



# Ultraschall-Füllstandsmesser USF 1000

*Der hier vorgestellte Füllstandsmesser, der mittels Ultraschall arbeitet, eignet sich für die einfache und exakte Bestimmung der Füllmenge in einer Gartenzisterne, einem Wassertank oder einem ähnlichen Flüssigkeitsbehälter. Die Messdaten werden von der Messeinheit zur Anzeigeeinheit, die in zwei getrennten Gehäusen untergebracht sind, mittels eines Funksenders übertragen. Durch den Batteriebetrieb beider Einheiten ist die Montage ohne großen Aufwand durchführbar und eine aufwändige Kabelverlegung entfällt.*

## Allgemeines

Viele werden das Problem kennen: Sie haben im Garten eine Zisterne, die zum Auffangen des Regenwassers genutzt wird. Nach einer längeren Phase ohne Regen ist nicht mehr bekannt, wie viel Wasser in der Zisterne verblieben ist, nachdem aus dieser immer wieder Wasser zur Rasenbewässerung, zum Blumengießen oder für sonstige Dinge entnommen wurde.

Aus diesem Grund wurde der Ultraschall-Füllstandsmesser USF 1000 entwickelt. Dabei sind Messeinheit USF 1000 S und Anzeigeeinheit USF 1000 E in zwei ge-

## Technische Daten: USF 1000

### Allgemein

Betriebsfrequenz: ..... 868,35 MHz  
 Modulation: ..... AM, 100 %  
 Reichweite: ..... 100 m (Freifeld)  
 Messintervall: ..... Normalbetrieb 0,5 h, Testbetrieb kontinuierlich

### USF 1000 S

Messbereich: ..... 0–2,50 m  
 Spannungsversorgung: ..... 3 x 1,5-V-Micro  
 Abm. (B x H x T): ..... 115 x 165 x 65 mm

### USF 1000 E

Spannungsversorgung: ..... 9-V-Block  
 Abm. (B x H x T): ..... 142 x 58 x 23 mm

trennten Gehäusen untergebracht, wodurch die Anzeigeeinheit an einem beliebigen gewünschten Ort platziert werden kann. Die Messdaten werden durch die Messeinheit mittels Funk zur Anzeigeeinheit übertragen, so dass die Montage sehr einfach wird und aufwändige Kabelverlegungen entfallen.

Das eigentliche prinzipielle Verfahren zur Ermittlung des Füllstandes ist recht einfach. Ein Ultraschallsender sendet kurze Ultraschallsignale aus. Der Schall bewegt sich in der Luft (20 °C) mit einer Geschwindigkeit  $v$  von 344 m/s. Trifft die Schallwelle auf einen Gegenstand (in diesem Fall die Wasseroberfläche), wird diese reflektiert und kehrt in Richtung des Senders zurück. Mit Hilfe eines Empfängers, der in der Nähe des Senders angebracht ist, kann so der Abstand zum Gegenstand ermittelt werden, indem einfach die Zeit gemessen wird, die vom Aussenden des Schallwellenimpulses vom Sender bis zum Registrieren der reflektierten Welle am Empfänger vergeht.

Die Wegstecke  $s$  des Schalls lässt sich mittels folgender Formel berechnen:

$$s = v \cdot t$$

Die Zeitdifferenz zwischen ausgesendeten und ankommenden Schallwellenimpulsen gibt die Zeit wieder, die der Schall vom Sender zum Medium (Wasseroberfläche) und vom Medium zum Empfänger benötigt. Da Sender und Empfänger auf gleicher Höhe montiert sind und wir nur daran interessiert sind, wie groß der Abstand vom Sender zum Medium ist, muss in der Formel der Faktor „1/2“ berücksichtigt werden oder, anders formuliert, die gemessene Zeitdifferenz muss, bevor sie in die Formel eingesetzt wird, halbiert werden:

$$s_m = \frac{v \cdot t}{2}$$

## Bedienung und Funktion

Nach der Installation und der Inbetriebnahme des USF 1000 findet die Bedienung ausschließlich an der Anzeigeeinheit USF 1000 E statt. Es stehen hier zwei Taster zur Verfügung, wobei der Taster mit der Bezeichnung „OK“ nur bei der Einprogrammierung der Wassertankmaße und eines einstellbaren Offsetwertes relevant ist. Im Betriebsmodus wird durch den Taster „MODUS“ zwischen der Anzeige des Wasserinhalts in Liter und der Anzeige in Prozent, bezogen auf das Gesamtvolumen, gewechselt.

Um eine möglichst lange Batterielebensdauer zu erhalten, sind die Sendeinheit

der Messeinheit und die Empfangseinheit der Anzeigeeinheit nur alle halbe Stunde kurz in Betrieb, d. h. die angezeigten Daten am Display der Anzeigeeinheit werden im 0,5-h-Raster aktualisiert.

Jede halbe Stunde wird von der Messeinheit die Zeitdifferenz zwischen ausgesendeter Schallwelle und ankommender Schallwelle ermittelt und durch das Sendemodul zur Anzeigeeinheit übertragen. Bevor die Zeitdifferenz übertragen wird, überprüft die Messeinheit den Zustand ihrer Batterien. Sind diese kurz vor der Entladung, wird auch diese Information zusätzlich zur Zeitdifferenz an die Anzeigeeinheit übermittelt.

Nachdem die Anzeigeeinheit die Daten der Messeinheit erhalten hat, erfolgt die Verarbeitung. Mittels der eingegebenen Zisternenmaße wird die vorhandene Litermenge und die prozentuelle Größe, bezogen auf das Gesamtvolumen, berechnet und am Display je nach ausgewähltem Modus angezeigt.

Damit der Füllstand bzw. die Wassermenge im Wassertank berechnet werden kann, müssen vor der Inbetriebnahme die Maße der Zisterne eingegeben werden. Dazu ist vom normalen Betriebsmodus in den Programmiermodus zu wechseln. Dieser wird erreicht, indem beide Taster für ca. 3 s betätigt werden. Im Programmiermodus leuchtet im Display die „1“ auf. Diese signalisiert, dass zur Zeit der Volumenkörper 1 aus Abbildung 1 ausgewählt ist. Entspricht dieser Körper der gewünschten Form, kann dies mit der OK-Taste bestätigt werden. Entspricht der gewünschte Volumenkörper eher dem Körper 2 oder 3 aus der Abbildung, kann zu diesem gewechselt werden, indem die MODUS-Taste entsprechend betätigt wird. Bei Volumenkörper 2 leuchtet am Display die „2“ und beim Volumenkörper 3 leuchtet entsprechend die „3“ auf. Wird die MODUS-Taste erneut betätigt, wird zurück zu Volumenkörper 1 gewechselt.

Ist durch die MODUS-Taste ein Volumenkörper ausgewählt worden, kann die-

ser durch die Betätigung der OK-Taste bestätigt werden, um danach die Maße des Körpers einzugeben. Bei Körper 1 und 2 ist das zunächst die Messhöhe  $h$  und anschließend der Durchmesser  $d$  bzw. die Länge  $L$ , bei Körper 3 sind die Messhöhe  $h$ , die Breite  $b$  und die Tiefe  $T$  anzugeben. Nach dem Wechsel zur Einstellung der Körpermaße werden im Display drei Nullen und das Maß, das gerade aktuell einzustellen ist, durch die entsprechenden Abkürzungen ( $h$ ,  $d$ ,  $L$ ,  $b$ ,  $T$ ) am rechten Displayrand angezeigt (die Reihenfolge der Eingabe ist unbedingt zu beachten!).

Die Eingabe erfolgt in Zentimeter, wobei maximal eine Größe von 999 cm an der Anzeigeeinheit eingestellt werden kann. Im Display blinkt immer die Ziffer auf, die mittels der MODUS-Taste von „0“ bis „9“ veränderbar ist. Durch eine kurze Betätigung der OK-Taste kann zur nächsten Ziffer gewechselt werden, um hier den gewünschten Wert einzustellen. Sind alle drei Stellen für die Maßangabe wie gewünscht eingestellt, wird durch ein etwa 2 s langes Drücken der OK-Taste zur nächsten Maßangabe gewechselt. Hier ist die Vorgehensweise für die Eingabe identisch.

Ist bei der Eingabe ein Fehler unterlaufen, kann durch das wiederholte Betätigen der OK-Taste zu jedem beliebigen Stellenwert zurückgekehrt werden. Wenn alle Maße eingetragen sind (für Körper 1 und 2 sind das zwei, für Körper 3 drei), wird durch die Betätigung der OK-Taste für ca. 2 s in den Offsetmodus gewechselt. Hier besteht die Möglichkeit, einen Offsetwert einzustellen, der von der ermittelten Messhöhe abgezogen wird. Dadurch besteht nicht der Zwang, den Sensor unbedingt unmittelbar an der „100 %“-Marke anzubringen. Durch ein erneutes Drücken der OK-Taste für 2 s wird zurück in den Betriebsmodus gewechselt, und der USF 1000 E ist funktionsbereit.

Hatte die Anzeigeeinheit neben der Zeitdifferenz die Information bekommen, dass die Batterien der Messeinheit nahezu entladen sind, wird im Display zusätzlich zu

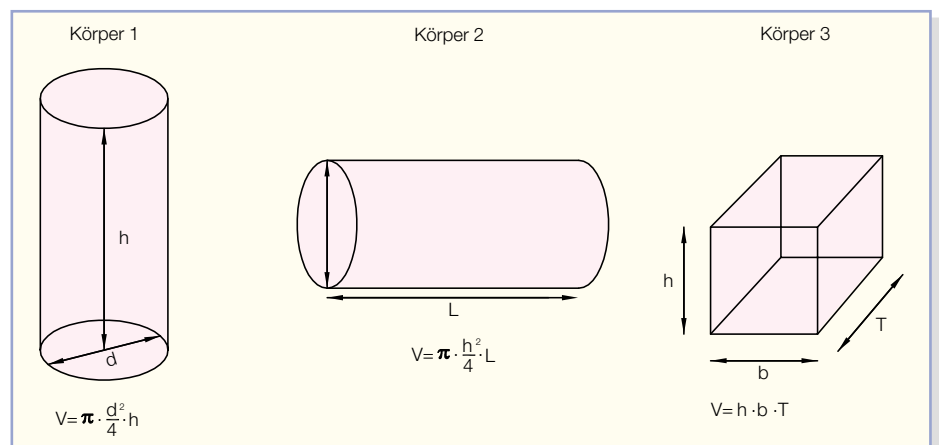


Bild 1: Auswählbare Volumenkörper

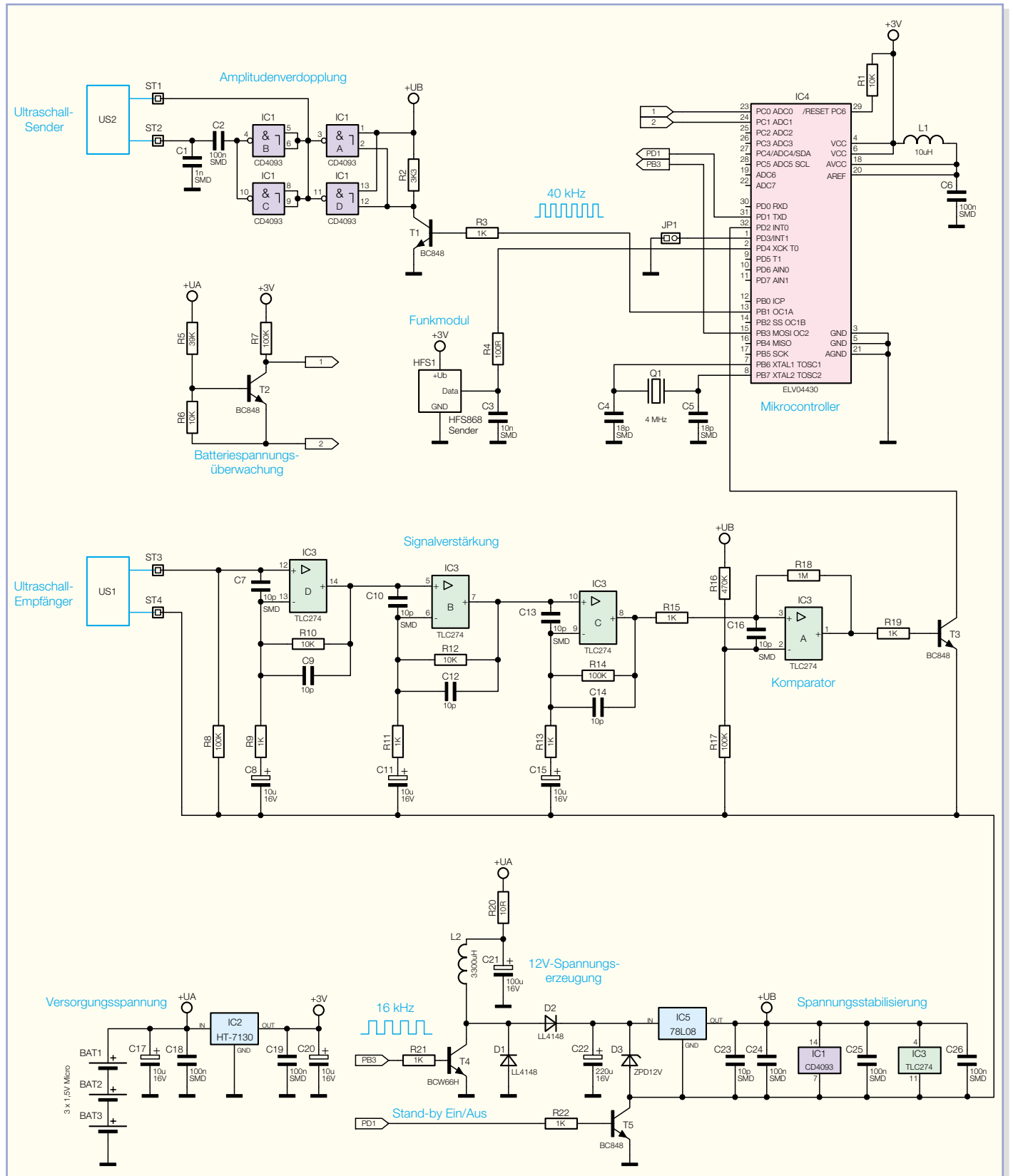


Bild 2: Schaltung der Messeinheit

der Liter- oder Prozentangabe noch „Bat“ und am rechten Rand „S“ (für USF 1000 S) eingeblendet. Sind statt der Batterien der Messeinheit die Batterien der Anzeigeeinheit nahezu entladen, wird statt dem „S“ ein „E“ (für USF 1000 E) am rechten Rand eingeblendet.

### Schaltung

In der Abbildung 2 ist die Schaltung der Messeinheit und in der Abbildung 3 ist die Schaltung der Anzeigeeinheit dargestellt. Es soll zunächst mit der Beschreibung der

Schaltung in Abbildung 2 begonnen werden, um anschließend mit der Schaltung der Anzeigeeinheit fortzufahren.

Die Schaltung der Messeinheit lässt sich im Wesentlichen in drei Schaltungsteile zerlegen, den Teil zum Senden des Ultraschallsignals, den Teil zum Empfangen



des Ultraschallsignals und den Teil, der für die Erzeugung der Betriebsspannung notwendig ist.

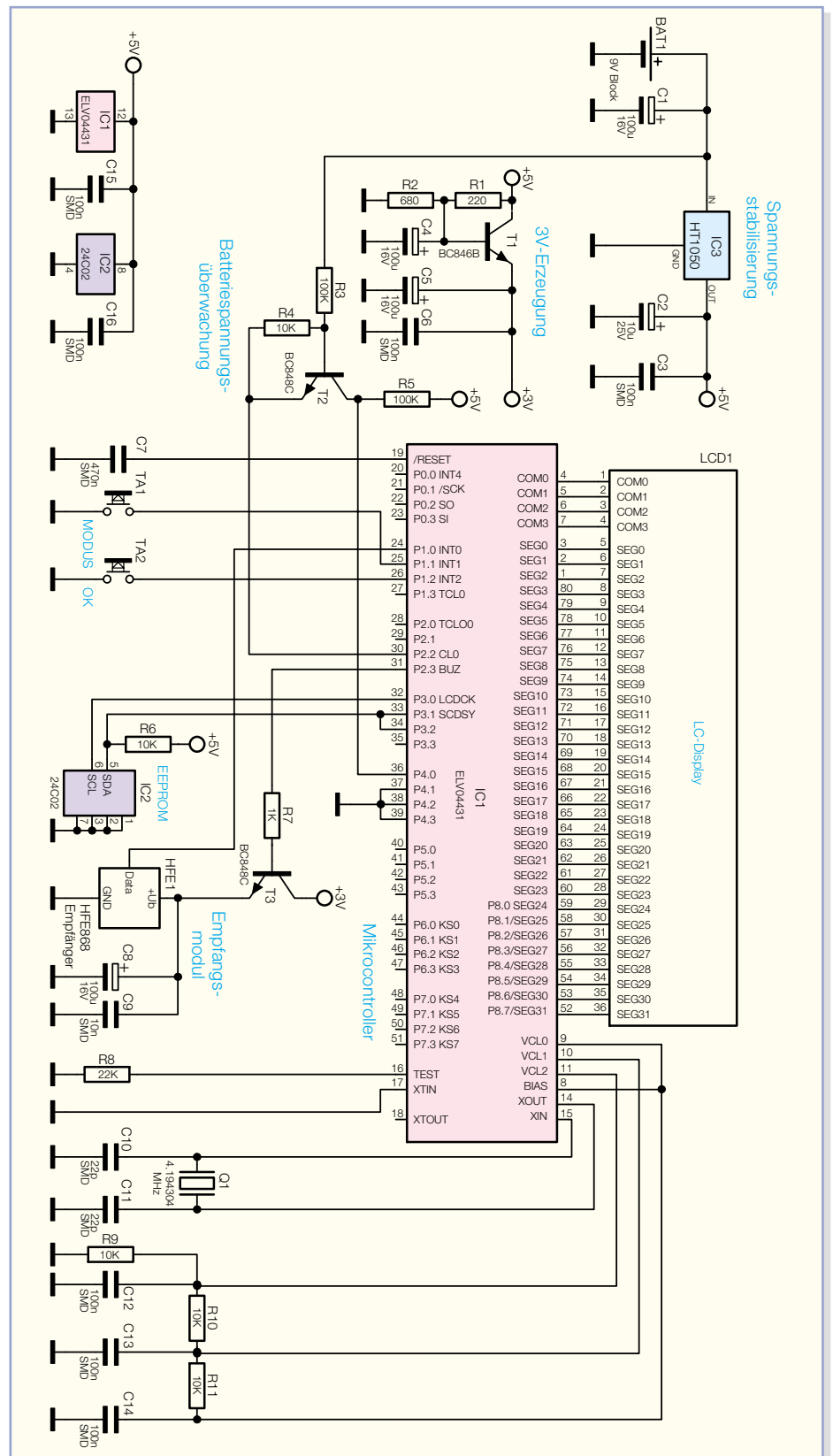
Die Betriebsspannung der Messeinheit ist durch drei in Reihe geschaltete Micro-Batterien gegeben. Durch den Spannungsregler IC 2 und die Kondensatoren C 17 bis C 20 wird eine stabilisierte 3-V-Spannung erreicht. Mit Hilfe dieser Spannung werden der Microcontroller IC 4 und der Sender HFS 1 betrieben.

Um den Batteriezustand zu überprüfen, wird die Kollektor-Emitter-Spannung über den Transistor T 2 in regelmäßigen Zeitabständen gemessen. Dazu wird der Emitter durch den Controller auf Masse gezogen, und entsprechend der Batteriespannung wird die Kollektor-Emitter-Spannung die Sättigungsspannung des Transistors annehmen oder im Bereich der Versorgungsspannung liegen. Die Widerstände R 5/R 7 sind so ausgelegt, dass der Transistor T 2 nicht mehr ausreichend durchschaltet, wenn die Batteriespannung einen Wert von ca. 3,5 V unterschreitet. Dies wird vom Mikrocontroller registriert, worauf dieser ein entsprechendes Signal an die Anzeigeeinheit sendet.

Damit der Ultraschallempfänger US 1 das durch den Ultraschallsender US 2 erzeugte Signal hinreichend stark empfangen kann, muss die Amplitude des Anregungssignals an den Anschlüssen (ST 1, ST 2) möglichst groß sein. Das bedeutet, dass für IC1 eine möglichst hohe Versorgungsspannung erforderlich ist.

Ein weiteres Ziel muss es aber sein, die Batterien möglichst wenig zu belasten, damit diese eine lange Lebensdauer haben. Um beide Ziele zu erreichen, wird die Versorgungsspannung für IC 1 und auch für IC 3 nur dann erzeugt, wenn der Füllstand auch tatsächlich gemessen werden soll.

In der Messphase wird vom Mikrocontroller an den Transistor T 5 über den Vorwiderstand R 22 ein High-Signal angelegt und somit die interne Versorgungsspannung  $U_B$  eingeschaltet. Gleichzeitig wird auch der Transistor T 4 über den Vorwiderstand R 21 mit einem Rechtecksignal von ca. 16 kHz angesteuert. Bei durchgeschaltetem Transistor fließt ein Strom über L 2, so dass magnetische Energie gespeichert wird. Sobald der Transistor in den Sperrzustand versetzt wird, erfolgt durch die Natur der Spule eine Rückspeisung der magnetischen Energie und dadurch zunächst ein Aufrechterhalten des Stromflusses. Die Spannung, die dabei durch die Spule erzeugt wird (Induktionsspannung), ist um ein Vielfaches höher als die Versorgungsspannung  $U_A$ . Entsprechend kann sich der Kondensator C 22 aufladen, wobei dessen Spannung durch die Z-Diode D 3 auf 12 V begrenzt wird. Damit die Spannungsspitzen, die beim Ein- und Ausschalten des

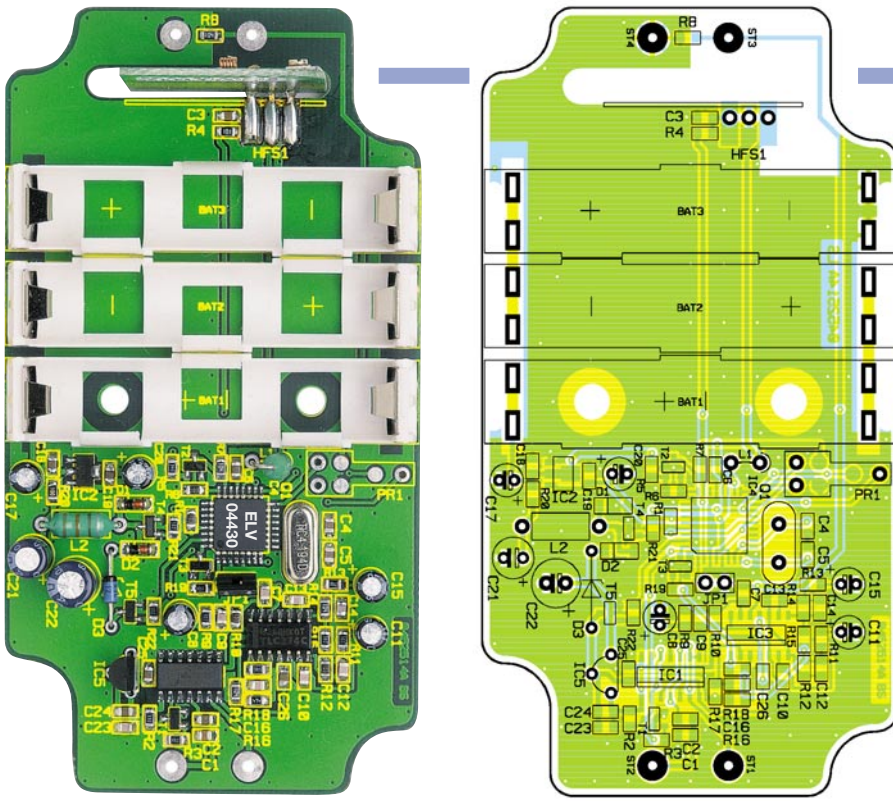


**Bild 3: Schaltung der Anzeigeeinheit**

Transistors T 3 auftreten, die Versorgungsspannung nicht zu sehr belasten, ist der Kondensator C 21 als Puffer und zur Stör-entkopplung einseitig an der Spule angeschlossen.

Die durch die Z-Diode D 3 grob stabilisierte 12-V-Spannung wird an den Span-

nungsregler-Eingang (IC 5) angelegt und durch diesen in eine stabilisierte 8-V-Spannung umgewandelt. In den meisten Anwendungen wäre die stabilisierte Spannung an der Z-Diode völlig ausreichend, um beliebige ICs zu betreiben. Da wir es beim Empfangssignal aber mit einer sehr



**Ansicht der fertig bestückten Platine des USF 1000 S mit zugehörigem Bestückungsplan**

kleinen Spannung im mV-Bereich zu tun haben, ist eine weitere Stabilisierung durch den Spannungsregler unbedingt erforderlich, damit Störungen von dieser Seite das Messsignal nicht beeinträchtigen können. Zur Unterdrückung hochfrequenter Störungen sind die Kondensatoren C 23 bis C 26 parallel zu den Versorgungspins von IC 1 und IC 3 geschaltet worden.

Die optimale Arbeitsfrequenz der Ultraschallsensoren liegt bei 40 kHz. Um ein Signal mit einer möglichst großen Amplitude zu erzeugen, wird die mit IC 1 aufgebaute Schaltung benötigt.

Zur Abstandsmessung wird der Transistor T 1 über den Vorwiderstand R 3 durch den Mikrocontroller mit einer Frequenz von 40 kHz angesteuert. Die Gattereingänge an Pin 2 und Pin 12 wechseln dementsprechend mit einer Frequenz von 40 kHz von High- nach Low-Signal. Das führt dazu, dass am Ausgang von IC 1A und IC 1D ein Rechtecksignal mit einer Amplitude von ca. 8 V und einer Frequenz von 40 kHz entsteht. Dieses Signal wird auf die Eingänge von IC 1B und IC 1C geführt, wodurch sich an deren Ausgängen das gleiche Rechtecksignal nur mit einer Phasenverschiebung von 180° ergibt. An ST 1 und ST 2, die direkt durch die Ausgänge der Gatter mit um 180° phasenverschobenen Signalen angesteuert werden, liegt daher ein Rechtecksignal mit einer Amplitude von ca. ±8 V an. Durch den Kondensator C 2 wird die Gleichspannung unterdrückt, die am Ausgang der Gatter IC 1B und IC 1C anliegt, wenn der Transistor T 1 nicht mehr mit einem 40-kHz-Signal angesteuert wird. Kondensator C 1 dient der Störunterdrückung.

An ST 3 und ST 4 ist der Ultraschallempfänger angeschlossen, wobei ST 4 direkt mit der Masse verbunden ist und ST 3 auf den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers IC 3D geführt wird. Die Signalamplitude, die durch den Empfänger empfangen wird, ist je nach Abstand zum reflektierenden Gegenstand sehr unterschiedlich. Ist der Körper nur einige Zentimeter entfernt, kann die Amplitude bis zu ±40 mV betragen. Wird der Abstand des Körpers allerdings größer, nimmt die Amplitude stetig ab und wird ab einer gewissen Entfernung nicht mehr messbar sein. Damit eine saubere Erfassung des Eingangssignals möglich ist, wird durch den Widerstand R 8 dafür gesorgt, dass die Spannung am nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers definiert auf 0 V liegt, wenn kein Eingangssignal anliegt.

Vom Eingangssignal wird durch den Operationsverstärker, aufgrund seiner Versorgungsspannung, nur der positive Spannungsanteil dieses Signals verstärkt. Der Kondensator C 8 dient zur Entkoppelung und sorgt dafür, dass bei der Verstärkung durch den OP auch tatsächlich nur der Wechselspannungsanteil entsprechend der Widerstände R 9 und R 10 verstärkt werden kann.

Nach der ersten Verstärkerstufe mit IC 3D erfolgen im Anschluss daran noch zwei weitere Verstärkungen mittels der Operationsverstärker IC 3B und C. Die Verstärkung wird dabei bei IC 3B durch die Widerstände R 11/R 12 und bei IC 3C durch die Widerstände R 13/R 14 bestimmt. Die Kondensatoren C 11 und C 15 sorgen auch hier, wie bei IC 3D, dafür, dass nur das Wechselspannungssignal verstärkt werden kann.

Nach der mehrstufigen Verstärkung des Eingangssignals wird dieses auf den Komparatoreingang des IC 3A gegeben. Die Schaltschwelle ist durch die Widerstände R 16/R 17 vorgegeben, wodurch nur dann am Ausgang des Komparators ein High-Pegel anliegt, wenn die Eingangsspannung einen Wert annimmt, der oberhalb der Spannung an Pin 2 liegt. Ist die Eingangsspannung groß genug, wird der Transistor T 3 über den Vorwiderstand R 19 angesteuert und schaltet durch. Dadurch wird der Eingangspin PD 2 des Mikrocontrollers auf Masse gezogen und signalisiert diesem, dass der Ultraschallempfänger ein Signal empfängt. Der Widerstand R 18 im Mittelkoppelzweig des Komparators dient der Einstellung einer definierten Hysterese, so dass in der Nähe der Schaltschwelle ein permanentes Umschalten vermieden wird. Zur Unterdrückung der Schwingneigung der OPs IC 3B, C und D sind jeweils im Gegenkoppelzweig parallel zu den Widerständen R 10, R 12 und R 14 die Kondensatoren C 9, C 12 und C 14 eingebaut. Um Störungen durch hochfrequente Einkoppelungen an den Eingängen der OPs zu verhindern, sind C 7, C 10 und C 13 sowie C 16 vorgesehen.

Zur Stabilisierung des internen Hauptoszillators des Controllers auf 4 MHz dient der Quarz Q1 in Verbindung mit den Kondensatoren C 4 und C 5.

Die Spule L 1 mit dem Kondensator C 6 sorgt für eine zusätzliche Filterung der 3-V-Versorgungsspannung. Diese wird auf den analogen Versorgungspins des Mikrocontrollers geführt und dient dem Mikrocontroller gleichzeitig als Referenzspannung für die internen A/D-Wandler.

Der Jumper JP 1 ist für die Inbetriebnahme des Füllstandmelders von Bedeutung. Im Normalbetrieb sendet die Messeinheit, wie weiter oben schon erwähnt, aus energetischen Gründen nur jede halbe Stunde ein entsprechendes Signal an die Anzeigeeinheit. Für die Inbetriebnahme liegen diese periodischen Signale jedoch viel zu weit auseinander. Aus diesem Grund kann der Jumper entfernt werden, wodurch die Messeinheit kontinuierlich Datenpakete an die Anzeigeeinheit versendet. Nach der Inbetriebnahme sollte der Jumper auf jeden Fall wieder gesetzt werden, da ansonsten die Batterielebensdauer erheblich verkürzt wird.

Nach der Schaltungsbeschreibung der Messeinheit wollen wir jetzt zur Schaltungsbeschreibung der Anzeigeeinheit übergehen. Betrieben wird die Anzeigeeinheit mit einer 9-V-Blockbatterie. Durch den Spannungsregler IC 3 und die Kondensatoren C 1 bis C 3 wird aus dieser Spannung eine stabilisierte 5-V-Spannung erzeugt. C 1 und C 2 dienen diesbezüglich als Pufferkondensatoren und C 3 zur Stör-

unterdrückung. Mit der stabilisierten 5-V-Spannung werden der Mikrocontroller IC 1 und das EEPROM IC 2 versorgt. Zur Erzeugung der Versorgungsspannung für den Empfänger HFE 1 wird der Transistor T 1 über den Spannungsteiler R 1 und R 2 angesteuert. An seiner Basis liegt dann eine Spannung von ca. 3,7 V an, am Kollektor des Transistors entsprechend 3 V. Zur Stabilisierung ist der Kondensator C 4 parallel zu R 2 sowie C 5 am Ausgang zwischen Emitter und Masse geschaltet. Der Kondensator C 6 dient der Störunterdrückung.

Mit Hilfe der Widerstände R 3 bis R 5 und dem Transistor T 2 wird eine Überprüfung der Batteriespannung durch den Mikrocontroller vorgenommen. Ist die Batteriespannung zu weit abgesunken, kann der Transistor T 2 nicht mehr durchgesteuert werden und der Mikrocontroller erhält an seinem Eingang P 4.0, der mit dem Kollektor des Transistors verbunden ist, ein High-Signal. Dies wiederum signalisiert dem Controller, dass die Batterie nahezu entladen ist und dass im Display „Bat“ „E“ anzuzeigen ist.

Der Quarz Q 1 in Verbindung mit den Kondensatoren C 10 und C 11 wird zur Stabilisierung des internen Hauptoszillators des Mikrocontrollers eingesetzt. Der Kondensator C 7 sorgt beim Zuschalten der Betriebsspannung für einen Reset-Impuls und damit für definierte Zustände beim Batteriewechsel. Damit nach einem Batteriewechsel weiterhin alle einprogrammierten Daten zur Verfügung stehen, werden diese im EEPROM IC 2 abgespeichert. Die Programmierung des Gerätes erfolgt über die angeschlossenen Taster TA 1 (MODUS) und TA 2 (OK).

Für eine lange Batterielebensdauer ist der Empfänger nicht kontinuierlich empfangsbereit, sondern wird nur dann über den Transistor T 3 angesteuert, wenn Sensesignale zu erwarten sind.

## Nachbau

Der Aufbau der USF-1000-Einheiten erfolgt bis auf einige wenige konventionell bedrahtete Bauelemente mit SMD-Bauteilen anhand des Bestückungsplans, der Stückliste und des Bestückungsdrucks auf der Platine. Für die Bestückung sind unbedingt ein geregelter LötKolben mit einer schmalen Lötspitze, eine SMD-Pinzette, SMD-Lötzinn, Entlötlitze und eine Lupe erforderlich.

Es soll nun zunächst mit der Bestückungsbeschreibung der USF-1000-S-Leiterplatte, die nur einseitig zu bestücken ist, begonnen werden. Als Erstes sind hier mit Hilfe des Bestückungsplans und des Bestückungsdruckes die ICs polrichtig einzulöten. Dazu ist zur Markierung bei IC 1

## Stückliste: USF 1000 S

### Widerstände:

10 Ω/SMD .....	R20
100 Ω/SMD .....	R4
1 kΩ/SMD .....	R3, R9, R11, R13, ..... R15, R19, R21, R22
3,3 kΩ/SMD .....	R2
10 kΩ/SMD .....	R1, R6, R10, R12
39 kΩ/SMD .....	R5
100 kΩ/SMD .....	R7, R8, R14, R17
470 kΩ/SMD .....	R16
1 MΩ/SMD .....	R18

### Kondensatoren:

10 pF/SMD ... C7, C9, C10, C12–C14, ..... C16, C23	
18 pF/SMD .....	C4, C5
1 nF/SMD .....	C1
10 nF/SMD .....	C3
100 nF/SMD .....	C2, C6, C18, C19, ..... C24–C26
10 µF/16 V .. C8, C11, C15, C17, C20	
100 µF/16 V .....	C21
220 µF/16 V .....	C22

### Halbleiter:

HCF4093/SMD/SGS .....	IC1
HT7130/SMD .....	IC2
TLC274C/SMD .....	IC3
ELV04430/SMD .....	IC4

78L08 .....	IC5
BC848C .....	T1–T3, T5
BCW66H/Infineon .....	T4
LL4148 .....	D1, D2
ZPD 12 V/0,4 W .....	D3

### Sonstiges:

Quarz, 4,0 MHz, HC49U4 .....	Q1
Festinduktivität, 10 µH .....	L1
Festinduktivität, 3300 µH .....	L2
Ultraschall-Empfänger MA40E7R, print .....	US1
Ultraschall-Sender MA40E7S, print .....	US2
Sendemodul HFS868, 3 V, 868 MHz .....	HFS1
Mikro-Batteriekontakt, print .....	BAT1–BAT3
Mikro-Batterie-Kontakt- rahmen .....	BAT1–BAT3
Stiftleiste, 1 x 2-polig, gerade, print .....	JP1
1 Jumper .....	JP1
2 Senkkopf-Knippingschrauben, 2,9 x 10 mm, Schwarz	
1 Trennwand, bearbeitet	
1 Industrie-Aufputz-Gehäuse IP 65, Typ G304, komplett, bearbeitet und bedruckt	

und IC 3 die zu Pin 1 zugeordnete Gehäusesseite leicht angeschrägt. Pin 1 beim Mikrocontroller (IC 4) ist durch eine runde Gehäusevertiefung in der IC-Oberfläche erkennbar. Um die ICs sauber aufzulöten, ist zunächst ein beliebiges LötPad, vorzugsweise ein LötPad an einer Gehäuseecke, vorzuverzinne. Nun ist das entsprechende IC positionsrichtig über die LötPads auszurichten und am vorverzinnten LötPad anzulöten. Ist dies geschehen, sollte durch eine kurze Überprüfung kontrolliert werden, ob alle Pins exakt über ihrem angeordneten LötPad liegen. Ist das der Fall, können die restlichen Pins verlötet werden, dabei sollte mit der Verlötung des Pins auf der diagonal gegenüberliegenden Seite des bereits festgelöteten Pins fortfahren werden.

Sind alle ICs aufgelötet, kann mit der Bestückung der SMD-Widerstände und der SMD-Kondensatoren begonnen werden. Bei den Kondensatoren ist dabei erhöhte Aufmerksamkeit gefragt, da auf diesen keine Beschriftung angebracht ist und somit die Gefahr der Vertauschung besteht. Es ist daher ratsam, diese einzeln aus ihrer Verpackung zu nehmen und danach die Verlötung sofort vorzunehmen. Ist diese Arbeit beendet, bleibt noch die Bestückung einiger konventioneller Bauteile. Diese sind auf der Platinenrückseite zu verlöten.

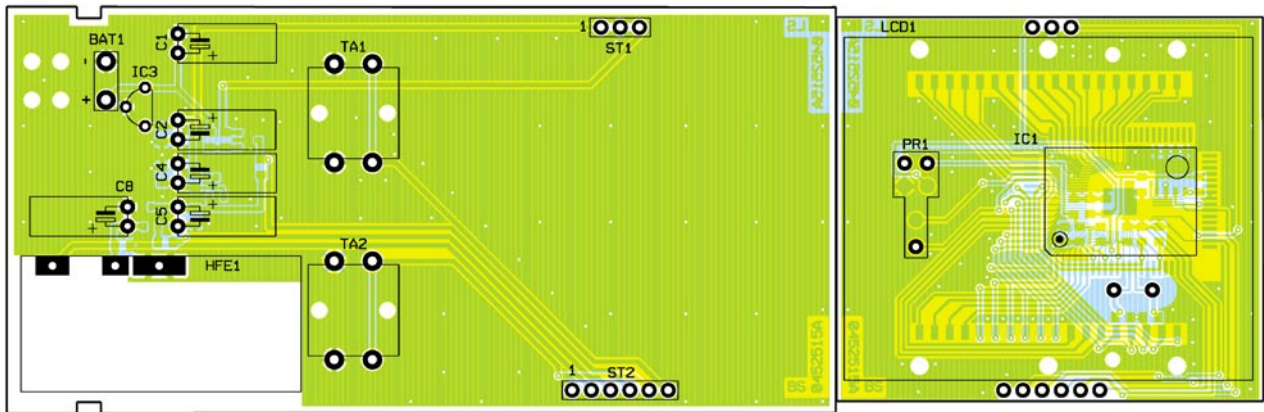
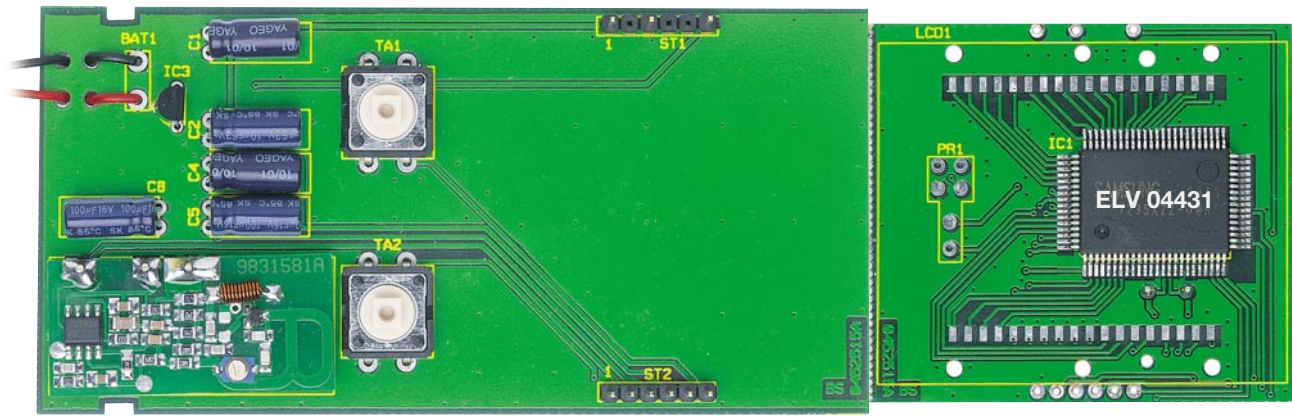
Hier sind nun zunächst die Elektrolyt-Kondensatoren einzulöten. Es ist dabei be-

sonders auf die richtige Polarität zu achten, da bei falscher Polung die Gefahr der Explosion besteht. Es folgt der Einbau der Spulen L 1 und L 2 sowie der Einbau des Quarzes Q 1. Abschließend sind noch die drei Batterieschächte, der Jumper JP 1 sowie das Sendemodul anzulöten. Das Sendemodul ist dabei so einzulöten, dass es leicht in Richtung der Batterien geneigt steht und es somit keine Schwierigkeiten mit der Höhe des Gehäuses gibt.

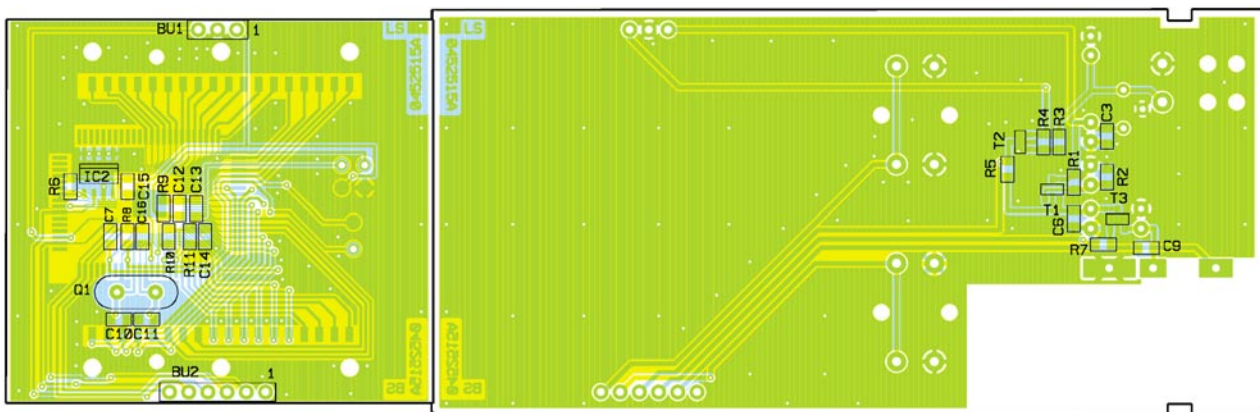
Damit ist der Platinaufbau beendet und der Einbau in das Gehäuse kann erfolgen. Zuerst sind die Ultraschallsensoren in die vorgesehenen Löcher im Gehäusedeckel zu stecken und an der Deckelinnenseite mit einem geeigneten Kleber zu fixieren. Dabei ist darauf zu achten, dass die Sensorenunterböden auf dem Gehäusedeckel aufliegen. Falls als Kleber Silikon verwendet wird, ist es ratsam, dieses vollständig austrocknen zu lassen, bevor die Platine darüber befestigt wird, da das Silikon sonst eventuell die Leiterbahnen der Platine angreifen könnte.

Wenn der Kleber ausgetrocknet ist, kann die Platine in den Gehäusedeckel eingesetzt werden, wobei zunächst 2 Polyamid-Scheiben auf die Befestigungsbohrungen zu legen sind. Dabei sollten die Beinchen der Sensoren durch die entsprechenden Bohrungen auf der Platine durchgesteckt werden. Nach der Überprüfung, ob die Platine waagrecht im Gehäusedeckel liegt,





Ansicht der fertig bestückten Platine des USF 1000 E mit zugehörigem Bestückungsplan, oben von der Bestückungsseite, unten von der Lötseite



kann mit der Befestigung der Trennwand fortgeföhren werden. Hierzu sind die zwei Zylinderkopfschrauben von der Gehäusedeckelinnenseite durch die Leiterplatte in

die vorgesehenen Bohrungen der Trennwand zu schrauben. Abschließend erfolgt die Verlötung der Sensoren. Damit ist der Aufbau des USF 1000 S fertig gestellt und

der Deckel kann, nach der Befestigung des Gehäuseunterteils an der gewünschten Stelle, aufgeschraubt werden.

Kommen wir nun zur Bestückung des

## Stückliste: USF 1000 E

### Widerstände:

1 k $\Omega$ /SMD .....	R7
10 k $\Omega$ /SMD .....	R1, R4, R6, R9–R11
22 k $\Omega$ /SMD .....	R8
33 k $\Omega$ /SMD .....	R2
100 k $\Omega$ /SMD .....	R3, R5

### Kondensatoren:

22 pF/SMD .....	C10, C11
10 nF/SMD .....	C9
100 nF/SMD .....	C3, C6, C12–C16
470 nF/SMD .....	C7
10 $\mu$ F/25 V .....	C2
100 $\mu$ F/16 V .....	C1, C4, C5, C8

### Halbleiter:


ELV04431/SMD .....	IC1
24C02/SMD .....	IC2
HT1050 .....	IC3
BC846B .....	T1
BC848C .....	T2, T3
LC-Display .....	LCD1

### Sonstiges:

Quarz, 4,194304 MHz, HC49U4 ..	Q1
9-V-Batterie-Clip .....	BAT1
Stiftleiste, 1 x 3-polig, gerade, print .....	BU1/ST1
Stiftleiste, 1 x 6-polig, gerade, print .....	BU2/ST2
Empfangsmodul HFE868-T, 3 V, 868 MHz .....	HFE1
Mini-Drucktaster, B3F-4050, 1 x ein .....	TA1, TA2
2 Tastknöpfe, 18 mm .....	TA1, TA2
2 Polyamid-Scheiben, 1,5 mm	
2 Leitgummis	
1 Display-Scheibe	
1 Displayrahmen	
6 Kunststoffschrauben, 2,2 x 5 mm	
1 Profil-Gehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt	

Nach einem Batteriewechsel des Empfängers wird das Empfangsmodul so lange aktiviert, bis dieses ein Signal vom Sender empfangen hat. Dadurch kann eine Initialisierung vorgenommen und das Zeitraster des Senders erkannt werden. Im Display sind so lange 4 Striche eingeblendet.

Müssen die Batterien des Senders ausgetauscht werden, ist zunächst die Batterie des Empfängers kurz zu entfernen. Dadurch wird erreicht, dass sich das System, wie oben schon erwähnt, initialisiert.

Kann der Sender keine Höhe messen (Abstand zum Medium ist zu groß), werden im Display 4 Striche angezeigt. Befindet sich der Empfänger im normalen Betriebsmodus und erhält innerhalb des eingestellten Zeitfensters kein Signal vom Sender, zeigt dieser weiterhin den letzten gemessenen Wert an. Im Display erscheint allerdings zusätzlich die Information „Hold“. Erhält der Empfänger viermal nacheinander kein Datenpaket vom Sender, wird im Display „ERR“ angezeigt. 

USF 1000 E. Hier ist zunächst die gelieferte Leiterplatte an der perforierten Stelle durchzubringen. Dadurch erhalten wir eine größere (Basis-) und eine etwas kleinere (Display-) Platine. Die Beschreibung der Bestückung soll zunächst mit der Displayplatte fortgeführt werden, um danach auf die Basisplatte detailliert einzugehen.

Als Erstes ist der Mikrocontroller (IC 1) auf der Platinenvorderseite mit Hilfe des Bestückungsplans und Bestückungsdruckes polrichtig einzulöten. Als Markierung für Pin 1 ist dabei die runde Gehäusevertiefung am IC angebracht. Das Vorgehen gleicht dem des Aufbaus der Leiterplatte des USF 1000 S. Es werden zuerst die SMD- und anschließend die größeren konventionellen Bauteile aufgelötet. Dazu wird auch hier für das jeweilige IC ein beliebiges Lötpad vorverzinnt, um anschließend die vollständige Verlötung nach der exakten Positionsüberprüfung vornehmen zu können.

Nach der Verlötung des IC 1 an der Vorderseite und des IC 2 an der Rückseite der Display-Leiterplatte werden die SMD-Widerstände und SMD-Kondensatoren aufgelötet. Zum Schluss folgen der Quarz und die Stiftleisten ST 1 und ST 2 an der Unterseite der Platine, durch die die Display-Leiterplatte später mit der Basis-Leiterplatte verbunden wird. Danach kann mit dem Aufbau des Displays begonnen werden. Dazu wird das LC-Display so in den Klarsichthalter gelegt, dass die seitliche Glasverschweißung (linke Displayseite) in die entsprechende Aussparung des Rahmens ragt. Der Befestigungsrahmen wird danach von der rechten Seite aufgeschoben und mit zwei Leitgummistreifen bestückt. Die zusammengebaute Display-Konstruktion ist anschließend mit 6 Knippschrauben über dem Controller auf der Vorderseite der Leiterplatte zu montieren.

Es folgt die Bestückung der Basisplatte. Hier sind zunächst die SMD-Transistoren, die SMD-Widerstände und die SMD-Kondensatoren auf der Rückseite der Leiterplatte aufzulöten. Danach werden die Elektrolyt-Kondensatoren liegend an der Bestückungsseite platziert und anschließend auf der Rückseite sauber verlötet. Hierbei ist erneut ganz besonders auf die richtige Polarität der Elektrolyt-Kondensatoren zu achten. Es folgen der Einbau des Spannungsreglers sowie der Einbau der Taster. Auch diese sind von der Vorderseite zu bestücken und auf der Rückseite zu verlöten.

Damit die Batterie-zuleitung eine Zugentlastung erhält, ist diese von der Vorderseite der Leiterplatte ausgehend durch die Bohrungen zur Rückseite und anschließend zurück zu führen. Von der Platinenoberseite ist diese dann durch die vorgesehenen Bohrungen zu führen und zu verlöten.

Als Letztes wird das Empfangsmodul an die richtige Position gebracht und an der Platinenunterseite mit den vorhandenen 3 Pins verlötet.

Um die Displayplatte mit der Basisplatte präzise mit dem korrekten Abstand zueinander durch die Stiftleisten verlöten zu können, sind diese am besten in das Frontgehäuse zu legen. Dadurch wird erreicht, dass sich automatisch der richtige Abstand zwischen den Platinen einstellt. Zu diesem Zweck wird die Displayplatte mit dem Display positionsrichtig in das Gehäuse gelegt und danach die Basisplatte entsprechend in Position gebracht. Durch leichte Positionskorrekturen der kleineren Platine sollten die Stifte der Stiftleiste direkt auf die Bohrungen fallen und somit an der Vorderseite der größeren Platine sichtbar sein. Nach erneuter Überprüfung, ob beide Platinen in der korrekten Lage sind, können die Stifte an der Platine angelötet werden. Bevor das Gehäuse nun mittels der Rückwand des Frontgehäuses durch Zusammenschieben geschlossen wird, ist zur Spannungsversorgung eine 9-V-Blockbatterie an die Batterie-zuleitung anzuschließen.

## Montage

Bei der Montage der Messeinheit ist darauf zu achten, dass diese möglichst im Zentrum der Abdeckung des Flüssigkeitsbehälters angebracht wird. Um die sichere Funktion des USF 1000 S zu gewährleisten und um Fehlmessungen zu vermeiden, ist ein minimaler Abstand von 300 mm zu den Seitenwänden der Zisterne einzuhalten. Wird die Messeinheit zu nahe an einer Wand montiert, kann es durch diese zu Reflexionen kommen, die dann vom Empfänger als gültiges Signal gewertet würden.

Die Anzeigeeinheit kann, wie schon am Anfang erwähnt wurde, an einem beliebigen Ort platziert werden. Es ist diesbezüglich nur die Reichweite des Systems zu beachten.

Die maximale Reichweite hängt natürlich stark vom Material des Behälters ab. Das Sendesignal wird beispielsweise durch Kunststoff wesentlich weniger beeinflusst als durch Metall, entsprechend geringer fällt bei Metall dann auch die Reichweite aus.

Um die Inbetriebnahme einfach vornehmen zu können, ist der Jumper JP 1 auf der Leiterplatte der Messeinheit USF 1000 S zu entfernen. Dadurch wird ein kontinuierliches Senden der Messdaten an die Anzeigeeinheit USF 1000 E erreicht, und die Überprüfung der maximalen Reichweite sowie der angezeigten Wassermenge ist leicht möglich. Um eine lange Batterie-lebensdauer zu gewährleisten, sollte der Jumper nach der Inbetriebnahme sofort wieder gesteckt werden.