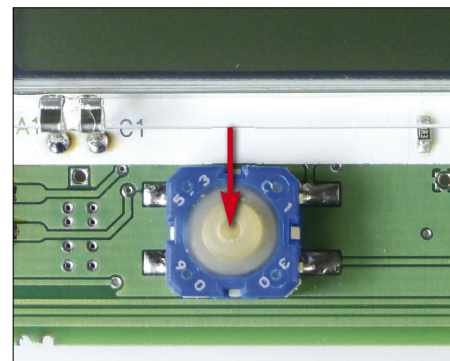
Vorsichtshalber sollte man vor dem Einbau des Akkumulators noch einen Test vornehmen. Dazu wird mit dem Multimeter der Widerstand zwischen dem Plus- und dem Minusanschluss der Stromversorgung auf der Platine gemessen (Bild 11).

Man misst also praktisch „in die Platine hinein“. Der angezeigte Wert sollte im 100-k $\Omega$ -Bereich liegen. Ein deutlich niedrigerer Wert oder gar Kurzschluss deutet auf einen Bestückungsfehler hin. Dieser ist vor dem Einbau des LiIon-Akkumulators unbedingt zu beseitigen.

Der Akkumulator hat drei Anschlussdrähte, die mit Schrumpfschlauch isoliert sind. Nur der braune und der schwarze werden benötigt, der weiße bleibt frei. Seine im Auslieferungszustand noch relativ locker sitzende Isolierung wird nun sicherheits halber aufgeschrumpft. Das geht am einfachsten, indem man den heißen Löt Kolben so nahe an den Schrumpfschlauch her anführt (ohne ihn zu berühren), dass sich dieser entsprechend zusammenzieht. Das Ergebnis ist in Bild 12 zu sehen.

Wenn die Kontrollmessung gezeigt hat, dass alles in Ordnung ist, werden das abisolierte Ende des schwarzen Drahts mit Masse und das Ende des braunen mit dem Pluspol der Schaltung verbunden. In Bild 11 sind beide Kontaktpunkte mit einem Pfeil markiert.

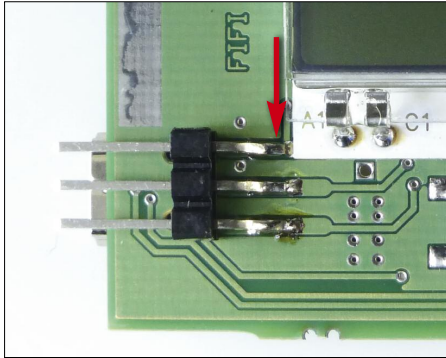
Der weiße Draht bleibt frei und behält auf jeden Fall seine Isolierung. Er wird später nach dem Einlöten unter den braunen Draht geklemmt und damit fixiert (Bild 13).



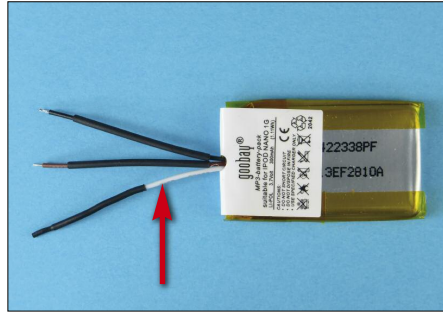
**Bild 8: Richtig positionierter und aufgelöteter Tastschalter**



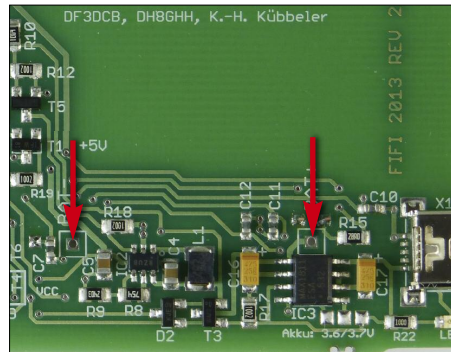
**Bild 9: Der Tastschalter sitzt exakt mittig unter dem entsprechenden runden Durchbruch in der Gehäuseoberschale.**



**Bild 10:** Fertig aufgelötete dreipolige Stiftleiste



**Bild 12:** Der weiße Draht des Akkumulators bleibt isoliert und wird nicht angelötet. Die blanken Enden des schwarzen und braunen Drahts dürfen sich auf keinen Fall berühren!



**Bild 11:** Mess- und Kontaktpunkte auf der Platine zum Anlöten der Drähte des Plus- und Minuspols des Akkumulators; links Masse (schwarz), rechts +U<sub>B</sub> (braun)



**Bild 13:** Korrekte Position des Akkumulators auf der Hauptplatine; der weiße Anschlussdraht bleibt isoliert und unbeschaltet. Die Lötbrücke 3,7 V (roter Pfeil) ist zu schließen.

Der Akkumulator ist nach dem Abziehen der Schutzfolie vom Klebestreifen auf seiner Unterseite wie in Bild 13 zu positionieren und flach auf die Platine aufzukleben. Die mit 3,7V beschriftete Lötbrücke (roter Pfeil in Bild 13) ist zu schließen. Anschließend sollte er mindestens 15 Minuten aufgeladen werden, um genug Energie für die ersten Tests aufbringen zu können. Dazu braucht man ein USB-Kabel mit fünfpoligem Mini-USB-Stecker auf der einen und einem USB-A-Stecker auf der anderen Seite (nicht im Lieferumfang des Bausatzes).

Solche Kabel sind heutzutage in den meisten Haushalten vorhanden und für wenig Geld handelsüblich. Sie werden oft als Ladekabel für Tablets und Smartphones oder zum Anschluss diverser Peripherie an den PC oder Laptop benutzt.

Der FA-BT2 wird nun mithilfe dieses Kabels an eine 5-V-Spannungsquelle angeschlossen (z. B. USB-Anschluss des PC), damit der Ladevorgang starten kann. Während des Ladens leuchtet LED1.

Nach etwa 15 Minuten Ladezeit und kurzem Druck auf den Tastschalter muss sich der FA-BT2 „melden“ und auf dem Display den Wert der Betriebsspannung sowie anschließend den Text *Kein, unbek. oder defektes Bauteil* anzeigen.

Der bei angeschlossener 5-V-Spannungsquelle angezeigte Wert beträgt etwa 3,4 V. Dies ist jedoch nicht die Akkumulatorspannung. Sie wird nur dann gemessen, wenn die externe Spannungsquelle abgetrennt ist, und sollte bei vollständig geladenem Akkumulator bei 4,1 V liegen. Wie bereits erwähnt, verringert sich die Helligkeit der Displaybeleuchtung bei Akkumulatorbetrieb automatisch, um die Stromaufnahme des Geräts zu reduzieren.

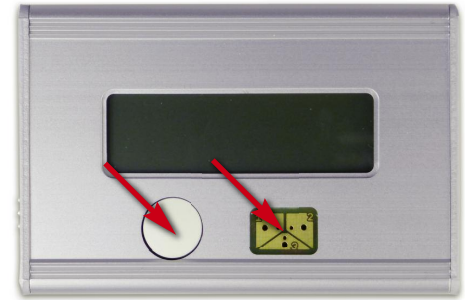
Hat alles geklappt, folgt der abschließende Einbau der Platine des Bauteiltesters in das Gehäuse.

### ■ Einbau ins Gehäuse

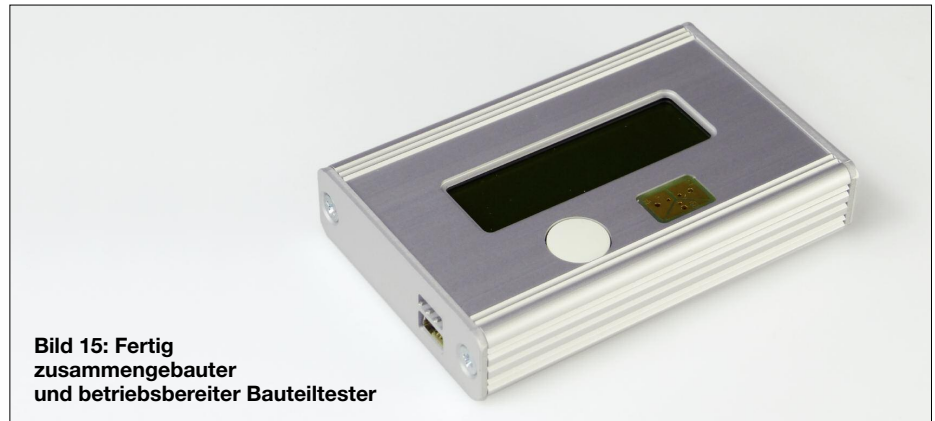
Das mitgelieferte Aluminiumgehäuse besteht aus Ober- und Unterschale sowie zwei Deckelplatten und ist bereits so bearbeitet, dass der Bauteiltester exakt darin Platz findet.

Bevor es an den Einbau der Platine geht, ist die Schutzfolie vom Display zu entfernen. Dann legt man die Gehäuseoberschale mit der Innenseite nach oben vor sich auf den Tisch, setzt die Hauptplatine mittig in die untere Führungsschiene ein und kontrolliert, ob sowohl Sensorplatine als auch Tasterkappe auf der Frontseite der Gehäuseschale exakt in den entsprechenden Durchbrüchen sitzen (Bild 14).

Anschließend wird die Gehäuseoberschale samt einseitig eingesetzter Platine wieder mit der Frontseite nach unten abgelegt. Nun setzt man die Gehäuseunterschale in die entsprechende Führung und schiebt sie über Platine und Oberschale. Damit ist gleichzeitig die Hauptplatine in ihrer späteren Position fixiert. Anschließend werden die beiden Seitenteile angeschraubt. Der FA-BT 2 ist damit betriebsbereit (Bild 15).



**Bild 14: Taster und Sensorplatine müssen genau mittig in den dafür vorgesehenen Durchbrüchen sitzen.**



**Bild 15: Fertig zusammengebauter und betriebsbereiter Bauteiltester**



**Bild 16: Selbsttest und Kalibrierung werden nach dem Kurzschluss der Messkontakte von diesem Menüpunkt aus gestartet.**



**Bild 17: Diese Anzeige im Display fordert zum Entfernen der Kurzschlussbrücke auf, anschließend läuft der Kalibriervorgang automatisch weiter.**

## ■ Kalibrierung des FA-BT 2

Bevor man den Bauteiltester zum ersten Mal verwendet, ist ein Selbsttest einschließlich Kalibrierung durchzuführen. Unterlässt man dies, werden falsche Messwerte angezeigt. Der FA-BT 2 macht den Nutzer in diesem Fall nach dem Messdurchlauf mit der Angabe *Unkalibriert!* in der oberen Displayzeile aufmerksam.

Um den vollständigen Selbsttest und die damit verbundene Kalibrierung starten zu können, hält man den Taster beim Einschalten etwas länger gedrückt und gelangt auf diese Weise in das Funktionsmenü des Bauteiltesters. Der erste Menüpunkt heißt *Transistor*. Mit jeweils kurzem Tastendruck arbeitet man sich durch die folgenden Auswahlmöglichkeiten, bis *Selbsttest* in der unteren Displayzeile erscheint (Bild 16).

Nun werden die drei Messkontakte kurzgeschlossen. Dieser Kurzschluss lässt sich am einfachsten mit drei kurzen, blanken und miteinander verdrehten Drähten herstellen.

Nach langem Druck auf den Taster startet die Test- und Selbstkalibrieroutine. Das Gerät misst die Widerstände der Leiterbahnen und Messleitungen sowie die parasitären Kapazitäten des Schaltungsauf-

baus und der Varistoren. Wenn in der oberen Displayzeile der Text *T4 Trenne Pins!* zu sehen ist (Bild 17), muss der Kurzschluss rasch entfernt werden, damit die Selbstkalibrierung weiterlaufen kann.

Wenig später erscheint der Text *1-/-3 >100nF* (Bild 18), in der unteren Zeile blinkt *OnF* und der FA-BT 2 erwartet, dass ein Kondensator mit einem Wert  $C > 100$  nF an die Messkontakte 1 und 3 der Sensorplatte angeschlossen wird. Ist das geschehen, läuft die Selbstkalibrierung automatisch weiter und ist kurz darauf abgeschlossen (Bild 19).

Alle ermittelten Kalibrierwerte werden automatisch im EEPROM des Mikrocontrollers abgespeichert und als Korrekturfaktoren bei den nachfolgenden Messungen berücksichtigt. Es empfiehlt sich, diese Selbstkalibrierung immer dann zu wiederholen, wenn der Testaufbau z. B. durch den Anschluss längerer Messkabel verändert wurde.

Nach dem Selbsttest und der Kalibrierung befindet man sich wieder im Funktionsmenü. Mit jeweils kurzem Druck auf die Taste arbeitet man sich zum Menüpunkt *Transistor* vor und befindet sich nach einem langen Druck auf den Taster anschließend wieder im Betriebsmodus des Bauteiltesters.

## ■ Funktionsmenü

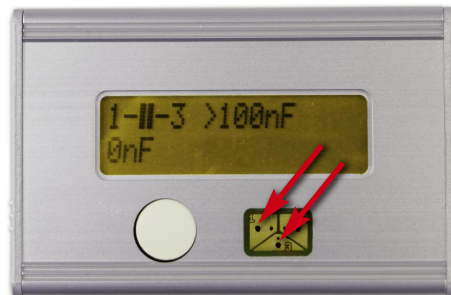
Wie bereits erwähnt, gelangt man durch langen Tastendruck beim Einschalten in das Funktionsmenü des FA-BT 2. Mit einem kurzen Tastendruck bewegt man sich von einem Menüpunkt zum nächsten, ein weiterer langer Tastendruck aktiviert die betreffende Funktion. Änderungen der angezeigten Parameterwerte erreicht man durch kurzen (Verringerung) oder etwas längeren Tastendruck (Erhöhung). Ein noch längerer Tastendruck ( $> 3$  s) führt zurück ins Funktionsmenü.

Es stehen folgende Funktionen zur Auswahl:

- *Transistor* führt in den Betriebsmodus des Bauteiltesters zurück.
- *Frequenz* - diese Funktion wird vom FA-BT 2 hardwareseitig nicht unterstützt.
- *f-Generator* startet die Ausgabe eines Rechtecksignals am Messkontakt 2. Als Bezugspotenzial dienen Kontakt 1 oder Kontakt 3.
- *10-bit PWM* dient zur Ausgabe eines Rechtecksignals mit einstellbarem Tastverhältnis am Messkontakt 2. Die Signalfrequenz beträgt 7,8125 kHz.
- *C+ESR@TPI:3* ermöglicht eine separate Kondensator- einschließlich ESR-Messung zwischen den Kontakten 1 und

3. Messbar sind Kondensatoren mit Werten zwischen  $2 \mu\text{F}$  und  $50 \text{ mF}$ . Wegen der geringen Prüfspannung von etwa  $300 \text{ mV}$  sollte in vielen Fällen die Messung in der Schaltung ohne vorherigen Ausbau des Bauteils möglich sein. Die Messserie kann durch einen langen Tastendruck beendet werden.

- *Widerstand mit Serieninduktivität* ist der Menüpunkt zur Kombination von Ohmmeter und Induktivitätsmessgerät. Diese ermöglicht die Messung von Induktivitäten bei ohmschen Widerständen mit  $R < 2,1 \text{ k}\Omega$ . In der rechten Ecke der oberen Displayzeile wird dann  $[RL]$  angezeigt. Für Widerstände unter  $10 \Omega$  kommt dann auch die ESR-Messmethode zur Anwendung, wenn keine Induktivität festgestellt wurde. Damit erhöht sich die Anzeigauflösung für Widerstandswerte unter  $10 \Omega$  auf  $0,01 \Omega$ . In dieser Betriebsart werden die Messwerte fortlaufend ermittelt. Nach einem Tastendruck kehrt der FA-BT 2 wieder ins Funktionsmenü zurück.
- *Kondensatormessung* verwandelt den FA-BT 2 in ein reines Kondensatormessgerät (Kontakte 1 und 3). Diese Betriebsart ist durch ein  $[C]$  in der rechten Ecke der oberen Displayzeile gekennzeichnet. Es können Kondensatoren



**Bild 18:** Gegen Ende der Kalibrierung ist ein Kondensator mit einer Kapazität  $C > 100 \text{ nF}$  zwischen die Kontakte 1 und 3 zu schalten. Sobald dies geschehen ist, wird der Kalibriervorgang automatisch fortgesetzt.



**Bild 19:** Testende, der Kondensator kann jetzt entfernt werden.

zwischen 1 pF und 100 mF gemessen werden. Mit einem kurzen Tastendruck wird dieser Sonderbetrieb beendet und der FA-BT 2 kehrt wieder ins Funktionsmenü zurück.

- *Impulsdrehgeber* ist eine Zusatzfunktion zur Untersuchung von Drehgebern. Die drei Kontakte des Bauteils müssen dazu vor dem Start der Funktion in beliebiger Reihenfolge an die drei Messkontakte des FA-BT 2 angeschlossen werden. Nach dem Start der Funktion ist der Drehgeber zu betätigen, aber dabei nicht zu schnell zu drehen. Nach erfolgreichem Test erscheint die symbolische Darstellung der Pinbelegung in der unteren Displayzeile. Dabei wird der gemeinsame Anschluss herausgefunden und für etwa zwei Sekunden angezeigt, ob in den Raststellungen beide Kontakte offen (*o*) oder geschlossen (*C*) sind. Ein Impulsdrehgeber mit offenen Kontakten in den Raststellungen würde so z. B. mit *1-/2-/3 o* dargestellt.
- *C( $\mu$ F)-Korrektur* ist eine Menüfunktion, in der ein Korrekturparameter für die Messung größerer Kapazitätswerte eingestellt werden kann. Werte größer Null reduzieren den Ausgabewert der Kapazität um diesen Prozentwert, Werte kleiner Null erhöhen ihn entsprechend. Ein

kurzer Tastendruck verringert den Korrekturwert um 0,1 %, ein etwas längerer Tastendruck vergrößert ihn um 0,1 %. Ein langer Tastendruck (> 3 s) speichert den Wert.

Bedingt durch das angewandte Verfahren sind die ermittelten Kapazitätswerte von Kondensatoren mit geringer Güte tendenziell zu hoch. Ausdruck der Güte ist der Parameter  $V_{\text{loss}}$ . Hochwertige Kondensatoren haben hier den Wert Null oder 0,1 %. Zum Abgleich dieses Parameters sollten also nur Kondensatoren hoher Güte mit  $C > 50 \mu\text{F}$  verwendet werden.

Die exakte Messung der Kapazität eines Elektrolytkondensators ist allerdings selten sinnvoll, da dieser Wert sowohl von der Temperatur als auch der angelegten Gleichspannung abhängt.

- *Selbsttest* ist die Menüfunktion zur Kalibrierung des Geräts.
- *Kontrast* erlaubt die Einstellung des Displaykontrasts.
- *Zeige Daten* dient zum Abruf der Softwareversion und der gespeicherten Kalibrierdaten.
- *Schalte aus* ermöglicht die sofortige manuelle Abschaltung des Geräts.

Einige der genannten Messfunktionen werden vom Bauteiltester auch automatisch eingeschaltet, wenn das entsprechen-

de Bauteil erkannt wird. Über das Funktionsmenü lassen sie sich jedoch für spezielle Messvorhaben gezielt anwählen.

### ■ Messadapter, Praxistipps

Das dem Bausatz beiliegende konfektionierte Kabel lässt sich bei Bedarf zum Bau eines Messadapters verwenden. Der dreipolige Steckverbinder passt auf die von der Seite her zugängliche dreipolige Stiftleiste auf der Hauptplatine und führt die Kontakte der Sensorplatine nach außen. An die Drähte können z. B. Kontakt- oder Krokodilklemmen angeschlossen werden, in Bild 20 ist ein Beispiel zu sehen.

Solche Klemmen sind in unterschiedlichen Ausführungen und Preisklassen bei [4] und [5] erhältlich. Es ist sinnvoll, die Anschlussdrähte nur so lang zu machen, wie unbedingt nötig, damit sie das Messergebnis nicht zu stark beeinflussen.

Bei angeschlossenem Adapter ist eine erneute Kalibrierung des FA-BT 2 zu empfehlen.

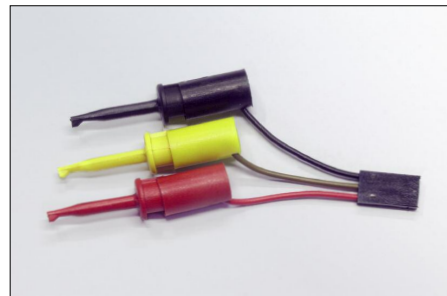
Normalerweise spielt die Polarität des Prüflings beim Kontaktieren keine Rolle, sogar Elektrolytkondensatoren können beliebig angeschlossen werden. Die Messung der Kapazität erfolgt durch den FA-BT 2 so, dass der Minuspol am Messkontakt mit der kleineren Nummer anliegt. Da

die Messspannung aber zwischen 0,3 V und maximal 1,3 V liegt, spielt die Polarität keine entscheidende Rolle.

Das angeschlossene Bauteil sollte während der Messung nicht berührt werden und auf einem nichtleitenden Untergrund liegen, wenn es nicht anderweitig isoliert ist. Auch die Berührung der Isolation der Messkabel kann das Messergebnis verfälschen.

Zum Start der Messung ist der Taster zu betätigen. Nach einer Startmeldung erscheint nach etwa zwei Sekunden das Messergebnis. Die Messung einer größeren Kapazität kann auch deutlich länger dauern. Ein + am rechten Rand der unteren Displayzeile bedeutet, dass die Ausgabe weiterer Messwerte folgt.

Wie bereits erwähnt, muss stets darauf geachtet werden, dass die Messkontakte und somit die Ein- und Ausgänge des Mikrocontrollers nicht überlastet werden. **Kondensatoren sind vor der Messung unbedingt zu entladen!** Das gilt auch und insbesondere bei In-Circuit-Messungen, bei denen das gesamte Messobjekt spannungsfrei sein muss!



**Bild 20: Beispiel für einen selbst gebauten Messadapter mit Kontaktklemmen**

### ■ Software-Updates

Die Software des Bauteiltesters wurde von Karl-Heinz Kübbeler [2] bislang permanent weiterentwickelt. Wer über die nötigen Kenntnisse und einen passenden Programmieradapter verfügt, kann die Hardware seines FA-BT 2 dazu nutzen, im Internet veröffentlichte neue Software-Versionen auszuprobieren. Der Bauteiltester besitzt die dazu erforderlich Programmierschnittstelle.

[shop@funkamateure.de](mailto:shop@funkamateure.de)

## Literatur und Bezugsquellen

- [1] Pieper, K.-U., DF3DCB, Herzig, G., DH8GHH:  
Universeller Bauteiltester für Transistoren und  
mehr. FUNKAMATEUR 62 (2013) H. 11, S.  
1191–1193
- [2] Kübbeler, K.-H.: AVR Transistortester. *www.mikro-  
controller.net/articles/AVR\_Transistor  
tester*
- [3] Dokumentation zum Transistortester:  
*www.mikrocontroller.net/svnbrowser/transistor  
tester/Doku/trunk/pdf/german/*
- [4] Reichelt Elektronik GmbH & Co. KG, Elektronik-  
ring 1, 26452 Sande, Tel. (0 44 22) 9 55-3 33, Fax  
-111; *www.reichelt.de*
- [5] Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240  
Hirschau, Tel. 0180-5 31 21-11, Fax -10; *www.  
conrad.de*



Box 73 Amateurfunkservice GmbH  
Majakowskiring 38  
13156 Berlin  
[www.funkamateurl.de](http://www.funkamateurl.de)

Stand: Oktober 2015



Bei der Entsorgung dieses Produkts sind die Bestimmungen zum Umgang mit Elektronikschrott zu beachten. Elektronische Geräte, Batterien und Akkus gehören keinesfalls in den Hausmüll. Siehe dazu auch die Hinweise auf [www.box73.de](http://www.box73.de).