



Temperaturlogger TL 1000

Teil 2

Nachdem im ersten Teil des Artikels die Bedienung, die Funktion und die Software des TL 1000 vorgestellt wurden, erfolgt nun die ausführliche Beschreibung der Schaltung und des praktischen Aufbaus.

Schaltung

Die Schaltung des Temperaturloggers ist trotz der interessanten Funktion recht übersichtlich, wie in Abbildung 13 zu sehen ist. Den Kern der gesamten Schaltung bildet der Single-Chip-Mikrocontroller vom Typ ELV 02277. Im Controller läuft die gesamte Datenerfassung und Verwaltung sowie die Kommunikation mit dem PC über die serielle Schnittstelle ab.

Die Messwerte legt der Controller dann im externen RAM (IC 4) ab. Hier handelt es sich um ein 32-k-RAM vom Typ 62256.

Da der Adress- und Datenbus des Mi-

krocontrollers gemultiplext wird, müssen die Adressleitungen A 0 bis A 7 im Latch IC 3 des Typs 74HC573 zwischengespeichert werden.

Die Kommunikation mit dem PC erfolgt über Port 3.0 (RXD) und Port 3.1 (TXD) des Controllers.

Hardware-Handshakes werden beim TL 1000 nicht genutzt. Vom Mikrocontroller gelangen die Signalleitungen der Schnittstelle direkt zum Schnittstellentreiber Baustein IC 7 des Typs MAX 232. Hier werden dann die für RS 232 erforderlichen Signalpegel generiert. An externer Beschaltung werden beim MAX 232 nur die 5 Elektrolyt-Kondensatoren C 16 bis C 20

benötigt. Über einen 9-poligen Sub-D-Printstecker erfolgt letztendlich die Verbindung zum PC.

Der im Mikrocontroller integrierte Taktoszillator ist an Pin 18 und Pin 19 extern zugänglich und mit dem 14,745-MHz-Quarz Q 1 und den beiden Kondensatoren C 21 und C 22 beschaltet.

Über die an Port 1.4 bis Port 1.6 angeschlossenen Kodierstecker JP 1 bis JP 3 erfolgt der Aufruf des Abgleichmodes, worauf wir später noch detailliert eingehen werden.

Kommen wir nun zur Messschaltung und zum analogen Schaltungsteil im oberen Bereich des Schaltbildes. Hier sind die

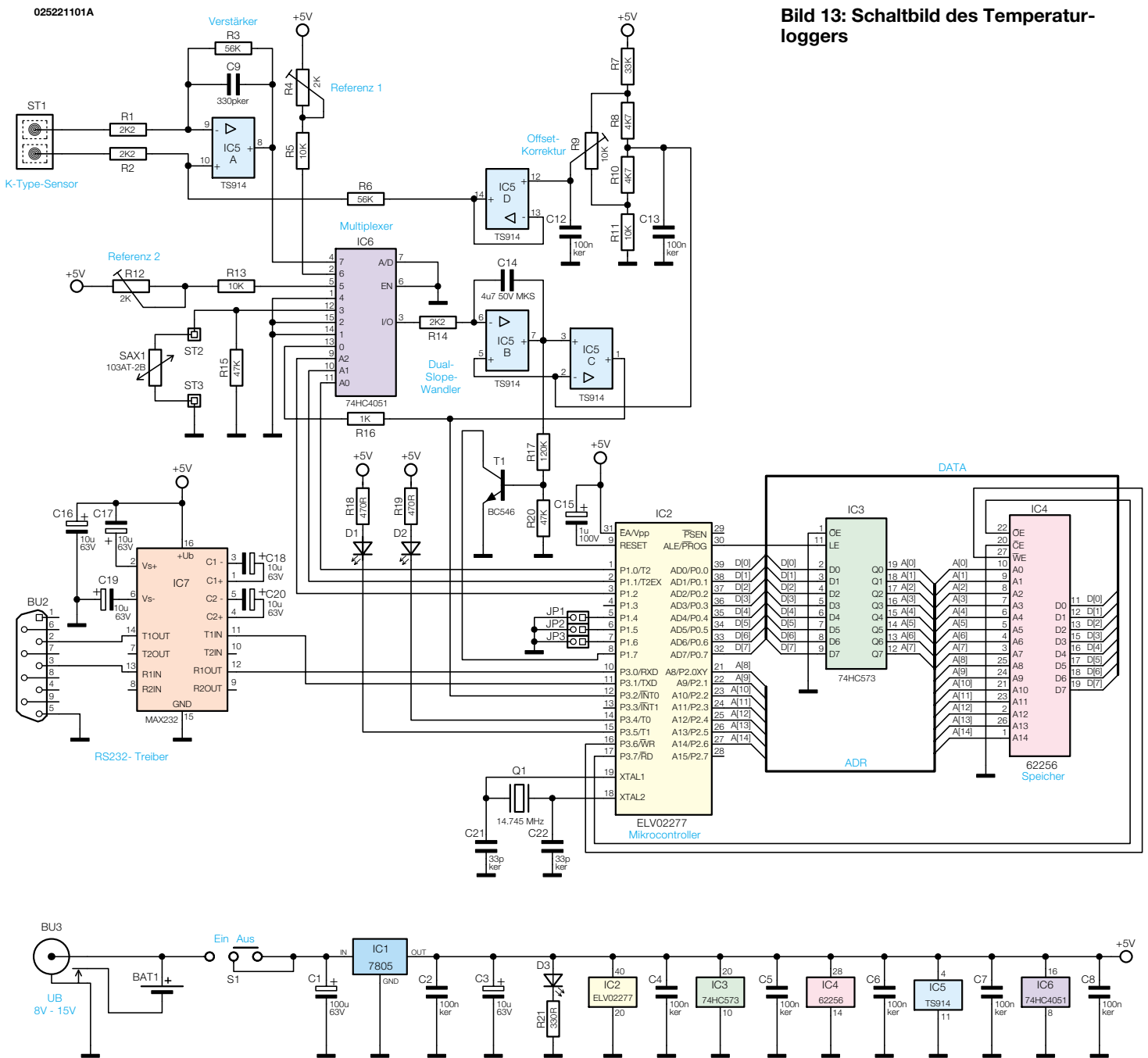


Bild 13: Schaltbild des Temperatur-loggers

Daten von zwei unterschiedlichen Temperatursensoren zu verarbeiten. Zum Anschluss eines Hochtemperatur-Thermoelement-Sensors dient die Buchse ST 1 und ein Thermistor-Temperatursensor wird an ST 2 und ST 3 angeschlossen.

Betrachten wir zuerst den Schaltungsteil für den K-Type-Thermoelement-Sensor. Derartige Temperatursensoren geben nur eine geringe Spannung von $41 \mu\text{V je } ^\circ\text{C}$ aus, sodass eine entsprechende Verstärkung erforderlich ist. Diese Aufgabe übernimmt der Operationsverstärker IC 5 A, der die vom Sensor kommende Thermospannung um den Faktor 25 verstärkt.

Zum Nullpunkt-Abgleich des Sensors wird über IC 5 D noch ein variabler Offset zum Eingangssignal hinzuaddiert. Mit Hil-

fe des Spindeltrimmers R 9 ist die Offsetspannung im Bereich von 1 V bis 1,6 V einstellbar. Die Keramik Kondensatoren C 12, C 13 verhindern hochfrequente Störeinkopplungen im Bereich der Offseiteinstellung. Das verstärkte Sensorsignal steht letztendlich an IC 5, Pin 8 zur Verfügung und wird auf Pin 4 des CMOS-Multiplexers IC 6 gegeben.

Der zwischen Schaltungsmasse (ST 3) und dem Signaleingang (ST 2) liegende Thermistor-Temperatursensor ist direkt mit Pin 12 des Multiplexers IC 6 verbunden, wobei der parallel geschaltete Widerstand R 15 den maximalen Widerstandswert begrenzt.

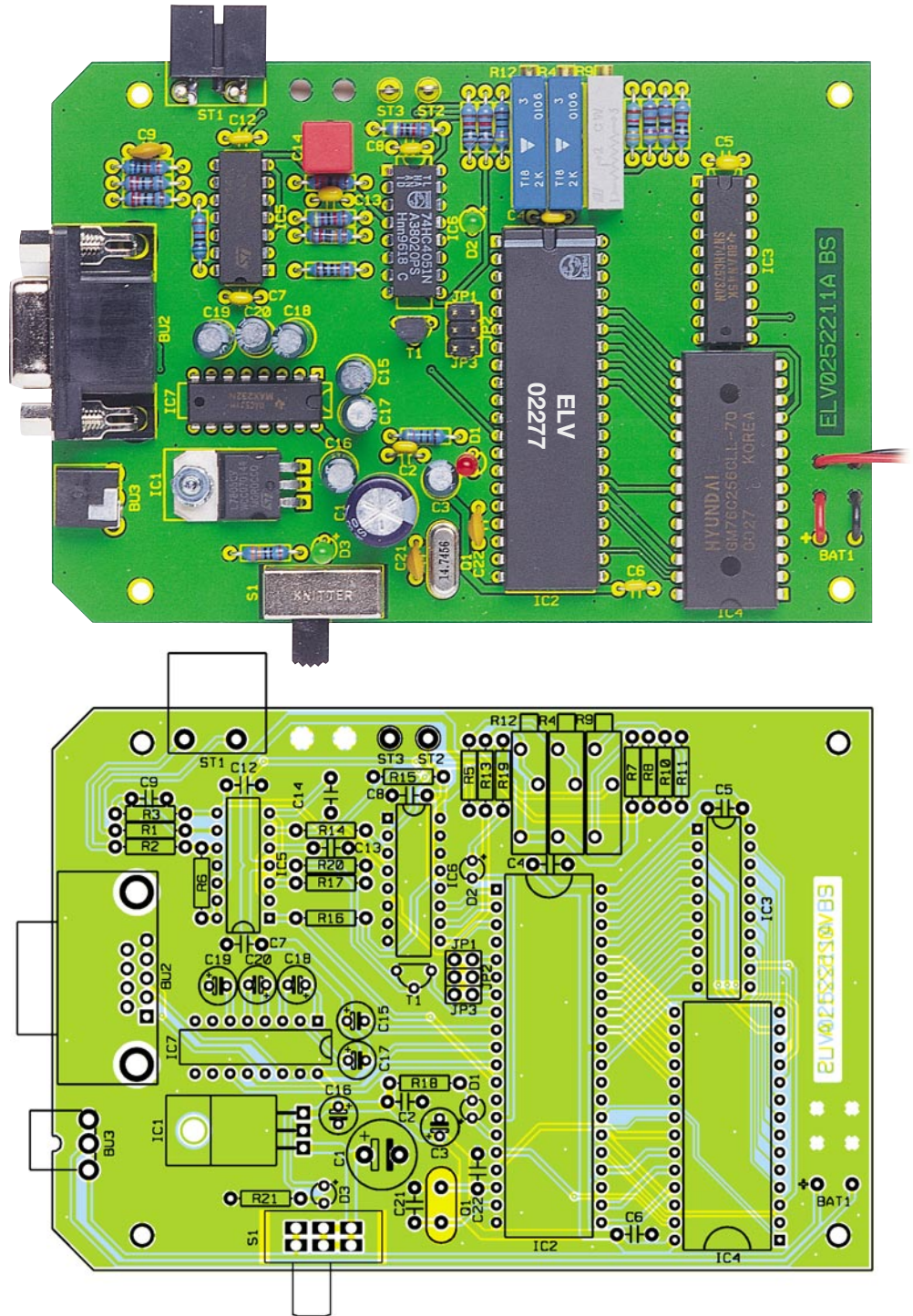
Mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 5 B und IC 5 C ist ein Dual-Slope-AD-

Wandler realisiert. Der Bezug der beiden OPs liegt über den Spannungsteiler R 7 bis R 11 auf ca. 1,3 V. Daher ist es nicht erforderlich, den Thermistor SAX 1 mit einem Widerstand nach + 5 V zu beschalten.

Die Eingangsauswahl wird über den Analog-Multiplexer IC 6 vorgenommen. Im Ruhezustand des AD-Wandlers ist der Eingang 0 (Pin 13) sowie der Ausgang von IC 5 C mit dem Eingang des AD-Wandlers verbunden, sodass dieser auf 0 gehalten wird.

Zur Temperaturmessung wird dann je nach verwendetem Sensor entweder der SAX 1 oder der Ausgang von IC 5 A (Pin 8) mit dem Eingang des AD-Wandlers verbunden.

Ansicht der fertig bestückten Platine des Temperaturloggers mit zugehörigem Bestückungsplan



Der AD-Wandler integriert nun 20, 40, 60 oder 80 ms lang das Signal auf. Die Länge des Aufintegrierens ist abhängig von der Steigung der Rampe, die der Prozessor über R17, R20, T1 und P1.7 überwacht.

Nach Beendigung des Aufintegrierens wird der Wandler auf Abintegrieren mit einem abgleichbaren Referenzwiderstand geschaltet.

Dazu wird entweder der Referenzwiderstand R4 und R5 am Eingang "6" (Pin2) oder der Referenzwiderstand R12 und R13 am Eingang "5" (Pin5) des Multiplexers IC6 auf den Eingang des Wandlers geschaltet. Aus der Zeit, die der Wand-

ler zum Abintegrieren braucht, berechnet der Prozessor den aktuell gemessenen Wert.

Die beiden Status-LEDs D 1 und D 2 sind direkt mit Port 3.4 und Port 3.5 des Mikrocontrollers verbunden. Die rote LED (D 1) leuchtet während der gesamten Datenerfassung und die grüne LED (D 2) leuchtet mit jeder Messwerterfassung kurz auf.

Zur Spannungsversorgung des TL 1000 kann wahlweise eine 9-V-Blockbatterie oder ein unstabiliertes Steckernetzteil mit einer Ausgangsspannung von 9 V - 15 V dienen, die an die Buchse BU 3 anzuschließen ist.

Über den Schiebeschalter S 1 gelangt die Betriebsspannung dann auf den Pufferelko C 1 und den Eingang des Spannungsreglers IC 1. Am Reglerausgang steht eine stabilisierte 5-V-Spannung zur Verfügung, wobei C 2 und C 3 in diesem Zusammenhang Schwingneigungen des Reglers verhindern und die Keramik-Kondensatoren C 4 bis C 8 sind direkt an den Versorgungspins der einzelnen integrierten Schaltkreise zur HF-Abblockung angeordnet.

Nachbau

Da die gesamte Schaltung mit konventi-

Stückliste: PC-Temperaturlogger TL1000

Widerstände:

| | |
|-----------------------|--------------|
| 330 Ω | R21 |
| 470 Ω | R18, R19 |
| 1 kΩ | R16 |
| 2,2 kΩ | R1, R2, R14 |
| 4,7 kΩ | R8, R10 |
| 10 kΩ | R5, R11, R13 |
| 33 kΩ | R7 |
| 47 kΩ | R15, R20 |
| 56 kΩ | R3, R6 |
| 120 kΩ | R17 |
| Spindeltrimmer, 2 kΩ | R4, R12 |
| Spindeltrimmer, 10 kΩ | R9 |

Kondensatoren:

| | |
|------------|---------------------|
| 33pF/ker | C21, C22 |
| 330pF/ker | C9 |
| 100nF/ker | C2, C4-C8, C12, C13 |
| 1µF/100V | C15 |
| 4,7µF/MKS2 | C14 |
| 10µF/63V | C3, C16-C20 |
| 100µF/63V | C1 |

Halbleiter:

| | |
|-----------------|--------|
| 7805 | IC1 |
| ELV02277 | IC2 |
| 74HC573 | IC3 |
| 62256 | IC4 |
| TS914 | IC5 |
| 74HC4051 | IC6 |
| MAX232 | IC7 |
| BC546 | T1 |
| LED, 3 mm, rot | D1 |
| LED, 3 mm, grün | D2, D3 |

Sonstiges:

| | |
|---|----------|
| Quarz, 14,745MHz, HC49U70/U4 | Q1 |
| SUB-D-Buchsenleiste, 9-polig, print | BU2 |
| DC-Buchse, print | BU3 |
| Thermoelement-Buchse, Typ K, print | ST1 |
| Schiebeschalter, 2 x um, winkelprint | S1 |
| Stiftleiste, 3 x 2-polig | JP1-JP3 |
| Lötstifte mit Lötöse | ST2, ST3 |
| 9V-Batterieclip | BAT1 |
| Temperatursensor mit Anschlussleitung, 103AT-11 | SAX1 |
| 1 Jumper | |
| 1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm | |
| 6 Knippingschrauben, 2,2 x 6,5 mm | |
| 1 Mutter, M3 | |
| 1 Fächerscheibe, M3 | |
| 1 Gehäuse, TL1000, bearbeitet und bedruckt, komplett | |

onellen bedrahteten Bauelementen realisiert wurde, ist der praktische Aufbau recht einfach.

In üblicher Weise werden zunächst die niedrigsten Komponenten, in unserem Fall sind dies die 1%igen Metallfilmwiderstände und die Dioden, bestückt. Nach dem Abschneiden der an der Platinenunterseite überstehenden Drahtenden, wie auch bei allen nachfolgend zu bestückenden bedrahteten Bauteilen, sind die Keramik-Kondensatoren an der Reihe. Diese müssen mit möglichst kurzen Anschlussleitungen eingelötet werden.

Im nächsten Arbeitsschritt wird der Spannungsregler IC 1 mit einer Schraube M3 x 8 mm, einer Zahnscheibe und einer Mutter in liegender Position auf die Leiterplatte montiert und danach verlötet.

Beim Einlöten der Spindeltrimmer ist eine zu große oder zu lange Hitzeeinwirkung auf das Bauteil zu vermeiden.

Die integrierten Schaltkreise sind an der Pin 1 zugeordneten Gehäusesseite durch eine Kerbe oder einen Punkt gekennzeichnet. Die Kennzeichnung muss mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmen.

Als dann werden der Quarz Q 1 und die drei zweipoligen Stiftleisten (JP 1 bis JP 3) bestückt.

Die Anschlüsse des Transistors T 1 müssen vor dem Verlöten so weit wie möglich durch die zugehörigen Platinenbohrungen geführt werden.

Elektrolyt-Kondensatoren sind gepolte Bauelemente und üblicherweise am Minuspol gekennzeichnet. Beim Einbau muss daher unbedingt auf die korrekte Polarität geachtet werden, da falsch gepolte Elkos sogar explodieren können.

Die Buchsen BU 2 und BU 3 sowie ST 1 und der Schiebeschalter S 1 müssen vor dem Verlöten plan auf der Leiterplattenoberfläche aufliegen.

Jetzt werden die Anschlussleitungen des 9-V-Batterieclips wie auf dem Platinenfoto zu sehen ist, durch die zugehörigen Bohrungen gefädelt und angelötet.

Die drei Leuchtdioden D 1 bis D 3 benötigen einen Platinenabstand von 19 mm, gemessen von der LED-Spitze bis zur Platinenoberfläche.

Nun wird die fertig bestückte Leiterplatte gründlich hinsichtlich Löt- und Bestückungsfehlern überprüft und danach mit 4 Knippingschrauben 2,9 x 6,5 mm in die Gehäuseunterhalbschale geschraubt. Vor dem Aufschrauben des Gehäuseoberteils ist jedoch zuerst der erforderliche Abgleich durchzuführen.

Abgleich

Insgesamt sind beim TL 1000 drei Abgleichpunkte vorhanden, wobei sich zwei auf den K-Type-Thermoelement-Sensor

und einer auf den Thermistor SAX 1 beziehen.

1. Nullpunkt-Abgleich für den Eingang des K-Type-Thermoelement-Sensors

Für diesen Abgleich ist der Eingang des K-Type-Sensors zu überbrücken und anschließend der Kodierstecker JP 3 zu stecken. Nun befindet sich das Interface im Abgleichmodus. Für die Offset-Korrektur ist R 9 so einzustellen, dass die beiden LEDs D 1 und D 2 verlöschen. Je nachdem, ob die Korrekturspannung zu hoch oder zu niedrig ist, leuchtet entweder die rote oder die grüne LED. Sobald beide LEDs nicht mehr aufleuchten, ist der Abgleich korrekt und der Kodierstecker JP 3 ist wieder zu entfernen.

2. Referenz-Abgleich für den Eingang des K-Type-Thermoelement-Sensors

Zum Abgleich des Sensors wird eine Spannung von 41,276 mV benötigt, die an den Eingang des K-Type-Sensors anzulegen ist. Diese Spannung entspricht dann einer Temperatur von 1000 °C.

Nach Anlegen der Spannung ist der Kodierstecker JP 2 zu stecken, worauf sich das Interface dann wieder im Abgleichmode befindet. Mit Hilfe des Spindeltrimmers R 4 ist der Abgleich des Referenzwiderstandes so durchzuführen, dass die beiden LEDs D 1 und D 2 (wie auch beim ersten Abgleichschritt) wieder verlöschen. Je nachdem, ob der Referenzwiderstand zu groß oder zu klein ist, leuchtet die rote oder die grüne LED. Wenn keine der beiden LEDs aufleuchtet, ist der Abgleich korrekt und der Kodierstecker ist zu entfernen.

3. Referenzabgleich für den Thermistor

Für den dritten und letzten Abgleichpunkt ist an Stelle des Thermistors SAX 1 ein möglichst genauer Widerstand von 10 kΩ anzuschließen und im Anschluss hieran der Kodierstecker JP 1 zu stecken. Das Interface befindet sich wieder im Abgleichmode, wo mittels R 12 der Referenzwiderstand so einzustellen ist, dass weder die rote noch die grüne LED leuchtet.

Wie bei den vorangegangenen Abgleichpunkten ist der Referenzwiderstand entweder zu groß oder zu klein, je nachdem welche der beiden LEDs aufleuchtet. Wenn beide LEDs nicht mehr leuchten, wird der Kodierstecker auch hier wieder entfernt.

Der Abgleich ist nun abgeschlossen und nach dem Aufschrauben des Gehäuseoberteils ist der Temperaturlogger TL 1000 einsatzbereit.